

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів

№ 44 (1153) 2015

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – 124 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Мова статей – українська, російська, англійська.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;

Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;

Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;

В. В. ЄПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;

П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;

С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.;

Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.; О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.; П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.;

В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.; Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.;

Ю. В. ТИМОФІЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Л.М. Улев, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Члени редколегії: М.І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;

М.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.; В.І. Мілих, д-р техн. наук, проф.;

О.В. Григоров, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

І.Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; С.І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.;

О.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; О.В. Єфімов, д-р техн. наук, проф.;

А.Г. Гурін, д-р техн. наук, проф.; В.І. Ткачук, д-р техн. наук, проф.;

П.О. Капустенко, канд. техн. наук, проф.; О.П. Арсеньєва, д-р техн. наук, проф.;

М.І. Сатаєв, д-р техн. наук, чл.-кор. АН РК; Й. Клемеш, Phd, проф. ун-ту Паннонія, м. Веспрем;

П. Стехлик, Phd, проф., директор Інституту інженерної технології і захисту навколишнього середовища Технологічного університету, професор VUT Брно, Чехія

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 11 від 25 грудня 2015 р.

УДК 697.329

И. А. БОДНАРЬ, А. Е. ДЕНИСОВА, С.И.БУХКАЛО**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК**

Одним из основных направлений совершенствования систем теплоснабжения является тенденция перехода на низкотемпературные системы отопления на основе применения теплонасосных установок. Предложены системы теплоснабжения с источником тепла грунтовых вод, которые обеспечивают эффективное использование теплонасосных установок. Предложены их методики расчета. Получены расчетные значения глубин скважин H_0 , необходимые для обеспечения эффективной работы предложенных схем, а также значений мощностей электродвигателей $N_{скв}$ насосов, перекачивающих грунтовую воду к теплонасосной установке. Приведены расчетные значения электрической энергии N , потребляемой приводом компрессоров, и коэффициента преобразования тепла μ систем теплоснабжения с источником геотермального тепла грунтовых вод города Одессы, позволяющих оценить эффективность применения предложенных систем на основе применения теплонасосных установок.

Ключевые слова: фреон, теплонасосная установка, глубина скважины, грунтовая вода, энергетическая эффективность, теплый пол.

Введение.

В связи с исчерпанием энергоресурсов нашей планеты, наблюдается дефицит и значительное удорожание органического топлива [1]. В отличие от ископаемых видов топлив нетрадиционная геотермальная энергия не ограничена своими накопленными запасами. Поэтому необходимо развивать и использовать энергосберегающие технологии с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для достижения получения чистого экологического тепла. К таким технологиям относится и использование низкотемпературного тепла грунтовых вод на основе применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения [2].

Грунтовые воды как источник низкотемпературного тепла целесообразно использовать в тех районах, где они оказывают неблагоприятное воздействие на населенные пункты в связи с их подтоплением. Это особенно актуально в зимне-весенний период, когда грунтовые воды циркулируют вблизи поверхности земли. В этот же период наблюдается и дефицит тепловой энергии для систем теплоснабжения. Поэтому актуально в таких населенных пунктах производить отвод грунтовых вод, которые могут быть использованы в качестве низкопотенциального источника тепла для систем теплоснабжения на основе применения ТНУ.

Цель. Исследование энергетической эффективности рассмотренных систем теплоснабжения с одноступенчатой ТНУ и двухступенчатой ТНУ с использованием экологически безопасного фреона R152a с источником низкотемпературного тепла грунтовых вод в интервале температур для г. Одессы $t_{н1} = 4...12$ °С [3] с нагревательными приборами – радиаторами и «теплым полом» для полного покрытия тепловой нагрузки на отопление при температуре наружного воздуха $t_0 = -18$ °С. Анализ значений мощностей электродвигателей $N_{скв}$ насосов, перекачивающих грунтовую воду к теплонасосной установке, в зависимости от глубин заборных скважин, необходимых для обеспечения эффективной работы предложенных систем.

Анализ схем ТНУ для систем теплоснабжения с источником тепла грунтовых вод.

В работе предложена перспективная принципиальная схема двухступенчатой теплонасосной установки (рис. 1), которую целесообразно применять для систем теплоснабжения с источником теплоты низкого потенциала грунтовой воды для г. Одессы, принцип действия которой заключается в следующем. Вода из отопительной тепловой установки 9 поступает в сетевой насос 8, который подает ее для подогрева в конденсаторы 7 и 6, которые включены последовательно по сетевой воде. Благодаря отделению в конденсаторах зоны охлаждения перегретого пара от зоны конденсации и организации противоточного движения рабочего агента и нагреваемой воды удастся повысить температуру нагретой воды на выходе из конденсатора и снизить потерю эксергии от необратимого теплообмена.

В конденсаторе нижней ступени 7 вода нагревается от температуры $t_{в1}$ до некоторой промежуточной температуры $t_{п}$. Затем вода поступает в конденсатор второй ступени 6 и нагревается в нем до температуры $t_{в2}$. Тепло низкого потенциала грунтовых вод передается в испарителе 3 кипящему рабочему агенту, пар которого при давлении P_0 поступает в компрессор 1 нижней ступени, где сжимается до давления $P_{п}$, после чего разделяется на два потока.

Один поток поступает в конденсатор 7, где в процессе отдачи тепла нагреваемой воде конденсируется, другой – в компрессор 2 верхней ступени, где сжимается, до давления $P_{к}$, после чего поступает в конденсатор 6, где нагревает теплоноситель от промежуточной температуры $t_{п}$ до температуры $t_{в2}$. Затем конденсат рабочего агента через дроссельный вентиль 5 поступает в конденсатор 7, а суммарный поток конденсата из конденсатора 7 через дроссельный вентиль 4 подается в испаритель.

Для дальнейшего сравнения энергетической эффективности двухступенчатой ТНУ представлена схема отопления на базе одноступенчатой ТНУ от

источника грунтовых вод земли (рис. 2), в которой низкотемпературный источник тепла (грунтовая вода) отдает свое тепло фреону в испарителе 2, вследствие чего тот закипает, пар которого всасывается компрессором 1, где происходит его сжатие. Затем фреон подается в конденсатор 3, охлаждающийся водой, которая и будем

высокопотенциальным источником тепла, который подается в систему отопления 6, оснащенную сетевым насосом 5. Отдав свое тепло, пар фреона конденсируется и в состоянии жидкого хладагента через дроссельный вентиль 4, где его температура и давление падает, поступает обратно в испаритель.

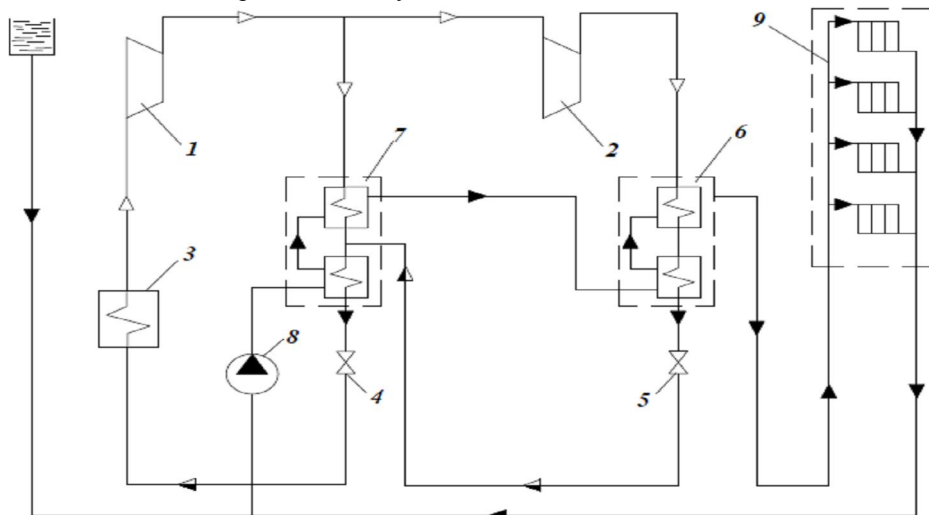


Рис. 1 – Принципиальная схема двухступенчатой ТНУ

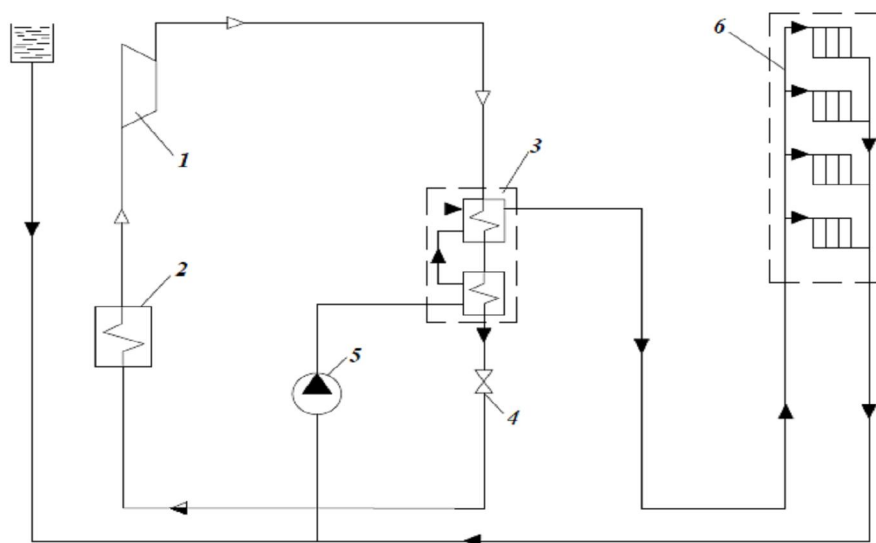


Рис. 2 – Принципиальная схема одноступенчатой ТНУ

Методика расчета ТНУ на базе низкотемпературного источника (грунтовой воды).

Для анализа энергетической эффективности схемы одноступенчатой ТНУ (рис.2) воспользуемся методикой [4], реализованной с помощью программы CoolPack в *p, h*-диаграмме (рис. 3, 4) [5].

Температура испарения фреона t_0 , по которой можно определить энтальпию h_1 и давление P_0 фреона после испарителя

$$t_{и} = t_{н2} - \Delta t_{и}, \tag{1}$$

где $t_{н2}$ —температура низкотемпературного источника тепла, °С; $\Delta t_{и}$ —перепад температур на выходе из испарителя, К.

Температура конденсации фреона t_k , по которой можно определить энтальпию h_3 и давление P_k фреона после конденсатора

$$t_k = t_{в2} + \Delta t_k, \tag{2}$$

где $t_{в2}$ —температура высокопотенциального источника тепла на выходе из конденсатора, °С; Δt_k —перепад температур на выходе из конденсатора, К.

Адиабатный КПД компрессора

$$\eta_a = 0,98(273 + t_0)/(273 + t_k), \tag{3}$$

где t_0 —температура наружного воздуха, °С.

Энтальпия фреона после компрессора

$$h_2 = h_1 + (h_{2a} - h_1)/\eta_a, \tag{4}$$

где h_{2a} —энтальпия фреона после конца адиабатного сжатия, кДж/кг.

Удельная тепловая нагрузка конденсатора
 $q_k = h_2 - h_3$, кДж/кг (5)

Удельная тепловая нагрузка ТНУ
 $q_{тн} = q_k$, кДж/кг (6)

Работа сжатия в компрессоре
 $l_{сж} = h_2 - h_1$, кДж/кг (7)

Удельная энергия, потребляемая электродвигателем
 $W = l_{сж} / (\eta_{э.м} \eta_э)$, кДж/кг (8)

где $\eta_{э.м.}$ —электромеханический КПД компрессора;

$\eta_э.$ —КПД электродвигателя.
 Коэффициент преобразования теплоты
 $\mu = q_{тн} / l_{сж}$ (9)

Массовый расход фреона
 $G_{ха} = Q_{тн} / q_{тн}$, кг/с (10)

где $Q_{тн}$ —тепловая нагрузка ТНУ, кВт.
 Потребление электрической энергии на привод компрессора
 $N = W \cdot G_{ха}$, кВт (11)

Для анализа эффективности применения двухступенчатой ТНУ (рис. 1) воспользуемся следующей методикой [6].

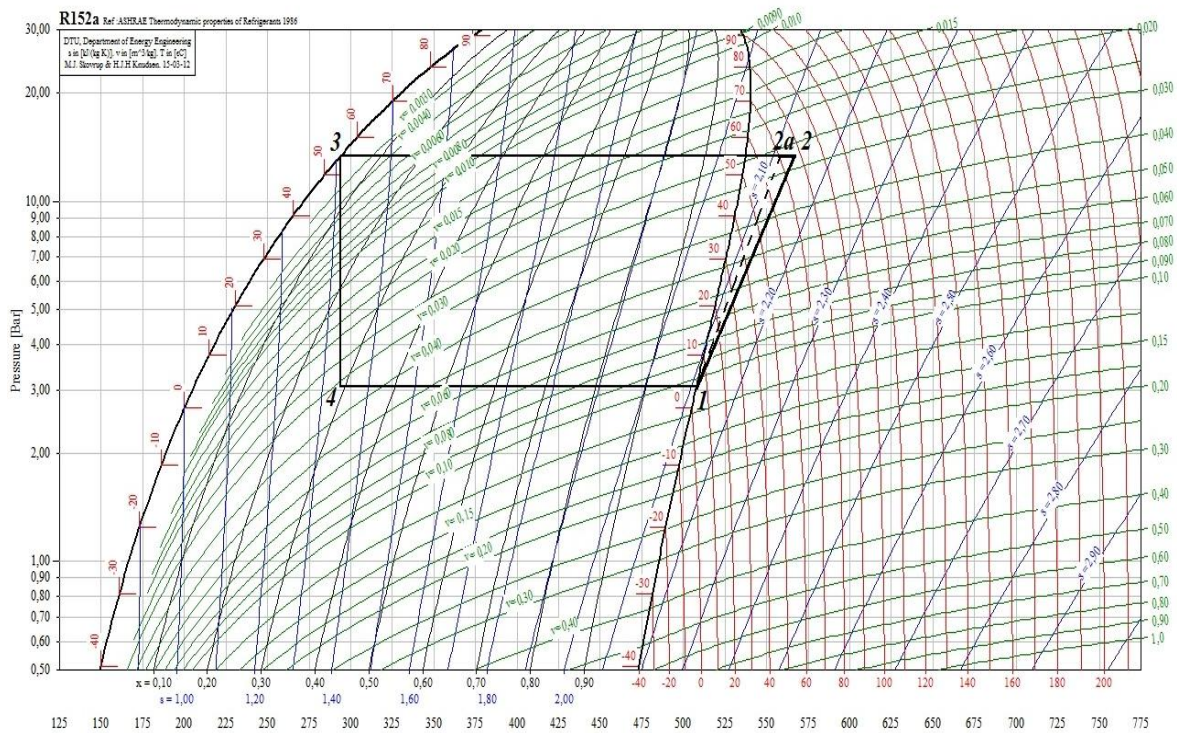


Рис. 3 – Цикл одноступенчатой ТНУ с источником тепла грунтовой воды $t_{н1} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ для систем теплоснабжения с напольным отоплением при $t_0 = -18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Промежуточное давление сжатия
 $P_{п} = (P_{и} \cdot P_{к})^{1/2}$ (12)

При расчете двухступенчатой ТНУ расходы фреона в контурах низкого $G_{ха.низ.}$ и высокого давления $G_{ха.выс.}$ определяются из условия энергетического баланса

$G_{ха.низ.} (h_4 - h_9) = G_{ха.выс.} (h_4 - h_8)$ (13)

где h_4, h_8, h_9 —энтальпии в рабочих точках процесса 4, 8, 9, кДж/кг (рис. 4)

Откуда вытекает отношение расхода фреона в контуре высокого давления $G_{ха.выс.}$ к расходу в контуре низкого давления $G_{ха.низ.}$

$G_{ха.выс.} / G_{ха.низ.} = (h_4 - h_9) / (h_4 - h_8) = (1 + \delta) / 1$ (14)

где δ —доля пара фреона из конденсатора 1-й ступени по отношению к пару из 1-й ступени компрессора.

Энтальпия пара фреона, поступающего во 2-ю ступень компрессора высокого давления

$h_3 = (h_2 + \delta \cdot h_4) / (1 + \delta)$, кДж/кг (15)

где h_2 —энтальпия фреона после 1-й ступени компрессора, кДж/кг

Расход фреона в контуре высокого давления

$G_{ха.выс.} = Q_{тн} / (h_5 - h_7)$, кг/с (16)

где h_5 —энтальпия фреона после 2-й ступени компрессора, кДж/кг

Расход фреона в контуре низкого давления

$G_{ха.низ.} = G_{ха.выс.} / (1 + \delta)$, кг/с (17)

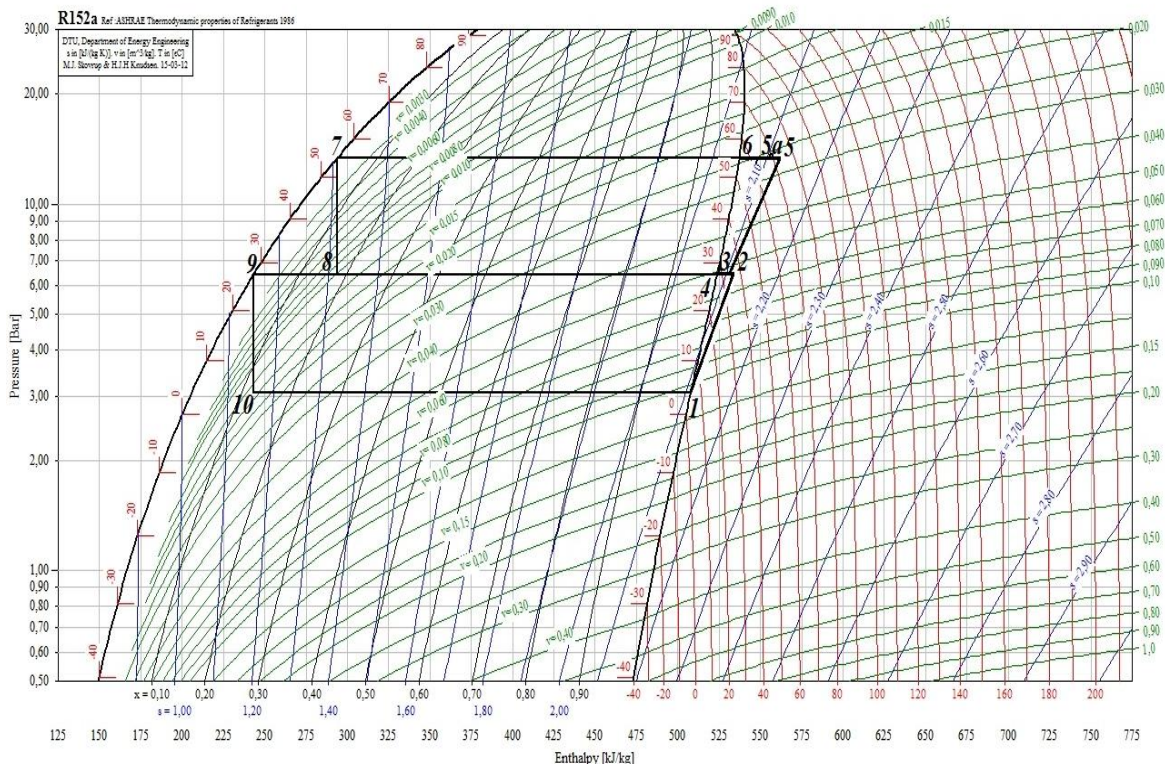


Рис. 4 – Цикл двухступенчатой ТНУ с источником тепла грунтовой воды $t_{н1} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ для систем теплоснабжения с напольным отоплением при $t_0 = -18 \text{ }^\circ\text{C}$

Потребление механической энергии на привод компрессора 1-й и 2-й ступени

$$N_{M\Sigma} = G_{\text{ха выс.}}(h_5 - h_3) + G_{\text{ха низ.}}(h_2 - h_1), \text{кВт} \quad (18)$$

Потребление электрической энергии на привод компрессора

$$N = N_{M\Sigma} / \eta_{\text{э.м.}}, \text{кВт} \quad (19)$$

Коэффициент преобразования теплоты

$$\mu = Q_{\text{ТН}} / N \quad (20)$$

На рис. 5 представлена схема притока грунтовой воды к вертикальной скважине. Такая скважина должна быть обеспечена специальным откачивающим насосом, предназначенным для подачи грунтовой воды к испарителю ТНУ.

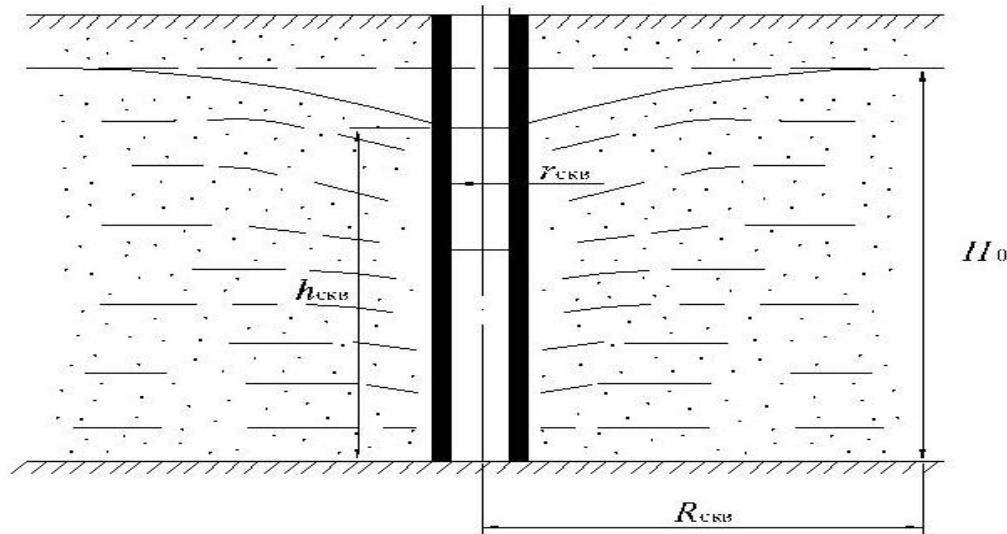


Рис. 5 – Схема притока грунтовой воды к вертикальной заборной скважине

Поступление грунтовой воды по радиальным направлениям в скважину происходит через водопроницаемые по всей высоте стенки. Мощность безнапорного водоносного пласта равна H_0 . На такой высоте от водоупора при отсутствии откачки устанавливается горизонтальный естественный уровень грунтовых вод и до начала откачки движения грунтовых вод нет. После начала откачки уровень грунтовых вод в скважине и вокруг нее в грунте начинает понижаться, а свободная поверхность примет форму, называемую депрессионной воронкой [7].

Объемный расход грунтовой воды, $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_B = 1,36 \cdot k(H_0^2 - h_{\text{СКВ}}^2) / \lg(R_{\text{СКВ}} / r_{\text{СКВ}}) \quad (21)$$

где k – коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{с}$;
 H_0 – глубина скважины относительно естественного уровня грунтовых вод, м ;
 $r_{\text{СКВ}}$ – радиус скважины;
 $R_{\text{СКВ}}$ – радиус влияния скважины.

Тепловая мощность, отбираемая от потока грунтовой воды в испарителе теплового насоса

$$Q_0 = G_B c_p \Delta t, \text{ кВт} \quad (22)$$

где c_p – теплоемкость грунтовой воды, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;
 Δt – разность между температурой грунтовой воды на входе и выходе из испарителя, К
 G_B – массовый расход грунтовой воды, $\text{кг}/\text{с}$

$$G_B = V_B \rho_B \quad (23)$$

Тепловая мощность испарителя одноступенчатой схемы ТНУ

$$Q_0 = G_{\text{ха}} (h_1 - h_4), \text{ кВт} \quad (24)$$

Тепловая мощность испарителя двухступенчатой схемы ТНУ

$$Q_0 = G_{\text{ха низ}} (h_1 - h_{10}), \text{ кВт} \quad (25)$$

Мощность электродвигателя насоса, откачивающего грунтовую воду из скважины и обеспечивающий нужный напор для подачи воды в испаритель

$$N_{\text{СКВ}} = V_B \Delta P / (1000 \eta_k), \text{ кВт} \quad (26)$$

где ΔP – перепад давления, соответствующий H_0 , Па ;

η_k – КПД электродвигателя насоса откачивающего грунтовую воду.

Для расчета энергетической эффективности рассматриваемых схем ТНУ для систем теплоснабжения г. Одессы были приняты следующие исходные данные для систем теплоснабжения с отопительными приборами радиаторами температурный график системы отопления $95-50^\circ\text{C}$ со срезкой на 80°C , для систем теплоснабжения с напольным отоплением температурный график системы отопления $50-45^\circ\text{C}$.

температура грунтовой воды на входе в испаритель ТНУ $t_{\text{н1}} = 4 \dots 12^\circ\text{C}$;

– температура грунтовой воды на выходе из испарителя ТНУ $t_{\text{н2}} = 1 \dots 9^\circ\text{C}$;

– перепады температур на выходе из теплообменников $\Delta t_{\text{н}} = 5 \text{ К}$, $\Delta t_{\text{к}} = 5 \text{ К}$;

– электромеханический КПД компрессора $\eta_{\text{э.м.}} = 0,95$;

– тепловая нагрузка ТНУ $Q_{\text{тн}} = 500 \text{ кВт}$;

– температура наружного воздуха $t_0 = -18^\circ\text{C}$.

Для анализа энергетической эффективности применения рассматриваемых схем ТНУ для систем теплоснабжения г. Одессы с внутримодовой системой отопления с отопительными приборами – радиаторами и напольным отоплением с использованием в качестве низкотемпературного источника тепла грунтовые воды при прочих равных условиях были получены следующие величины (рис. 6, 7).

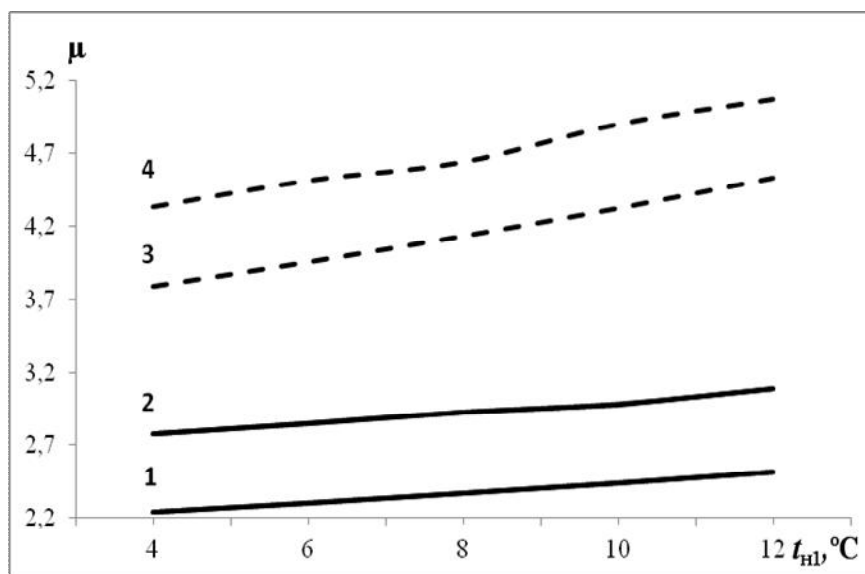


Рис. 6 – Зависимость коэффициента преобразования теплоты μ от температуры грунтовой воды на входе в испаритель $t_{\text{н1}}$: 1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением

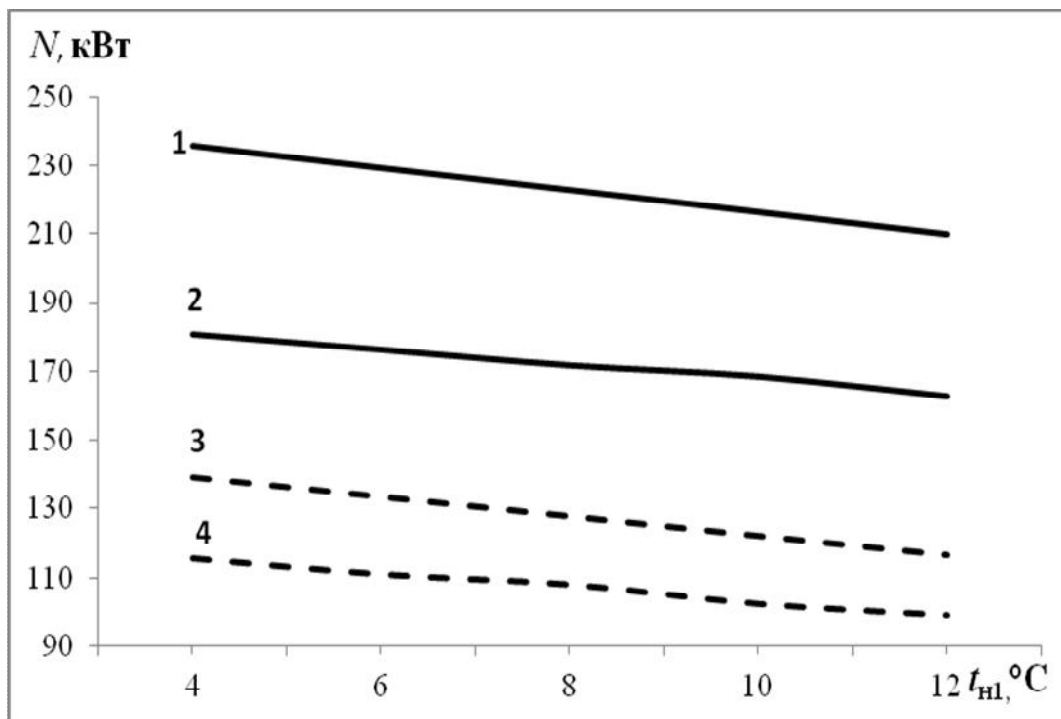


Рис. 7 – Зависимость потребления электрической энергии N от температуры грунтовой воды на входе в испаритель $t_{гв}$: 1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением

В качестве холодильного агента был использован экологически безопасный фреон $R152a$, который целесообразно применять для повышения эффективности ТНУ за счет его теплофизических свойств [8].

Для поддержания необходимой тепловой мощности испарителя ТНУ и экономии электроэнергии, затрачиваемой на откачку грунтовой

воды насосами из заборных скважин необходим подход к их рациональному размещению [9, 10].

Так в табл. 1 приведены значения необходимых глубин скважин H_0 , обеспечивающих необходимый объемный расход воды, поступающей в испаритель ТНУ, а также суммарные мощности электродвигателей насосов, которые перекачивают грунтовую воду.

Таблица 1 – Показатели в зависимости от температуры грунтовой воды

n, скв.	ТНУ	Показатели	Температура воды на входе в испаритель $t_{гв}$, °C				
			4	6	8	10	12
Одна заборная скважина	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
	1	H_0 , м	214	216	219	221	223
	2	H_0 , м	233	235	236	237	239
	3	H_0 , м	247	249	250	252	254
	4	H_0 , м	254	256	256	258	259
Две заборные скважины	1	$N_{скв}$, кВт	55,5	57,3	59,2	61,1	63,0
	2	$N_{скв}$, кВт	71,9	73,3	74,7	75,7	77,5
	3	$N_{скв}$, кВт	85,1	87,0	88,9	90,8	92,7
	4	$N_{скв}$, кВт	92,9	94,5	95,5	97,5	98,7
	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
Скважины	1	H_0 , м	151	153	155	156	158
	2	H_0 , м	165	166	167	168	169
	3	H_0 , м	174	176	177	178	180
	4	H_0 , м	180	181	181	183	183

	1	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	39,2	40,5	41,9	43,2	44,5
	2	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	50,8	51,8	52,8	53,5	54,8
	3	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	60,2	61,5	62,9	64,2	65,6
	4	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	65,7	66,8	67,6	68,9	69,8
	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
Три заборные скважины	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
	1	H_0 , м	124	125	126	128	129
	2	H_0 , м	135	136	136	137	138
	3	H_0 , м	142	144	145	146	147
	4	H_0 , м	147	148	148	149	150
	1	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	32,0	33,1	34,2	35,3	36,4
	2	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	41,5	42,3	43,1	43,7	44,8
	3	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	49,1	50,2	51,3	52,4	53,5
	4	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	53,6	54,6	55,2	56,3	57,0

Примечание. Результаты расчетов выполнены при $k = 10^{-6}$ м/с (глина), $r_{\text{СКВ}} = 0,15$ м, $R_{\text{СКВ}} = 100$ м, $h_{\text{СКВ}} = 10$ м. (1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением).

Анализ результатов расчета.

Анализ зависимостей (рис. 6) для систем теплоснабжения на основе применения ТНУ для г. Одессы показывает, что наиболее эффективной из рассмотренных схем является двухступенчатая ТНУ за счет меньшего потребления электрической энергии приводом компрессоров N (рис. 7).

Также повысить эффективность представленных ТНУ возможно путем изменения внутридомовой системы теплоснабжения на основе напольного отопления. Это достигается за счет меньшей температуры теплоносителя подаваемого во внутридомовую систему дома для достижения комфортных температурных режимов в помещениях, вследствие чего требуется меньшее потребление электроэнергии приводом компрессоров для полного сжатия фреона до его давления конденсации. Это связано с тем, что нагревательным элементом напольного отопления является вся поверхность пола, и теплоотдача при этом происходит с обширной поверхности с относительно менее низкой температурой.

Анализируя показатели (табл. 1) можно сделать вывод, что наиболее рациональным является для поддержания необходимой мощности испарителя рациональное размещение заборных скважин и их количество. В рассмотренном случае использование трех более меньших по глубине скважин по сравнению с одной заборной скважиной, позволяет сэкономить расход электроэнергии ориентировочно в 1,7 раз, что приведет к более быстрой окупаемости рассмотренных систем, хотя капитальные вложения на бурение скважин будут весьма значительными.

Выводы.

Таким образом, традиционное теплоснабжение можно заменить альтернативными методами на основе использования ТНУ.

Для повышения эффективности данных систем необходимо стремиться к уменьшению разности температур между низкотемпературным источником тепла и теплоносителем, подаваемым во внутридомовую систему отопления. А для уменьшения глубины бурения скважин, а следовательно и для экономии электрической энергии на откачку грунтовой воды, необходимо стремиться к увеличению площади поверхности испарителя для максимального охлаждения низкотемпературного источника тепла на выходе из него.

Список литературы: 1. *Badescu, V.* Economic Aspects of using Ground Thermal Energy for Passive House Heating / *V. Badescu.* Renewable Energy (2007). 32. P. 895–903. 2. *James E. Brumbaugh.* Audel HVAC Fundamentals, Volume 3: Air-conditioning, heat pumps, and distribution systems, all new 4th edition / *Brumbaugh James E.* – ISBN: 978-1-118-04649-4, 2011. – P. 696. 3. Температура грунта на различных глубинах. [Электронный ресурс]. URL : <http://neftya.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr> 4. *Боднарь И.А.* Анализ энергетической эффективности теплонасосных установок с использованием тепла грунтовых вод / *И.А. Боднарь, А.Е. Денисова, С.И. Бухало* // Вестник НТУ «ХПИ» № 16 (1059). – С. 36–44. 5. Пакет прикладных программ CoolPack 1.46: URL:http://www.xiron.ru/component/option.com_remository/Itemid,38/func.fileinfo/id,104/, URL : <http://en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx#>. 6. *Султангузин И.А.* Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения / *И.А. Султангузин,*

А.А. Потапова [Электронный ресурс]. URL <http://alt.rkraft.ru/ru/kb/teplovye-nasosy.html>.

7. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для вузов. – В 2-х кн.: Кн. 2. 2-е изд., перераб. и доп. / Д.В. Штеренлихт – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 367 с. 8. Боднар' И.А. Применение озонобезопасных фреонов в теплонасосных установках с использованием тепла грунтовых вод / И.А. Боднар', А.Е. Денисова, С.И. Бухкало // Интегровані технології та енергозбереження [Текст] : зб. наук. та наук.-практ. ст. : щокв. наук.-практ. журн. № 2 / Нац. техн. ун-т «Харк. політех. ін-т». – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – С. 71–76. 9. Каминский А.В. Установка тепло и водоснабжения на базе грунтовых вод. / А.В. Каминский, А.С. Мазуренко, А.Е. Денисова // Электротехника и механика, 2006, № 1. – С. 9–12. 10. Каминский А.В. Использование грунтовых вод для отопления и водоснабжения / А.В. Каминский, А.Е. Денисова, А.С. Мазуренко // Экологические и ресурсосбережение, 2006, № 4. – С. 3–8.

Bibliography (transliterated): 1. Badescu, V. Economic Aspects of using Ground Thermal Energy for Passive House Heating / V. Badescu. Renewable Energy (2007). 32. P. 895–903. 2. James E. Brumbaugh. Audel HVAC Fundamentals, Volume 3: Air-conditioning, heat pumps, and distribution systems, all new 4th edition / Brumbaugh James E. – ISBN: 978-1-118-04649-4, 2011. – P. 696. 3. Temperatura grunta na razlichnyh glubinah. [Elektronnyj resurs]. URL : <http://neftya.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr> 4. Bodnar' I.A.

Analiz jenergeticheskoy jeffektivnosti teplonasosnyh ustanovok s ispol'zovaniem tepla gruntovyh vod / I.A. Bodnar', A.E. Denisova, S.I. Buhkalo // Vestnik NTU "HPI" № 16 (1059). – P. 36–44. 5. Paket prikladnyh programm CoolPack 1.46: URL:http://www.xiron.ru/component/option,com_remository/Itemid,38/func,fileinfo/id,104/, URL : <http://en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx#>. 6. Sultanguzin I.A. Vysokotemperaturnye teplovye nasosy bol'shoj moshhnosti dlja teplosnabzhenija / I.A. Sultanguzin, A.A. Potapova [Jelektronnyj resurs]. URL : <http://alt.rkraft.ru/ru/kb/teplovye-nasosy.html> 7. Shterenliht D.V. Gidravlika: ucheb. dlja vuzov. – V 2-h kn.: Kn. 2.2-e izd., pererab. i dop. / D.V. Shterenliht – М.: Jenergoatomizdat, 1991. – 367 p. 8. Bodnar' I.A. Primenenie ozonobezopasnyh freonov v teplonasosnyh ustanovkah s ispol'zovaniem tepla gruntovyh vod / I.A. Bodnar', A.E. Denisova, S.I. Buhkalo // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja [Tekst] : zb. nauk. ta nauk.-prakt. st. : shhokv. nauk.-prakt. zhurn. № 2 / Nac. tehn. un-t "Khark. politeh. in-t". – Kharkiv : KhPI, 2014. – P. 71–76. 9. Kaminskij A.V. Ustanovka teplo i vodosnabzhenija na baze gruntovyh vod. / A.V. Kaminskij, A.S. Mazurenko, A.E. Denisova // Jeletrotehnika i mehanika, 2006, № 1. – P. 9–12. 10. Kaminskij A.V. Ispol'zovanie gruntovyh vod dlja otoplenija i vodosnabzhenija / A.V. Kaminskij, A.E. Denisova, A.S. Mazurenko // Jekotehnologii i resursosberezhenie, 2006, № 4. – P. 3–8.

Поступила (received) 03.12.2015

Сведения об авторах /About the Authors

Боднар' Игорь Александрович – аспирант, кафедра тепловых электрических станций и энергосберегающих технологий, Одесский национальный политехнический университет; тел.: (048)7058591; e-mail: i.o.bodnar@ukr.net

Bodnar Igor Aleksandrovich – Post Graduate, Department of Thermal Power Plants and Energy Saving technologies, Odessa National Polytechnic University, tel.: (048)7058591; e-mail: i.o.bodnar@ukr.net

Денисова Алла Евсеевна – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых электрических станций и энергосберегающих технологий, Одесский национальный политехнический университет; тел.: (048)7058591; e-mail: alladenysova@gmail.com

Denysova Alla Evseevna – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of Department of Thermal Power Plants and Energy Saving technologies, Odessa National Polytechnic University; tel.: (048)7058591; e-mail: alladenysova@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 665.12

П. Ф. ПЕТИК, І. П. ПЕТИК, З. П. ФЕДЯКІНА, Л. М. ФІЛЕНКО,**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА НЕЙТРАЛІЗОВАНИХ ЖИРІВ В СИСТЕМІ ПОЛЯРНИХ РОЗЧИННИКІВ ТА ПЕРЕРОБКИ СОАПСТОКІВ**

Науково обґрунтовано та розроблено технологію лужної нейтралізації жирів в системі вода-гліцерин-етанол (ВГЕ). Запропоновано і обґрунтовано склад системи ВГЕ, що підвищує ефективність нейтралізації жирів в мильно-лужному середовищі. Знайдено технологічне рішення щодо застосування соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ. Запропоновано технологію і технологічну схему виробництва нейтралізованих жирів в системі ВГЕ та переробки отриманих соапстоків.

Ключові слова: нейтралізація жирів у мильно-лужному середовищі, гліцерин, етанол, соапстоки, рідке мило, ресурсо- та енергозощадження.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

В теперішній час забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної олійно-жирової продукції на внутрішньому та зовнішніх ринках повинне бути реалізоване за рахунок наукоємного виробництва на основі впровадження інновацій, які забезпечують якісно новий ступінь розвитку технологій переробки жирів.

В традиційних способах рафінації жирів, які застосовуються в теперішній час в Україні, як то фізичні (відстоювання, центрифугування, фільтрування), хімічні (гідратація, лужна рафінація та ін.), фізико-хімічні (адсорбційне очищення, дезодорація та ін.) проводять багатостадійну обробку з використанням численних апаратів, які забезпечують зазначені технологічні процеси, при цьому витрачається великий обсяг енергоносіїв, утворюються значні втрати рослинного жиру. Крім того, вторинні продукти виробництва часто використовуються нерационально. Рафіновані жири містять значну кількість продуктів окислення (в основному, вторинних – альдегідів і кетонів), внаслідок чого мають недостатньо високу якість, що ускладнює їх імпорт. У зв'язку з цим інноваційним напрямком розвитку олійно-жирової галузі є підвищення якості олійно-жирової продукції, її термінів зберігання, зниження її вартості, і, таким чином, підвищення конкурентоспроможності на внутрішньому і світовому ринках.

Створення перспективного науково-обґрунтованого способу лужної нейтралізації жирів у мильно-лужному середовищі, який забезпечить максимально ефективно розділення фаз, мінімальні втрати нейтрального жиру і раціональну переробку вторинних продуктів, є актуальним науковим завданням. Техніка та технологія лужної рафінації олій і жирів постійно удосконалюється і розвивається. Для рафінації жирів та олій використовують різноманітні варіанти безперервних і періодичних схем [1]. Широко застосовуються різні технологічні варіанти даного процесу, що відрізняються апаратним оформленням, кількістю і концентрацією розчинів лугу, температурним режимом, концентрацією побічних продуктів процесу. До них відносять лужну рафінацію олій і жирів періодичним способом з водно-сольовою підкладкою, а з безперервних схем найбільшого поширення набули рафінація з розділенням фаз на сепараторах і рафіна-

ція в мильно-лужному середовищі [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження в напрямку удосконалення технології нейтралізації олій та жирів описано в роботах таких науковців як А.Г. Стеринчук, А.А. Ливинский, J. Stengros, A. S. Hodgson та інших.

В наших попередніх дослідженнях обґрунтовано і обрано компоненти системи селективних розчинників – вода, гліцерин і етанол (ВГЕ), досліджено вплив поверхнево-активних властивостей системи ВГЕ на процес нейтралізації жирних кислот, а також досліджено вплив густини системи ВГЕ на процес нейтралізації жирних кислот [4, 5].

Метою даної роботи є розробка ресурсозберігаючої технології рафінації рослинних жирів з використанням селективних розчинників – системи ВГЕ.

Функція етанолу у складі системи ВГЕ полягає у зниженні величини поверхневого натягу водної фази. Від величини поверхневого натягу системи ВГЕ залежать поверхнево-активні властивості нейтралізованих жирних кислот (мил). При низькому поверхневому натязі мила практично не виявляють поверхнево-активних властивостей. Завдяки цьому гідрофобна фаза (жир) не переходить до соапстоку, і, таким чином, практично виключаються відходи продукту при нейтралізації.

В свою чергу, функція гліцерину полягає у збільшенні густини водної фази. Від величини густини основи залежить швидкість коалесценції крапель нейтралізованого жиру. При високій густині нейтралізований жир швидше коалесцює на поверхні мильно-лужної системи ВГЕ, і таким чином зменшується час нейтралізації та енерговитрати на розподіл фаз.

Результати дослідження.

Оцінено фізико-хімічні, поверхнево-активні та технологічні властивості одержаних соапстоків – 20%-их розчинів натрієвих солей жирних кислот соняшникової, соєвої олій і пальмового олеїну в системі ВГЕ, а саме: в'язкість (рис. 1), стабільність піни (рис. 2), миючу здатність (рис. 3), адсорбційну здатність (рис. 4) у порівнянні зі зразками рідкого мила, виготовленого у відповідності до нормативної документації.

Соапстоки представляють собою однорідну прозору рідину, від світло-жовтого до світло-коричневого кольору (в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються). Запах – відповідний запаху мила з легким запахом спирту, в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються.

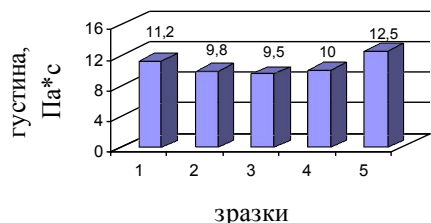


Рис. 1 – В'язкість соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

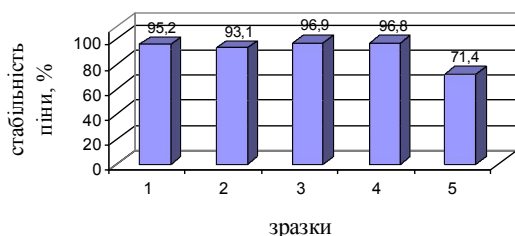


Рис. 2 – Стабільність пінки соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

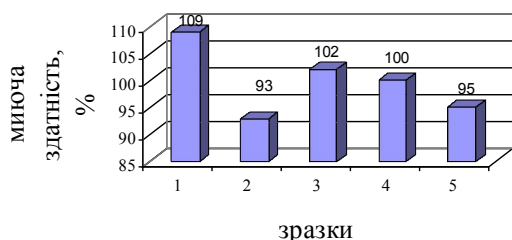


Рис. 3 – Миюча здатність соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

Поверхнево-активні властивості соапстоків олій та їх сумішей в системі ВГЕ знаходяться на рівні, а іноді навіть перевищують властивостей рідких мил ряду торгових марок. Так, в'язкість отриманих соапстоків знаходиться в межах 9,0–11,2 Па·с, що практично збігається з в'язкістю рідких миючих засобів (10,0–12,5 Па·с), яка задовольняє сучасним тенденціям споживчих побажань до їх консистенції. Стабільність пінки та миюча здатність соапстоків практично збігається з аналогічними показниками рідкого мила, а в деяких випадках перевищує їх. Адсорбційна здатність отриманих соапстоків знаходиться в межах 0,140–0,235 кг·м²/год, що в 25–40 разів перевищує даний показник для рідкого мила (5,70–6,30), це

означає більшу стійкість сталевих тар для зберігання соапстоку в системі ВГЕ, ніж його водного аналогу.

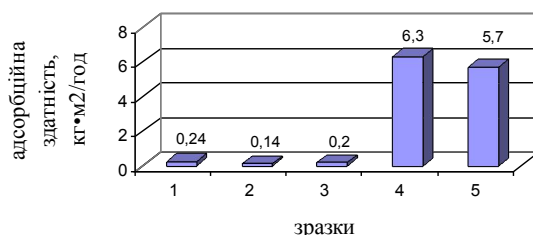


Рис. 4 – Адсорбційна здатність соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

Колір отриманих соапстоків варіюється від світло-жовтого до світло-коричневого в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються.

Для покращення органолептичних показників (колірності і запаху) соапстоків до них рекомендовано додавати розрахований об'єм 35 %-го розчину пероксиду водню. Рациональна температура проведення процесу знебарвлення – 60 °С, тривалість знебарвлення – 60 хвилин.

Незважаючи на численні технологічні передумови застосування соапстоків в системі ВГЕ як рідке мило, в даному напрямку існують обмеження, що пов'язані з їх органолептичними властивостями, зокрема темним кольором (колірне число соапстоків після нейтралізації темних олій та жирів зазвичай дорівнює 15–30 мг J₂/100 см³). Тому знебарвлення соапстоків після нейтралізації темних олій та жирів в системі ВГЕ є актуальною задачею. Темний колір соапстоків обумовлюють, переважно, фарбуючі речовини олій та жирів, що проходять нейтралізацію, насамперед, каротиноїди і хлорофіли. Високу ефективність до знебарвлення даних речовин має пероксид водню. Концентрований пероксид водню застосовують при знебарвленні олійножирових продуктів.

Для визначення раціональних умов знебарвлення соапстоків в основі нейтралізуючого розчину пероксидом водню використано метод планування експерименту.

Для визначення величини концентрації пероксиду водню для знебарвлення соапстоків з різним кольорним числом проведено серію експериментів. План експерименту і результати досліджень наведено в табл. 1, де як фактори знебарвлення соапстоку в системі ВГЕ обрано: CH_2O_2 – концентрація 35 % пероксиду водню, %, та $CN_{вих}$ – вихідне кольорне число соапстоку, J₂/100 см³. Параметр відгуку – кольорне число соапстоку в основі нейтралізуючого розчину після взаємодії з пероксидом водню $CN_C(CH_2O_2, \tau)$. Температура проведення процесу знебарвлення – 60 °С, тривалість знебарвлення – 60 хвилин.

Гіпотезу про адекватність рівняння прийнято за умов, що отримане експериментально значення коефіцієнту Фішера менше за табличне. Математична залежність впливу вихідного кольорного числа со-

апстоку концентрації пероксиду водню ($c_{H_2O_2}$, %) і тривалості його взаємодії з соапстоком (τ , хв.) на колірне число соапстоку (CN_C , мг $J_2/100\text{ см}^3$) має вигляд

$$CN_C(c_{H_2O_2}, \tau) = 1,78 - 0,18 \cdot CN_{вих} + 2,61 \cdot c_{H_2O_2} + 0,01 \cdot CN_{вих}^2 - 0,27 \cdot CN_{вих} \cdot c_{H_2O_2} - 0,16 \cdot c_{H_2O_2}^2. \quad (1)$$

Таблиця 1 – План експерименту і результати досліджень впливу вихідного колірного числа соапстоку і концентрації пероксиду водню на колірне число соапстоку

№ експ.	Вихідне колірне число соапстоку, мг $J_2/100\text{ см}^3$, $CN_{вих}$	Концентрація пероксиду водню 35 %, %, $c_{H_2O_2}$	Колірне число соапстоку, мг $J_2/100\text{ см}^3$, $CN_C(c_{H_2O_2}, \tau)$
1	15	2	4
2	15	0,9	7
3	15	0,2	9
4	20	2	4
5	20	0,9	7
6	20	0,2	9
7	25	2	4
8	25	0,9	9
9	25	0,2	11
10	30	2	4
11	30	0,9	11
12	30	0,2	13

Адекватність отриманих залежності (1) підтверджено за критерієм Фішера при рівні значимості 0,05. Отриману математичну залежність доцільно

використовувати при розрахунках концентрації пероксиду водню для корегування колірного числа соапстоку в основі нейтралізуючого розчину на підприємствах, які будуть його переробляти в рідке мило.

Соапстоки на основі запропонованого лужного реагенту мають антисептичні властивості завдяки присутності таких компонентів як етиловий спирт (чинить денатурацію структурних і ферментних білків мікробних клітин, грибів і вірусів), гліцерин (викликає дегідратацію клітин мікроорганізмів), пероксид водню (чинить руйнування клітинної мембрани бактерій).

Для здешевлення одержаних соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ обрано два технологічні прийоми – рекуперация етанолу і розбавлення водою концентрованих соапстоків. В результаті відгонки етанолу з соапстоків утворюється мазеподібна непрозора маса білого кольору, яка представляє собою гелеподібне мило.

На основі виконаних досліджень розроблено технологічну схему процесу нейтралізації жирів в системі ВГЕ, яка забезпечить максимально ефективно розділення фаз, мінімальні втрати нейтрального жиру і більш раціональну переробку вторинних продуктів. Технологічну схему представлено на рисунку 5. Гідратований жир з ємності Є 1 через фільтр Ф 1 насосом Н 1 через теплообмінник Т 1 надходить до деаератора Д 1. Деаерований жир переходить до реактора-нейтралізатора Р 1.

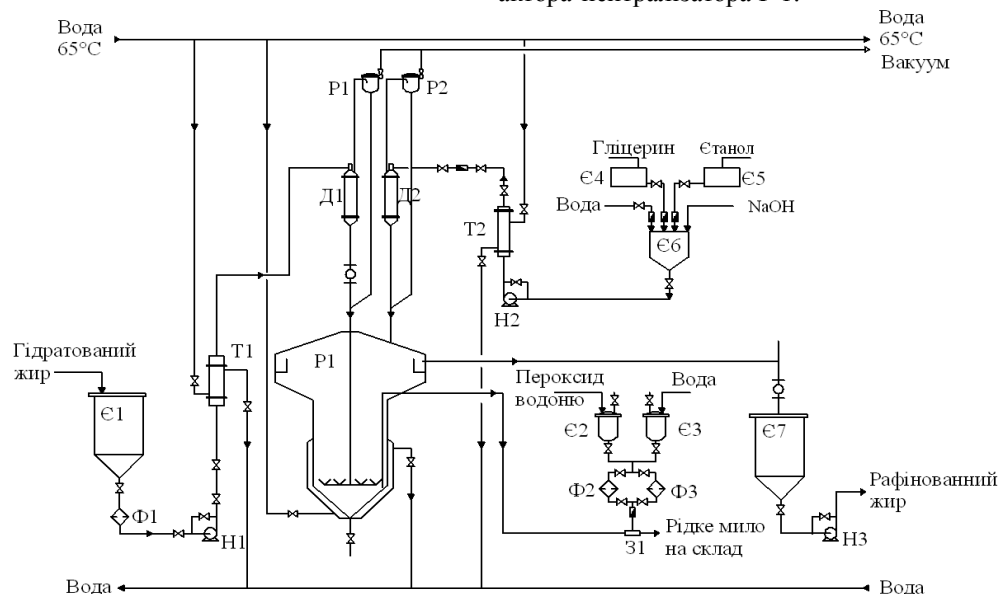


Рис. 5 – Апаратурно-технологічна схема лужної нейтралізації жирів в системі ВГЕ і переробки отриманих соапстоків

В свою чергу, концентрований луг надходить у ємність Є 6, де змішується у визначеному співвідношенні з водою, гліцерином, який надходить з ємності Є 4, і етанолом, що надходить з ємності Є 5. Розчин лугу заданої концентрації подається до деаератора Д 2, а потім до реактора-нейтралізатора Р 1, де при температурі 65 °С проходить процес нейтралізації жирних кислот. Нейтралізований жир самопливом зливається в приймач Є 7, з якого насосом Н 3 надходить на подальшу стадію рафінації.

Відпрацьований мильно-лужний розчин, який представляє собою неочищену основу рідкого мила, змішується у визначеному співвідношенні з розчином пероксиду водню у змішувачі З 1, в результаті чого проходить окиснення (знебарвлення) фарбуючих речовин, а також в деякій мірі окиснення (розклад) одоруючих речовин, що переходять в мильно-лужний розчин при нейтралізації жирів. Після чого очищена основа для рідкого мила надходить на фасовку. Нейтралізація олії в лужному розчині системи ВГЕ при

визначених раціональних умовах призводить до зниження вмісту мила в зразках олій порівняно з нейтралізацією в водному розчині лугу. Крім того, вміст компонентів нейтралізуючого розчину – гліцерину та етанолу (що є харчовими компонентами) в нейтралізованій олії також наближується до нуля і не перевищує нормовані показники для харчових продуктів. Це дає змогу не проводити промивку і кислотне розкладання мила в нейтралізованій олії на відміну від загальнозастосованої технології нейтралізації у мильно-лужному середовищі. Відсутність стадії промивки визначає відповідно і відсутність стадії сушки нейтралізованого продукту. Загальноприйнятий спосіб видалення натрієвих миль з нейтралізованих жирів та олій за традиційною технологією нейтралізації у мильно-лужному середовищі полягає в багаторазовому водному промиванні. Цей спосіб не гарантує 100 % відсутності мила в продукті і передбачає значну витрату пом'якшеної води, багатостадійність процесу і утворення великої кількості миложировмісних стоків, переробка яких досить трудомістка і безпосередньо пов'язана з питаннями екології [6]. Розроблена технологія має ряд переваг порівняно з поширеною на сьогоднішній день технологією безперервної нейтралізації жирних кислот в оліях (жирах). Перевагами запропонованої технології є відсутність сепараторів, що мають високу вартість, для розподілу гідрофобної і гідрофільної фаз, відсутність стадій промивки і сушки нейтралізованих олій (жирів), а також отримання концентрованих соапстоків, що не містять слідових залишків нейтральних триацилгліцеринів.

Таким чином, запропонована технологія нейтралізації олій (жирів) у порівнянні з технологією нейтралізації в мильно-лужному середовищі з наступною утилізацією мильно-лужних розчинів, незважаючи на безперервний спосіб виробництва, відрізняється простим апаратним обладнанням (відсутність сепараторів, змішувачів, вакуум-сушильного апарату) і, як наслідок, низькими енергетичними затратами і високою продуктивністю виробництва. Зникає потреба в обробці промислових стоків рафінаційного відділення. Економія олії при відмові від операції промивки становить 0,3-0,4 % або 3-4 кг на 1000 кг вихідної олії. Соапсток, який є відходом виробництва в сучасній технології нейтралізації олій та жирів, в розробленій технології з використанням системи ВГЕ перетворюється на побічний продукт – додаткову продукцію, що утворюється при виробництві основної продукції і не є метою даного

виробництва, але придатна в якості сировини в іншому виробництві або для споживання в якості готової продукції.

Висновки. Знайдено технологічне рішення щодо застосування соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ, яке полягає в одержанні з них рідкого мила. Знайдено технологічне рішення щодо здешевлення соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ, а саме збільшення виходу рідкого мила. Запропоновано технологію і технологічну схему виробництва нейтралізованих жирів в системі ВГЕ переробки вторинних продуктів – соапстоків.

Список літератури: 1. *Бурнашев В.Р.* Влияние режимов дезодорации и физической рафинации на некоторые качественные показатели подсолнечного масла / *В.Р. Бурнашев, Т.А. Да-нилова, Е.П. Колобова* // Труды ВНИИЖ. – Л.: ВНИИЖ. 1997. – С. 14–18. 2. *Арутюнян Н.С.* Рафинация масел и жиров: Теоретические основы, практика, технология, оборудование / *Н.С. Арутюнян*. – С.-Пб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. 3. *Белобородов В.В.* Кинетика выведения свободных жирных кислот из масел в мыльно-щелочной среде / *В.В. Белобородов, В.С. Стопский* // Масложировая промышленность. 1986. – № 9. – С. 18 – 21. 4. *Петик І.П.* Вплив компонентного складу основи нейтралізуючого розчину на його характеристики / *І.П. Петик, Ф.Ф. Гладкий, З.П. Федякіна* // Вісник НТУ «ХПІ». 2011. – № 58. – С. 31 – 35. 5. *Петик І.П.* Визначення шляхів застосування соапстоків після нейтралізації олій та жирів в нейтралізуючому розчині, що містить органічні спирти / *Петик І.П., Гладкий Ф.Ф., Запорожець А.О., Федякіна З.П.* // Матеріали ХХ Міжн. наук.-практ. конф. [Інформаційні технології: Наука, техніка, освіта, здоров'я], 15–17 травня, 2012 р., – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – С. 314. 6. *Бабенко В.И.* Разложение мыла на стадии первой промывки нейтрлизованного масла / *В.И. Бабенко, Р.Н. Деметий, Л.Ф. Луговая и др.* // Масложировая промышленность. 1990. – 4. – С. 10–11.

Bibliography (transliterated): 1. *Burnashev V.R.* Vlyuyanye rezhymov dezodoratsyy u fyzycheskoy rafynatsyy na nekotorye kachestvennyye pokazately podsolnechnoho masla / *V.R. Burnashev, T.A. Danylova, E.P. Kolobova* // Trudy VNIYZh. – L.: VNIYZh. 1997. – P. 14–18. 2. *Arutyunyan N.S.* Rafynatsyya masel y zhyrov: Teoreticheskiye osnovy, praktyka, tekhnolohyya, oborudovanye / *N.S. Arutyunyan*. – S.-Pb.: NYORD, 2004. – P. 288. 3. *Beloborodov V.V.* Kynetyka vyvedenyaya svobodnykh zhyrnykh kyslot yz ma-sel v myl'no-shchelochnoy srede / *V.V. Beloborodov, V.C. Stopskyy* // Maslozhyrovaaya promyshlennost'. 1986. – № 9. – P. 18 – 21. 4. *Petik I.P.* Vplyv komponentnoho skladu osnovy neytralizuyuchoho rozchynu na yoho kharakterystyky / *I.P. Petik, F.F. Gladkyy, Z.P. Fe-dyakina* // Visnyk NTU «KhPI». 2011. – № 58. – P. 31–35. 5. *Petik I.P.* Vyznachennya shlyakhiv zastosuvannya soapstokiv pislya neytralizatsiyi oliy ta zhyriv v neytralizuyuchomu rozchyni, shcho mistyt' orhanichni spyryty / *Petik I.P., Hladkyy F.F., Zaporozhets' A.O., Fedyakina Z.P.* // Materialy XX Mizhn. nauk.-prakt. konf. [Informatsiyni tekhnolohiyi: Nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya], 2012 r., Kh.: NTU «KhPI». 2012. – P. 314. 6. *Babenko V.Y.* Razlozhenye myla na stadyu pervoy promyv-ky neytralizovannoho masla / *V.Y. Babenko, R.N. Demytyy, L.F. Luhovaya y dr.* // Maslozhyrovaaya promyshlennost'. 1990. – 4. – P. 10–11.

Надійшла (received) 10.07.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Петик Павло Федорович – канд. техн. наук, директор Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-29-42; e-mail: petik@fatoil-kharkov.com.

Петик Ігор Павлович – канд. техн. наук, с. н. с. відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

Федякіна Зоя Павлівна – начальник відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

Філенко Людмила Михайлівна – с. н. с. відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

УДК 665.1.094.3:541.12

А. О. ДЕМИДОВА**ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ ЗБЕРІГАННЯ ОЛІЙ ПРИСКОРЕНИМ МЕТОДОМ**

Визначення строку зберігання харчових продуктів залишається однією з найбільш актуальних задач для харчової промисловості. Особливо це стосується розробки прискорених методів дослідження, зокрема для жиромісних продуктів, як одних з найбільш швидкопсувних. У даній статті наведена методологія визначення строку зберігання олій за розробленим методом, який при його швидкому виконанні при підвищених температурах дає прогнози щодо строку зберігання олій при більш низьких (та взагалі будь-яких) температурах зберігання. Мета дослідження – спрощення та пришвидшення процесу дослідження олій з метою визначення строків їх зберігання. Об'єкт дослідження – лляна олія, предмет – окиснення олій, визначення кінетичних параметрів окиснення, встановлення швидкості самоініціювання та строку зберігання олій. Дослідження проводились на волюметричній установці.

Ключові слова: лляна олія, окиснення, строк зберігання, період індукції, швидкість окиснення.

Постановка проблеми.

На сьогоднішній час існує світова тенденція використання прогностичних моделей дослідження стану продукції. Кількість наукових установ та підприємств, що використовують такі моделі досить невелика, однак вона вочевидь буде збільшуватись внаслідок зручності їх використання. Особливо важким є створення прогностичних моделей для таких складних процесів як окиснення жирів. Однак сучасний стан інструментальних методів дослідження та комп'ютерної техніки робить цю задачу вирішуваною.

На первинному етапі зберігання жирів кисень практично не поглинається та окиснення продукту проходить дуже повільно. Цей період, який називають періодом індукції, закінчується з початком накопичення в продукті гідропероксидів, які, в залежності від умов зберігання, з різною швидкістю перетворюються у альдегіди, кетони та інші вторинні продукти окиснення. Смак та запах одержаних летких речовин робить харчових продукт неприємним, а його склад неприйнятним для використання у харчових цілях. Цей стан жирового продукту називають прогірклістю, він настає після закінчення так званого періоду індукції. Таким чином, період часу, який визначається як період індукції, і є терміном зберігання жиру (олії).

Можна визначити період індукції прискореним методом при підвищеній температурі, згідно з [1]. Проблема полягає в тому, що співвідношення між періодами індукції при підвищеній і низькій температурах невідоме. Однак, відомо, наприклад, [2] що період індукції залежить від концентрації інгібітору і швидкості ініціювання наступним чином:

$$\tau = (f * n * [\text{InH}]) / V_i,$$

де τ – період індукції;

f – коефіцієнт інгібування;

n – число активних груп в молекулі інгібітору;

$[\text{InH}]$ – концентрація інгібітору в продукті;

V_i – швидкість ініціювання з усіх джерел.

Сучасний стан проблеми.

Методи визначення періоду індукції широко використовуються у світовій практиці та включені до

різних міжнародних стандартів (у тому числі до ISO 6886 [3]).

Відомий метод диференційно скануючої калориметрії (ДСК). Цей метод встановлює закінчення періоду індукції як підвищення ентальпії реакції внаслідок пришвидшення реакції ненасичених ліпідів з киснем. Однак інформативність цього методу знижується через мали маси зразків та високі температури дослідження.

Широко застосовують метод індексу стабільності олій – автоматизований варіант методу визначення активного кисню. Визначається час, за який олія окиснюється (при 97,8 °C та подачі повітря 2,33 мл/с) до пероксидного числа 100 мекв/кг. Для інструментального виконання таких методів застосовують пристрої Ransimat, Oxidative Stability Instrument (OSI), Oxidograph, FIRA-Astell володіють рядом суттєвих недоліків [4, 5].

Процес окиснення жирів складається з ряду періодів, кожен з яких характеризується своєю енергією активації, швидкістю та продуктами окиснення. На першій стадії утворюються гідропероксиди, на наступних – сполуки з карбонільними, епоксидними, гідроксильними групами в молекулі та інші леткі компоненти з низькою молекулярною масою.

На процес окиснення впливає ступінь ненасиченості жирів (кисень перш за все вступає в реакцію з ненасиченими ліпідами), присутність каталізаторів окиснення (полівалентних металів, перш за все заліза), присутність інгібіторів окиснення (природних та синтетичних антиоксидантів, причому нативні антиоксиданти присутні в оліях практично завжди), від концентрації кисню в навколишньому середовищі, поверхні контакту з киснем, швидкості його дифузії та, звісно, температура зберігання продукту.

Необхідно розробити методику, яка була б здатна враховувати вплив всіх цих параметрів окиснення, могла б швидко прогнозувати строки зберігання зразку та не потребувала б суттєвих праце- та матеріальних витрат.

Мета і основні задачі досліджень.

В даній роботі об'єктом дослідження є лляна олія нерафінована. Предмет дослідження – окиснення

ляної олії, визначення кінетичних параметрів окиснення, встановлення швидкості самоініціювання та строку зберігання.

Метою даної роботи є спрощення та пришвидшення процесу дослідження олій з метою визначення строків їх зберігання. Для досягнення мети треба вирішити наступні задачі:

- визначити кінетику окиснення зразку олії в залежності від часу в присутності різній кількості ініціатора окиснення АІБН;
- визначити швидкість окиснення зразку олії при змінній кількості ініціатора окиснення та при різній температурі;
- визначити швидкість самоініціювання олії при різних температурах;
- визначити період індукції олії за температури зберігання.

Результати роботи. Досліджувався зразок нерафінованої лляної олії, одержаної методом холодного пресування з пероксидним числом 2,3 ммоль 1/2O/kg (початкова кількість ініціаторів окиснення). Жирнокислотний склад олії наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад зразку лляної олії (% жирних кислот)

Олія	C_{16}	C_{18}	C_{18}^{ω}	C_{18}^{ω}	C_{18}^{ω}	C_{20}
Лляна	5,9	3,8	22,6	37,8	28,8	8,5

Визначення кінетичних параметрів окиснення здійснювалось на волюметричній установці [6]. В результаті досліджень отримували кінетичні залежності кількості поглиненого зразком кисню за певний час (рис. 1).

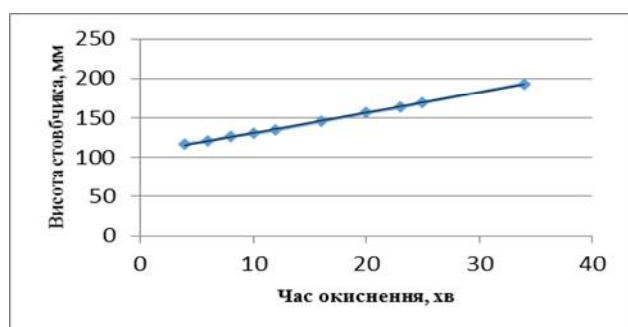


Рис. 1. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 80 °C та кількості АІБН 0,2 мл

Досліджувана олія окиснювалась при трьох температурах (70, 80 та 90 °C) та різній кількості ініціатора окиснення при кожній температурі (3 – 4 графіка для кожної температури дослідження). Різною кількістю ініціатора задавалася швидкість ініціювання. Декілька температур дослідження потрібні для виходу на залежність між швидкістю самоініціювання та температурою зберігання олії, що досліджується. Отримані на волюметричній

установці дані перераховувались на швидкість окиснення зразку (приклад на рис. 2).

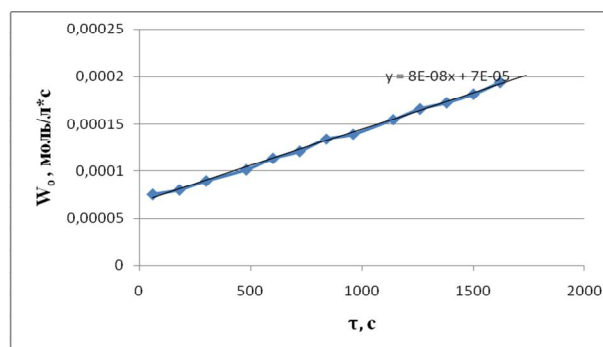


Рис. 2. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 90 °C та кількості АІБН 0,3 мл

Всі одержані кінетичні залежності мають вигляд прямих (рис. 3), тому з даних графіків можна визначити швидкість окиснення шляхом визначення тангенсу куту нахилу до осі x.

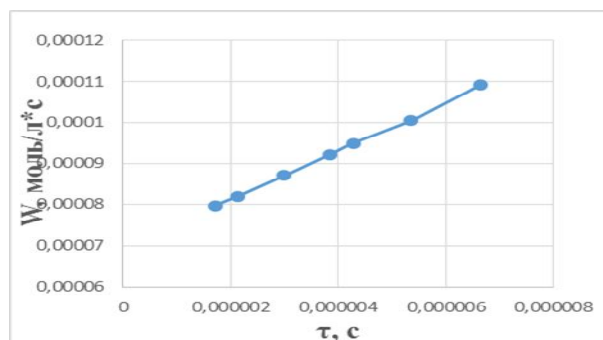


Рис. 3. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 80 °C та кількості АІБН 0,1 мл

Одержані в результаті досліджень дані зведені до таблиці 2.

Таблиця 2. Кінетичні параметри окиснення зразку лляної олії

Температура, °C	Швидкість ініціювання, 10 ⁻⁸ моль/л*с	Швидкість окиснення, 10 ⁻⁶ моль/л*с
70	3,25	0,47
70	6,5	0,61
70	13,2	1,23
70	26,0	2,46
80	2,14	1,27
80	4,28	1,66
80	6,415	2,08
90	6,96	2,79
90	1,39	3,64
90	2,09	4,61

Тангенс куту нахилу одержаної на рис. 2 прямої є значенням швидкості окиснення олії в цих умовах (для приклада на рис. 2 вона дорівнює $8 \cdot 10^{-8}$ моль/л*с). По одержаним даним будуємо залежність між швидкістю окиснення та швидкістю ініціювання при даній температурі (рис. 4).

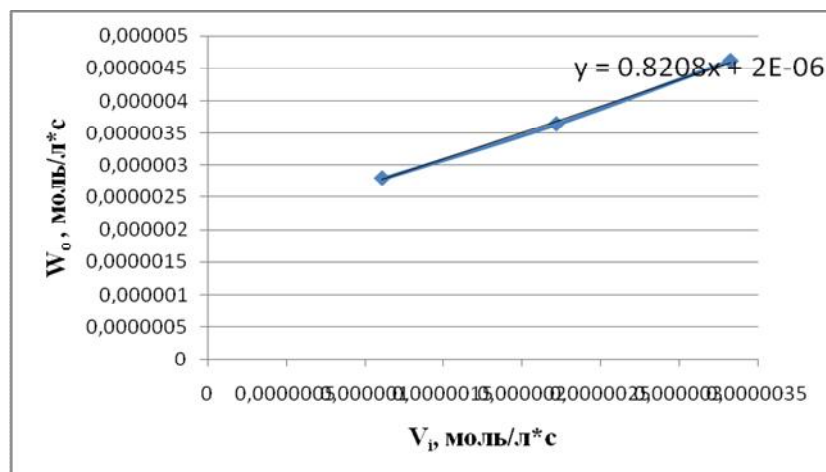


Рис. 4. Залежність між швидкістю окиснення та швидкістю ініціювання лляної олії при температурі дослідження 90 °С

Відрізок, який відсікає одержана пряма (рис. 2) на вертикальній осі є значенням швидкості самоініціювання олії при даній температурі (для приклада на рис. 2 вона дорівнює $2 \cdot 10^{-6}$ моль/л*с).

Результати досліджень. Для визначення швидкості самоініціювання олії були одержані

значення швидкості самоініціювання при трьох температурах: 90, 80 та 70 °С. Одержані дані зображені на рис. 5 та мають вигляд прямої (експериментальні точки лягли на пряму), що доводить вірність досліджень.

...

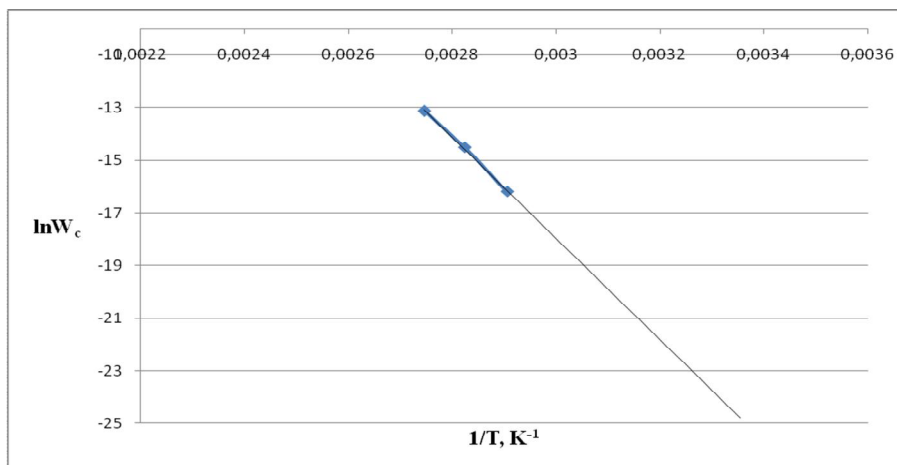


Рис. 5. Залежність між швидкістю самоініціювання лляної олії та температурою в координатах Арреніуса

При екстраполяції прямої швидкості самоініціювання на більш низькі температури можна одержувати значення швидкості самоініціювання (тобто визначити срок збергання досліджуваного зразку) при звичайних (непідвищених) температурах.

Для перевірки експериментальних даних отриманих при високих температурах (70 – 90 °С) необхідно визначити кінетику окиснення зразків олії при звичайних температурах. Для цього визначають пероксидне число олії, яка зберігається у відкритому посуді при доступі світла та кисню, при температурі навколишнього середовища 24 °С.

З літературних даних відомо що в початковий період окиснення накопичуються переважно пероксидні сполуки, кількість вторинних продуктів окиснення за цей період не збільшується більше ніж на 20%, тому достатньо коректно використовувати данні накопичення тільки пероксидних сполук.

Період індукції лляної олії (рис. 6) при окисненні за температури 24 °С складає близько 19 діб. Значення періоду індукції цієї олії, одержане в прискорених умовах (розраховане за формулою, що наведена вище або графічно з даних рис. 5) дорівнює 17 добам.

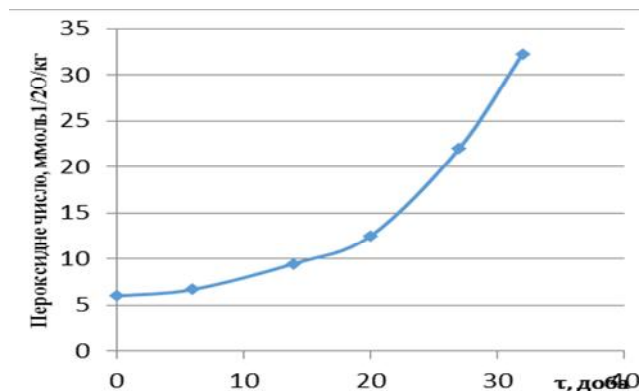


Рис. 6. Швидкість накопичення гідрпероксидів при зберіганні лляної олії при 24 °С

З урахуванням того, що при визначенні періоду індукції при 24 °С встановлювався вміст лише пероксидних сполук без вмісту вторинних продуктів окиснення, одержаний період індукції має підвищене значення. Таким чином визначені різними способами періоди індукції зразку олії виявились приблизно рівними. Тобто розроблений метод можна рекомендувати до використання на підприємствах олійножирової галузі.

Висновки.

В результаті експериментальних досліджень був розроблений прискорений метод прогнозування строків зберігання рослинних олій, який дає змогу передбачувати строки зберігання олій при будь-якій температурі зберігання, що, звісно, є дуже зручно через повсюдне недотримання режимів зберігання в сітях торгівлі. Метод дає змогу не лише значно скорочувати час дослідження, але й скорочувати витрати на нього, так як не потребує витрат розчинників, значної кількості зразку тощо.

Не дивлячись на значну кількість експериментальних даних, потрібних для одержання значення швидкості самоініціювання, запропоноване вище дослідження значно легше провести порівняно з традиційним визначенням періоду індукції по значенням пероксидних чисел. Перш за все таке дослідження можна провести впродовж 1- 3 діб, у той час як період індукції по пероксидним числам визначають впродовж неділь та навіть місяців. Як вже було зазначено запропоноване дослідження дає змогу визначати закінчення періоду індукції при будь-якій температурі зберігання. В класичному ж способі при визначенні періоду індукції для іншої температури зберігання необхідно повторювати дослідження спочатку.

Результат визначення швидкості самоініціювання лляної олії був перевірений шляхом визначення закінчення періоду індукції при зберіганні лляної олії за кімнатної температури.

Результати, одержані різними способами практично збіглися.

Однак для широко застосування запропонованого методу дослідження строків зберігання олій та жирів необхідно створити математичну модель, яка б враховувала такі параметри, як кількість інгібіторів окиснення, кількість ініціаторів окиснення, жирнокислотний склад досліджуваного зразку, температура зберігання. При підставленні цих даних в математичну модель (рівняння) можна буде одержувати прогностичні дані щодо строків зберігання продукту без проведення експериментальних досліджень.

Тобто ціллю даного дослідження є створення математичної моделі прогнозування строків зберігання олій та жирів. Для цього необхідно набрати значну кількість експериментальних даних визначення швидкості самоініціювання олій різного жирнокислотного складу (чотирьох основних типів – насиченого, мононенасиченого, діненасиченого, поліненасиченого) зі вмістом природних антиоксидантів (токоферолу) та без них (тобто нерафіновані та рафіновані з вилученням токоферолом).

Список літератури: 1. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности / Н.Н. Семенов. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 685 с. 2. А. Г. Сергеев. Руководство по методам исследования, техникохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / Сергеев А.Г. – Л.: ВНИИЖ, 1973. – 352 с. (т. 6). 3. Масла и жиры животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление) (ISO 6886:1996, ITD) : ДСТУ ISO 6886:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2004 – 14 с. – (Національний стандарт України). 4. Wu Z. High-performance liquid chromatographic analysis of the products of linoleic acids oxidation catalysed by pea seed lipoxygenases / Z. Wu, D.S. Robinson, C. Domoney // J. Agric Food Chem. – 1995. – № 43 (2). С. 337 – 342. 5. Gertz C. Routine analysis of deep-frying fats and oil / C. Getz // Lipid Technology. – 2001. – № 13 (2). С. 44 – 47. 6. Ушкалова В.Н. Стабильность липидов пищевых продуктов / Ушкалова В.Н. – М.: Агропромиздат, 1988. – 152 с.

Bibliography (transliterated): 1. Semenov N.N. About some problems of chemical kinetics and reactionary ability / N.N.Semenov – M.: Publ. AN the USSR, 1958. – 685 p. 2. A. G. Sergeev. Guidance on the methods of research, technical control and account of production in oil and fats industry / A.G. Sergeev – L.: ARRI, 1973. – 352 p. (v. 6). 3. Oils and fats are animal and vegetable. Determination of stability to oxidization (speed-up test on oxidization) (ISO 6886:1996, ITD). 4. Wu Z. High-performance liquid chromatographic analysis of the products of linoleic acids oxidation catalysed by pea seed lipoxygenases / Z. Wu, D.S. Robinson, C. Domoney // J. Agric Food Chem. – 1995. – № 43 (2). P. 337 – 342. 5. Gertz C. Routine analysis of deep-frying fats and oil / C. Getz // Lipid Technology. – 2001. – № 13 (2). P. 44 – 47. 6. Ushkalova V.N. Stability of lipids of food products / V.N. Ushkalova – M.: Agroindustrial edition, 1988. – 152 p.

Надійшла (received) 15. 12.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Демидова Анастасія Олександрівна – канд. техн. наук, ст. викл. кафедри технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Адреса: вул. Фрунзе, 21, 61002. E-mail: kzosya@vandex.ru.

Демидова Анастасія Александровна – канд. техн. наук, ст. преп. кафедри технології жирів і продуктів броження Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Адрес: ул. Фрунзе, 21, 61002. E-mail: kzosya@vandex.ru.

Demydova, Anastasiya Aleksandrovna - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Senior Lecturer of technology of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: (097) 324-16-84, e-mail: kzosya@vandex.ru.

УДК 664.346

В. О. БАХМАЧ, Т. Т. НОСЕНКО, Т. О. БЕРЕЗКА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ МАЙОНЕЗІВ

Наведено результати досліджень удосконалення технології низькокалорійних майонезів з використанням стабілізатора на основі стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів. Встановлено технологічні режими процесу для майонезів з вмістом жиру 35 % – співвідношення рецептурних компонентів, температурні режими, умови емульгування та гомогенізації. Отримано результати дослідження показників якості дослідних зразків. Застосування стабілізатора на основі суміші гідроколоїдів «Стабілекс» разом з рослинними білковими продуктами дозволяє отримати майонези з заданими високими показниками якості. Комбінування рецептурного складу з залученням комп'ютерних програм дозволяє розширити асортимент майонезів та соусів на основі високоякісної сировини.

Ключові слова: майонез, емульсія, стабілізатор, білкові продукти, властивості, якість.

Постановка проблеми.

Майонези займають провідне місце серед різноманітних соусів та приправ, користуються великою популярністю у населення. Промислове виробництво цих харчових продуктів займає значне місце у олієжировій галузі харчової промисловості, а технологія майонезів потребує додаткових досліджень перспективної сировини з метою розширення асортименту та підвищення якості продукції. Зацікавленість до проведення технологічних досліджень емульсійних продуктів останнім часом підвищується, що пов'язано із розширенням перспективних рецептурних компонентів, встановленням нових вимог до якості. На противагу іншим емульсійним продуктам, майонез є прямою емульсією типу «олія у воді», де дисперсійним середовищем є вода, а дисперсною фазою – олія [1].

Основною особливістю виробництва майонезів є можливість методом варіювання рецептурних компонентів створення продуктів, що максимально відповідають фізіологічним потребам організму. Крім того, вживання жирів у вигляді дрібнодисперсної водно-жирової емульсії зменшує навантаження на ендокринну систему, сприяє стабілізації фізіологічних функцій шлунково-кишкового тракту [1, 2].

Технологія одержання низькокалорійних емульсійних продуктів дещо відрізняється від інших емульсійних продуктів необхідністю проведення ряду операцій, що забезпечують одержання стабільного продукту з заданими реологічними властивостями при збільшенні масової частки водної фази в складі продукту.

Сировиною для отримання майонезів традиційно є рослинні рафіновані дезодоровані олії, сухе молоко, яєчний порошок, цукор, сіль, гірчиця, інші харчові та смакові добавки. В якості емульгаторів перспективним є використання білкових продуктів з олійного насіння [3].

На основі проведених досліджень [4, 5] окремих гідроколоїдів, враховуючи виявлені взаємний

підсилюючий ефект (синергізм) було підібрано оптимальне співвідношення камедей ксантану та гуару. Це використано у стабілізаційних системах для виробництва майонезів «Стабілекс», що забезпечує структуроутворення та стабілізуючу дію на майонезну емульсію [6, 7].

Важливим є проведення досліджень щодо можливого сумісного використання вказаних компонентів у технології низькокалорійних майонезів.

Сучасний стан проблеми.

Ринок харчових продуктів дуже чутливо реагує на будь-які нові тенденції та напрямки, що їх формують споживачі [8].

Виробництво низькокалорійних майонезів потребує досліджень та впровадження нових високотехнологічних рецептурних компонентів, що забезпечують стабільну якість продукції протягом гарантованого терміну їх зберігання [9].

Нами було взято до уваги останні світові досягнення у галузі харчових інгредієнтів щодо структуроутворення та стабілізації емульсійних продуктів із зниженим вмістом жирової фази.

Ринок харчових продуктів дуже чутливо реагує на будь-які нові тенденції та напрямки, що їх формують споживачі [8].

Виробництво низькокалорійних майонезів потребує досліджень та впровадження нових високотехнологічних рецептурних компонентів, що забезпечують стабільну якість продукції протягом гарантованого терміну їх зберігання [9].

Нами було взято до уваги останні світові досягнення у галузі харчових інгредієнтів щодо структуроутворення та стабілізації емульсійних продуктів із зниженим вмістом жирової фази.

Мета і основні задачі досліджень.

Метою даної роботи є дослідження взаємного впливу використання стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів у технології низькокалорійних майонезів.

Стабілізаційна система «Стабілекс» для виробництва майонезів виготовляється в Україні з

використанням високоякісної сировини від провідних постачальників зі всього світу.

В роботі використані білкові продукти, що розроблені, пройшли випробування і отримують впровадження на підприємствах галузі.

Удосконалення технології низькокалорійних майонезів з використанням стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів має актуальність, соціальний і промисловий запит.

Результати роботи.

В роботі використовувалися наступні білкові продукти: соєвий концентрат та борошно, соняшниковий білковий ізолят, одержаний за розробленою авторами технологією, в якості контролю використовувалася стандартна рецептура низькокалорійного майонезу «Салатний».

Фізико-хімічні показники соєвого концентрату наведені в табл. 1. Високий вміст білків забезпечить технологічну функціональність у використанні даного продукту.

Майонези виготовляли в лабораторних умовах з використанням швидкісної мішалки з частотою обертання 1500-2000 об/хв.

В дослідних зразках вивчалися показники якості згідно вимог ДСТУ 4475.

Ефективна в'язкість визначалася при температурі 25°С за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест 2». Реологічні характеристики досліджувалися методом побудови та аналізу реологічних кривих течії дослідних зразків.

Фізико-хімічні показники соєвого борошна наведені в табл. 2. З наведених даних видно, що вміст білку в продукті невисокий, але борошно має значну кількість харчових волокон, що позитивно впливає при використанні в якості наповнювача.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники соєвого концентрату

Назва показників	Значення
Масова частка вологи та летких речовин, %	7,0
Масова частка жиру у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	75,0
Масова частка протеїну розчинного у воді, (% до сирого протеїну)	80,0
Масова частка загальної золи у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	6,5
pH (10-% водної суспензії)	6,8

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники соєвого борошна

Назва показників	Значення
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	19,3
Масова частка вологи та летких речовин, %	6,2
pH (10-% водної суспензії)	6,7
Масова частка харчових волокон, %	65,2

Фізико-хімічні показники соняшникового білкового ізоляту наведені в табл. 3 свідчать про достатньо високий вміст білкових речовин, що є

визначальним для використання у технології майонезу.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники соняшникового концентрату

Назва показників	Значення
Масова частка вологи та летких речовин, %	8,0
Масова частка жиру у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	75,0
Масова частка протеїну розчинного у воді, (% до сирого протеїну)	5,0
Масова частка загальної золи у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
pH (10-% водної суспензії)	6,7

Рецептури дослідних зразків низькокалорійних майонезів наведено в табл. 4. Відмінність розроблених зразків полягає у повній заміні рецептурної кількості яєчного порошку та сухого знежиреного молока на стабілізаційну систему «Стабілекс» на основі суміші харчових гідроколідів та білкових продуктів: соєвих та соняшникових білкових продуктів.

Таблиця 4. Рецептури розроблених низькокалорійних майонезів.

Найменування компонента	Вміст рецептурних компонентів, %			
	1 контроль	2	3	4
Олія соняшникова рафінована	35,0	35,0	35,0	35,0
Стабілізатор «Стабілекс»	-	0,5	0,5	0,5
Яєчний порошок	6,0	-	-	-
Соєвий концентрат	-	2,5	-	-
Соняшниковий концентрат	-	-	2,5	-
Соєве борошно	-	-	-	2,5
Сухе знежирене молоко	2,5	-	-	-
Цукор	2,5	2,2	2,2	2,2
Сіль	2,2	1,1	1,1	1,1
Лимонна кислота	0,3	0,3	0,3	0,3
Вода	51,5	58,4	58,4	58,4
Всього	100	100	100	100

Результати досліджень.

В дослідних зразках майонезів методом закритої дегустації за 5-ти бальною шкалою визначався комплекс органолептичних показників якості. В табл. 4 наведено отримані результати.

Таблиця 5. Органолептична оцінка зразків майонезів

Найменування показника	Значення для зразків (бали)			
	1 (контроль)	2	3	4
Зовнішній вигляд	4,3	4,8	4,9	4,5
Колір	4,8	4,9	5,0	4,7
Запах	4,6	4,7	4,9	4,5
Консистенція	3,8	4,8	4,9	4,1
Смак	3,5	4,5	4,7	3,7

Аналіз даних табл. 4 свідчить, що всі зразки майонезів отримали достатньо великі оцінки.

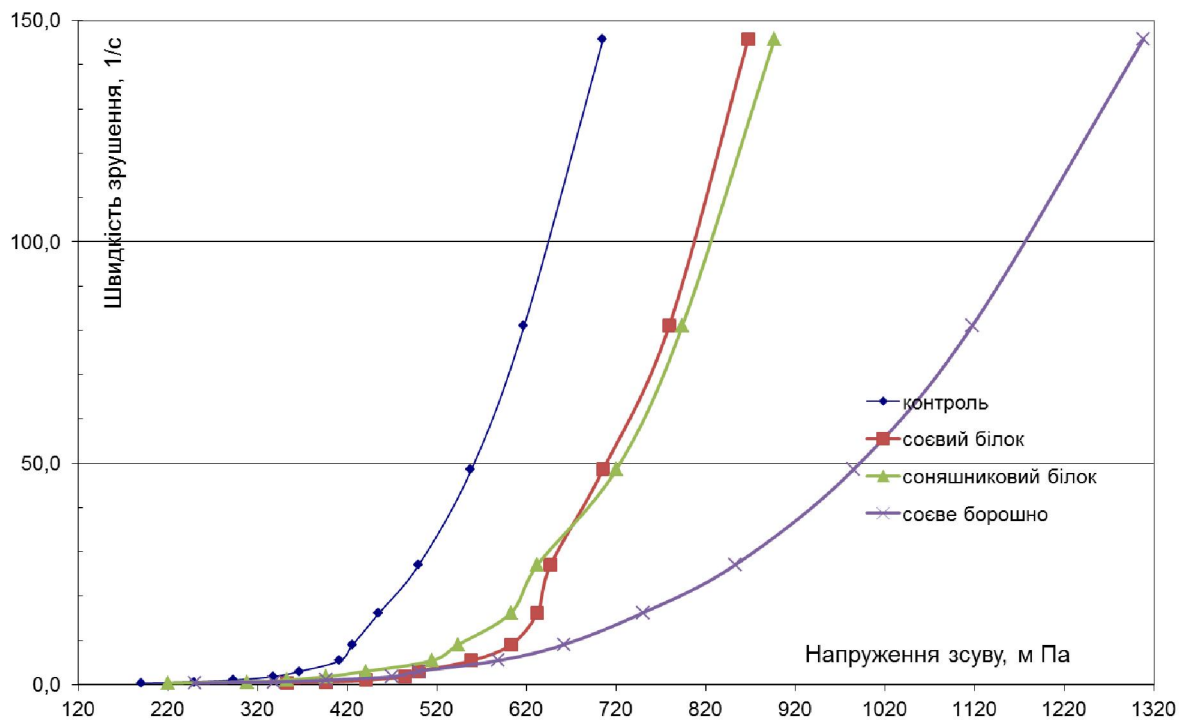


Рис. 1. Реологічні криві течії майонезів через 24 год. після виготовлення

Проте відмічені вищі бали для зразків з внесенням білкового соєвого концентрат та соняшникового ізоляту. В зразках 2 та 3 органолептичні оцінки найбільш високі, що вказує на оптимальне співвідношення та поєднання рецептурних компонентів майонезів.

Фізико-хімічні показники зразків майонезів досліджувалися за відомими методиками протягом 35 діб зберігання при температурі 4-6 °С. Результати зміни кислотності наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Зміна кислотності низькокалорійних майонезів при зберіганні

Термін зберігання, діб	Кислотність майонезу, %			
	Контроль	1	2	3
1	0,3	0,21	0,2	0,23
7	0,34	0,22	0,2	0,24
14	0,37	0,25	0,23	0,28
21	0,4	0,3	0,25	0,32
28	0,48	0,36	0,27	0,38
35	0,52	0,38	0,3	0,4

Кислотність зразків майонезів, одержаних за розробленими рецептурами, не перевищувала значення кислотності контрольного зразку майонезу.

Також проводилися визначення стійкості емульсії дослідних зразків. Встановлено, що при зберіганні протягом 35 діб стійкість всіх зразків зменшилася несуттєво і знаходилася в межах допустимих норм вимог НТД [10].

Дослідження реологічних властивостей зразків низькокалорійних майонезів представлені на рис. 1.

Аналіз даних кривих течії свідчить, що зразок з соєвим борошном має найбільш міцну структуру, для руйнування якої необхідно прикласти найбільше зусилля, а зруйнована структура буде все ж мати вищу в'язкість в порівнянні з іншими зразками.

Важливим є визначення мікробіологічних характеристик дослідних зразків та їх зміни протягом гарантованого терміну зберігання.

Встановлено, що дослідні зразки майонезів протягом гарантованого терміну зберігання за вмістом бактерій групи кишкових паличок (коліформи), патогенних мікроорганізмів (в т. ч. бактерії роду *Salmonella*), дріжджів та пліснявих грибів повністю відповідали вимогам ДСТУ 4487.

Висновки.

Наведені результати досліджень показали, що використання у технології низькокалорійних майонезів стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів дозволяє регулювати та підвищити комплекс властивостей готового продукту, а отже якість в цілому.

Розроблені рецептури майонезів розширюють асортимент продукції, мають соціальний і виробничий запит, оскільки сприятимуть виготовленню якісних харчових продуктів з заданими властивостями.

Список літератури: 1. *Нечаев П.* Майонезы / *Нечаев П., Кочеткова А., Нестерова И.* – С-Пб.: ГИОРД, 2000. – с. 20–24. 2. *Нечаев А.* Пищевые добавки / *Нечаев А., Кочеткова А., Зайцев А.* // Москва: Колос, 2002. – с. 211–214. 3. *Бахмач В.* Використання рослинних білків під час виробництва майонезів / *Бахмач В., Прутульська Н., Дядечко О.* // Збірник наукових праць КДТЕУ, Київ. 2000 С. 45-47. 4. *Бахмач В.* Дослідження реологічних властивостей харчових гідроколоїдів / *Бахмач В.* // Вісник НТУ ХПІ. Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009 – № 46 – с. 78–80. 5. *Bakhmach V. et al.* Xanthan gum using in the mayonnaise technology producing / *Bakhmach V., Babenko V., Beletsky D.* // The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv, с. 228 6. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p.161-163. 7. *Bakhmach V. et al.* Mayonnaise technology improvement // *Bakhmach V., Vovkodav N.* //The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv, p. 228 8. *Демідов І.М.* Споживчі властивості харчових продуктів / *І.М. Демідов, В.К. Тимченко* // Харків: НТУ ХПІ, 2004. – с. 19–25. 9. *Горшкова Л.* Текстуриные ингредиенты для майонезов и соусов средней и низкой жирности. Пищевые добавки / *Горшкова Л., Петик И., Радченко Л.* // Олійно-жировий комплекс. – Днепропетровск: «Експерт Агро», 2009. –

№2(25). – с. 41-44 10. ДСТУ 4487:2005 «Майонезы. Общие технические условия».

Bibliography (transliterated): 1. *Nechayev P.* Mayonnaise / *Nechayev P., Kochetkova A., Nesterov I.* – S.-Petersburg: GIORD, 2000. - p. 20-24. 2. *Nechaev A.* Food Additives / *Nechayev A., Kochetkov A., Zaitsev A.* // Moscow: Kolos, 2002. – p.211–214. 3. *Bakhmach V.* The use of vegetable proteins in the production of mayonnaise / *Bakhmach V., Prytul'ska V., Dyadachko O.* // Scientific work KDTEU. - Kyiv -2000 p.45-47. 4. *V. Bakhmach* Research rheological properties of food hydrocolloids / *B. Bakhmach* // Vestnik NTU KPI. Scientific works. – Kharkiv: NTU "KPI", 2009 – № 4 – p. 78–80. 5. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p.161-163. 6. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p. 161-163. 7. *Bakhmach V. et al.* Mayonnaise technology improvement // *Bakhmach V., Vovkodav N.* //The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv p. 228 8. *Demidov I.* Consumer properties of food products / *Demidov I., Timchenko V.* // Kharkov: NTU KPI, 2004. – p. 19-25. 9. *Gorshkova L.* Textural Ingredients for mayonnaises and sauces medium and low fat content. Food Additives / *Gorshkova L., Petik I., Radchenko L.* // Oils and fats complex. - Dnepropetrovsk: "Expert Agro", 2009. – №2 (25). – С. 41–44. 10. DSTU 4487: 2005 «Mayonnaise. General technical specifications»

Надійшла (received) 15.07.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бахмач Володимир Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів, м. Київ, тел.: (093) 818-29-09, e-mail: nota_b@i.ua

Бахмач Владимир Александрович – кандидат технических наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, доцент кафедры технологии жиров и парфюмерно-косметических продуктов, г. Киев, тел.: (093) 818-29-09, e-mail: nota_b@i.ua

Bakhmach Vladimir Olexandrovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Food Technologies, docent of fat, perfume and cosmetic technology department, Kyiv, tel.: (093) 818-09-29, e-mail: nota_b@i.ua

Носенко Тамара Тихонівна – кандидат біологічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів, м. Київ, тел.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Носенко Тамара Тихоновна – кандидат биологических наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, доцент кафедры технологии жиров и парфюмерно-косметических продуктов, г. Киев, тел.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Nosenko Tamara Tichonovna – Candidate of Biological Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Food Technologies, docent of fat, perfume and cosmetic technology department, Kyiv, tel.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Березка Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, м. Харків, тел.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

Березка Татьяна Александровна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, г. Харьков, тел.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

Berezka Tetyana Olexandrivna – Ph. D., National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», docent of technology of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

УДК 665.584.2

Л. В. КРИЧКОВСЬКА, В. С. МАРЧЕНКО**ЖИРОВА ОСНОВА ДЛЯ КРЕМ-МИЛА З ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

В статті вивчалась проблема недостатності біологічно активних речовин в ліпідному складі епідермісу сухої шкіри. Проведено аналіз підвищення біологічної цінності олій за рахунок їх купажування. Науково обґрунтовано та розроблено склад купажованої олії – жирової основи, що представляє собою олію підвищеної біологічної цінності, збалансовану за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп, для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Ключові слова: крем-мило, купажовані олії, поліненасичені жирні кислоти, лікувально-профілактичні властивості косметичних засобів, окиснення, антиоксиданти.

Вступ

Одними з головних цілей косметики є: очищення, надання приємного аромату, корекція, захист і збереження шкіри у хорошому стані. Власне крем-мило – це косметичний засіб плинної форми (крему), що містить високоякісні поверхнево-активні речовини і корисні добавки для м'якого очищення, зволоження і усунення неприємного запаху [1].

Як корисні добавки до складу крему-мила може входити жирова сировина, котра має сприятливий вплив на шкіру, тому що дефіцит біологічно активних речовин супроводжується зниженням захисних сил даного органу, що підвищує ризик несприятливого впливу шкідливих факторів навколишнього середовища та загострення різноманітних хронічних захворювань [2, 3].

Багато патологічних процесів, пов'язаних з дисбалансом ліпідного складу епідермісу, що призводять до сухості або лущення шкіри, піддаються корекції за допомогою косметичних кремів. Засоби по догляду за шкірою здатні поповнювати дефіцит ліпідів ззовні [4].

З експериментальних та клінічних робіт відомо, що ряд рослинних олій позитивно впливає на ліпідний обмін в клітинах шкіри [5, 6].

Але склад будь-якої індивідуальної рослинної олії далекий від «ідеального», що забезпечував би людині надходження біологічно активних речовин, зокрема ПНЖК в необхідних кількостях і пропорціях [7, 8].

Олії із заданим складом ПНЖК можна отримати шляхом селекції або генетичної модифікації олійних культур, а також у результаті змішування (купажування) олій різного складу. Останніми роками значно розширився асортимент олій, зокрема, за рахунок рослинних сумішевих (купажованих) олій. У складі подібних купажів використовують як традиційні (соєву, соняшникову, кукурудзяну, оливкову) рослинні олії, так і нетрадиційні (наприклад, льняну) [6, 9].

Розробка купажів рослинних олій, цілеспрямовано збалансованих за складом ПНЖК, а також збагачених біологічно активними речовинами –

антиоксидантами та вітамінами, дозволяє створювати жирові продукти з високою біологічною цінністю, стабільні до окиснювального псування при зберіганні і термічній обробці [10].

Таким чином створення композицій косметичних засобів, зокрема кремів-мил, на основі олій, що містять ряд біологічно активних речовин, які могли б знижувати дефіцит незамінних ліпідів епідермісу, стабілізувати їх від окиснення і таким чином позбавляти шкіру від патологій, зокрема сухості, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Перші дослідження в області технології і характеристики властивостей олій змішаного складу відносяться до 2002 р. Відомими є роботи А. Н. Лисицина, В. Н. Григор'євої, А. П. Нечаєва, А. Н. Скорюкіна, А. А. Кочеткової, В. Г. Лобанова, В. В. Тутельяна, К. Г. Земляка та інших [5–10].

Мета роботи

Метою роботи є обґрунтування складу купажованої олії, що має входити до складу жирової основи крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями. Для реалізації зазначеної мети поставлено такі завдання:

- виявити проблему недостатності біологічно активних речовин в ліпідному складі епідермісу шкіри;

- провести аналіз підвищення біологічної та технологічної цінності олій за рахунок їх купажування;

- обґрунтувати склад купажованої олії для складу жирової основи для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Викладення основного матеріалу

Триацилгліцериди – основна складова жирів, що поступають в шкіру з косметичними засобами і є джерелом жирних кислот, як насичених, так і ненасичених. Згодом з цих жирних кислот в епідермісі будуть синтезовані кераміди, фосфоліпіди і деякі інші сполуки, наприклад, простагландини.

Найчастіше шкіра відчуває дефіцит у так званих незамінних жирних кислотах – лінолевій, α -

ліноленовій і γ -ліноленовій. Лінолева і γ -ліноленова кислоти відносяться до класу ω -6 ненасичених жирних кислот, а α -ліноленова - до ω -3 ненасичених кислот. Комплекс лінолевої, α -ліноленової і арахідонової кислот, що утворюється з лінолевої або надходить в організм з м'ясними продуктами, називається вітаміном F. При дефіциті вітаміну F в організмі, перш за все, страждає шкіра – вона червоніє, лущиться, стає сухою і роздратованою. Пояснюється це тим, що дані жирні кислоти є незамінними будівельними елементами для ліпідних прошарків рогового шару. З них будуються довгі поліненасичені ланцюги жирних кислот, які зшивають ліпідні бішари в багаточарові пласти. При відсутності незамінних жирних кислот ліпідні пласти розпадаються на окремі бішари, які починають переміщатися один щодо одного, утворюючи розриви в захисному шарі. Виходячи з вище сказаного, випливає, що властивості масел і жирів, котрі використовуються для складання рецептур косметичних засобів, залежить від жирнокислотного складу тригліцеридів, котрі містяться в даному жирі чи олії.

З метою створення жирової основи для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями, що буде являти собою купажану олію підвищеної біологічної цінності, обрано три рослинні олії, що мають в своєму складі ряд цінних біологічно активних речовин. Зразки обраних рослинних олій, що досліджувалися, відповідають вимогам нормативно-технічної документації [11, 12].

Рафінована дезодорована соєва олія є базовим компонентом купажованої олії, так як має в своєму складі значну кількість ліноленової ПНЖК (належить до ω -3 групи) [13], що дозволяє отримати продукт, збалансований за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп, при змішуванні з традиційними для українців рослинними оліями (соняшниковою, кукурудзяною). Серед більш поширених олій соєва олія має відносно низьку вартість. В Україні дана олія використовується не так широко, як за кордоном, але є одним з перспективних продуктів олійно-жирової промисловості.

Рафіновану кукурудзяну олію використано у якості другого компоненту купажу з метою додаткового збагачення купажованої олії токоферолами.

В якості останнього компоненту купажу нами було обрано олію з кісточок винограду, що отримано низькотемпературною екстракцією [14]. Даний продукт вважається одним із затребуваних інгредієнтів косметичних та фармацевтичних продуктів. Відомо, що виноградна олія виявляє виражену ранозагоювальну дію, має протизапальні властивості і підвищує резистентність клітин шкіри до дії несприятливих чинників. Дослідження ефективності використання виноградної олії при проведенні косметичних процедур по догляду за шкірою обличчя та тіла показало значне поліпшення стану шкіри, її кольору і еластичності; алергічних

реакцій на виноградну олію при проведенні косметичних процедур не спостерігалось [15, 16].

Показники якості зразків обраних олій представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники якості досліджуваних олій

Показники	Олія		
	соєва	куку- рудзяна	з виног- радних кісточок
1	2	3	4
Прозорість	Прозора без осаду		
Масова частка вологи і летких речовин, %	0,05	0,05	0,15
Мило (кількісна проба)	Відсутність		
Масова частка неомилених речовин, %	Відсутність		0,9
КЧ, мгКОН/г	0,22	0,20	0,5
ПЧ, ммоль ½ О /кг	0,80	0,50	1,5
АЧ, у.о.	3,05	1,20	2,8
Колірне число, мг I ₂	0,30	0,30	0,6

Жирнокислотний склад зразків обраних олій представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Жирнокислотний склад досліджуваних олій

Жирні кислоти	Олія		
	соєва	куку- рудзяна	з виног- радних кісточок
C _{16:0}	10,85±0,01	6,47±0,01	8,4±0,01
C _{16:1}	5,61±0,01	–	–
C _{18:0}	24,09±0,01	3,59±0,01	4,2±0,01
C _{18:1}	1,05±0,01	29,98±0,01	15,2±0,01
C _{18:2}	49,58±0,01	58,83±0,01	71,8±0,01
C _{18:3}	7,72±0,01	0,12±0,01	0,3±0,01
C _{20:0}	0,48±0,01	0,25±0,01	–
C _{20:1}	0,20±0,01	–	–
C _{22:0}	0,42±0,01	0,57±0,01	–
C _{24:0}	–	0,19±0,01	0,1±0,01
Разом	100,00	100,00	100,00

Як видно з даних таблиці 2 тільки у зразках соєвої олії співвідношення ω -6/ ω -3 ПНЖК задовольняє вимогам раціонального складу ПНЖК у продуктах харчування та косметичних продуктах (6,4:1). У зразках кукурудзяної олії дане співвідношення становить 483:1, а у складі зразків олії з виноградних кісточок – 236:1 (ліноленової кислоти практично не виявлено).

Визначено вміст антиоксидантів в обраних оліях (таблиця 3). З даних таблиці 3 видно, що

найвищим вмістом токоферолів серед досліджуваних зразків олій характеризується кукурудзяна олія ($152 \pm 1,8$ мг%).

Масові долі рослинних олій в купажованій олії розраховано з необхідності отримання заданого співвідношення ПНЖК (ω -6: ω -3 = (9–10):1). Результати розрахунку співвідношення компонентів купажованої олії для конкретних зразків олій дали таке рішення: кукурудзяна олія – 25 ± 2 %; соєва олія – 70 ± 2 %; олія з виноградних кісточок – 5 ± 2 %.

Визначення токоферолу в оліях проведено за методом спектрофотометричного аналізу [17].

Таблиця 3 – Антиоксиданти обраних рослинних олій

Біологічно активні речовини	Олія		
	соєва	кукурудзяна	з виноградних кісточок
Токоферолі, мг%	$147 \pm 1,2$	$152 \pm 1,8$	$108 \pm 1,0$

Вміст ненасичених жирних кислот в купажованій олії склав:

олеїнова кислота – $8,9 \pm 0,5$ %;

лінолева кислота – $53,5 \pm 1,0$ %;

ліноленова кислота – $5,4 \pm 0,5$ %,

тобто сумарний вміст ненасичених жирних кислот у купажованій олії – $67,8 \pm 1,0$ %, з них поліненасичених – $58,9 \pm 1,0$ % при співвідношенні ω -6: ω -3 = 10:1.

Стійкість до окиснювального псування сумішей обраних олій визначено за допомогою методу «активного кисню» за величиною періоду індукції зразка, що окиснювався за температури 85 ± 1 °C. На рисунку 1 графічно відображено результати окиснення зразків олій, що досліджувались.

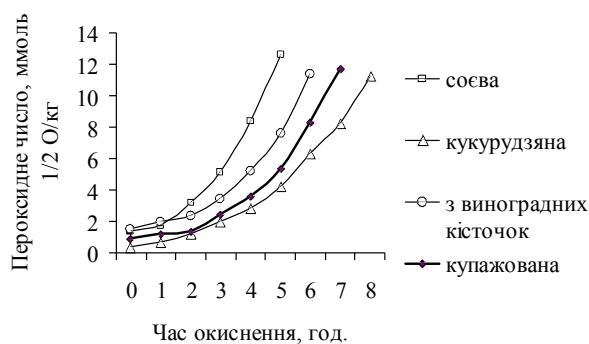


Рис. 1. Динаміка прискореного окиснення досліджуваних олій (соєвої, кукурудзяної, олії з виноградних кісточок) та купажованої олії на їх основі

Як видно з графіків, найвищий період індукції серед досліджуваних олій має кукурудзяна (біля 4,5 годин). Період індукції олії з виноградних кісточок – 4 години.

Найнижчий період індукції виявився у соєвої олії – 2,5 годин.

Стійкість до окиснення купажованої олії розробленого складу, тобто її період індукції має проміжне значення – 3,5 годин.

Висновки

Розроблена купажована олія представляє собою олію підвищеної біологічної цінності, вона збалансована за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп.

Для підвищення окиснювальної стабільності розроблена жирова основа може бути стабілізована антиоксидантами рослинного походження.

Пропонується застосовувати дану олію як жирову основу крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Список літератури: 1. ДСТУ 2472:2006. Продукція парфумерно-косметична. Терміни та визначення понять. [Текст]. – Уперше (зі скасуванням ДСТУ 2472–94) ; введ. 2006–07–01. – К. : УДА «Укрефінпарфюмерпром», 2006. – 66 с. 2. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases [Text] : Report of a joint WHO/FAO expert consultation (Geneva, 28 January – 1 February 2002) / World Health Organization. – WHO technical report series no. 916. – Geneva: WHO, 2003. – 149 p. – ISBN 92 4 120916 X. – ISSN 0512–3054. 3. Скорюкин А.П. Купажированные растительные масла со сбалансированным жирнокислотным составом для здорового питания [Текст] / А.П. Скорюкин, А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. – 2002. – № 2. – С. 26–27. 4. Новая косметология [Текст] / А.А. Марголина, Е. И. Эрнандес, О. Э. Зайкина – М. : Кламель, 2004 – 204 с. 5. Левачев М.М. Развитие исследований в области оценки биологического действия жировой части рационов [Текст] / М.М. Левачев // Теоретические и клинические аспекты науки о питании. – 1986. – Т. VII. – С. 34–44. 6. Lipids in modern nutrition [Text] / Ed. by M. Horisberger and U. Bracco. Nestle nutrition. – N.–Y.: Raven Press. – 1987. – 248 p. 7. Смоляр В.І. Концепція ідеального жирового харчування [Текст] / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2006. – №4, – С. 14–24. 8. Нечаев А.П. Растительные масла функционального назначения [Текст] / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. 2005. – №3. – С.20–21. 9. Кулакова С.Н. Особенности растительных масел и их роль в питании [Текст] / С.Н. Кулакова, В.Г. Байков, В.В. Бессонов, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова // Масложировая промышленность. – 2009. – №3. – С.16–20. 10. Григорьева В.Н., Лисицин А.Н. Смеси растительных масел – биологически полноценные продукты [Текст] / Масложировая промышленность. – 2005. – №1. – С. 15–17. 11. ДСТУ 8808:2003. Олія кукурудзяна. Технічні умови [Текст]. – Введ. 2005–09–15. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2003. – 12 с. 12. ДСТУ 4534:2006. Соєва олія. Технічні умови [Текст]. – Введ. 2008–01–01. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 23 с. 13. Knapp H.R. Physiological and

biochemical effects of ω -3 fatty acids in man [Text] / H.R. Knapp // Essential Fatty Acids and Eicosanoids / Eds A. Sinclair, R. Gibson. – Champaign: AOCS Publications. – 1993. – P. 330–333. **14.** Сравнение состава и качества масел, полученных экстракцией и прессованием семян винограда [Текст] / И.В. Черноусова, Н.В. Сизова // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 129–132. **15.** Исследование свойств виноградного масла, полученного низкотемпературной экстракцией [Текст] / Огай Ю.А., Ткаченко М.Г., Черноусова И.В. // Масложировой комплекс. – 2010. – №3. – С. 54–55. **16.** Масло из косточек винограда – перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции / Е.В. Бокшан, Р.Е. Дармограй // Провизор. – 2000. – №5. – С. 87–91. **17.** ГОСТ 30417–96. Метод определения массовых долей витаминов А и Е [Текст]. – Введ. 2009–01–01. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. – 5 с.

Bibliography (transliterated): **1.** DSTU 2472:2006. Produkcija parfumerno-kosmetichna. Termini ta viznachenja ponjat. [Tekst]. – Upershe (zi skasuvannjam DSTU 2472–94); vved. 2006–07–01. – K. : UDA «Ukrefirparfjumerprom», 2006. – 66 p. **2.** Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases [Text] : Report of a joint WHO/FAO expert consultation (Geneva, 28 January – 1 February 2002) / World Health Organization. – WHO technical report series no. 916. – Geneva: WHO, 2003. – 149 p. – ISBN 92 4 120916 X. – ISSN 0512–3054. **3.** Skorjukin A.P. Kupazhirovanne rastitel'nye masla so sbalansirovannym zhirnokislottym sostavom dlja zdorovogo pitanija [Tekst] / A.P. Skorjukin, A.P. Nechaev, A.A. Kochetkova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2002. – № 2. – P. 26–27. **4.** Novaja kosmetologija [Tekst] / A.A. Margolina, E. I. Jernandes, O. Je. Zajkina – M. : Klavel', 2004 – 204 p. **5.** Levachev M.M. Razvitie issledovanij v oblasti ocenki biologicheskogo dejstvija zhirovoj chasti racionov [Tekst] / M.M. Levachev // Teoreticheskie i klinicheskie aspekty nauki o pitanii. – 1986. – T.VII. – S. 34–44. **6.** Lipids in modern nutrition [Text] / Ed. by M.Horisberger

and U. Bracco. Nestle nutrition. – N.–Y.: Raven Press. – 1987. – 248 p. **7.** Smoljar V.I. Koncepcija ideal'nogo zhirovogo harchuvannja [Tekst] / V. I. Smoljar // Problemi harchuvannja. – 2006. – №4, – P. 14–24. **8.** Nechaev A.P. Rastitel'nye masla funkcional'nogo naznachenija [Tekst] / A.P. Nechaev, A.A. Kochetkova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2005. – №3. – S.20–21. **9.** Kulakova S.N. Osobennosti rastitel'nyh masel i ih rol' v pitanii [Tekst] / S.N. Kulakova, V.G. Bajkov, V.V. Bessonov, A.P. Nechaev, V.V. Tarasova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2009. – №3. – P.16–20. **10.** Grigor'eva V.N., Lisicin A.N. Smesi rastitel'nyh masel – biologicheski polnocennye produkty [Tekst] Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2005. – №1. – P.15–17. **11.** DSTU 8808:2003.Olija kukurudzjana. Tehnichni umovi [Tekst]. – Vved. 2005–09–15. – K. : DP «UkrNDNC», 2003. – 12 p. **12.** DSTU 4534:2006. Soeva olija. Tehnichni umovi [Tekst]. – Vved. 2008–01–01. – K. : DP «UkrNDNC», 2008. – 23 p. **13.** Knapp H.R. Physiological and biochemical effects of ω -3 fatty acids in man [Text] / H.R. Knapp // Essential Fatty Acids and Eicosanoids / Eds A. Sinclair, R. Gibson. – Champaign: AOCS Publications. – 1993. – P. 330–333. **14.** Sravnenie sostava i kachestva masel, poluchennyh jekstrakciej i pressovanem semjan vinograda [Tekst] / I.V. Chernousova, N.V. Sizova // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2011. – № 3. – P. 129–132. **15.** Issledovanie svojstv vinogradnogo masla, poluchennogo nizkotemperaturnoj jekstrakciej [Tekst] / Ogaj Ju.A., Tkachenko M.G., Chernousova I.V. // Maslozhirovoj kompleks. – 2010. – №3. – P. 54–55. **16.** Maslo iz kostocek vinograda – perspektivnoe syr'e dlja farmaceuticheskoj i kosmeticheskoj produkcii / E.V. Bokshan, R.E. Darmograj // Provizor. – 2000. – № 5. – P. 87–91. **17.** GOST 30417–96. Metod opredelenija massovyh dolej vitaminov A i E [Tekst]. – Vved. 2009–01–01. – M.: Mezghosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 2009. – 5 p.

Надійшла (received) 08.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кричківська Лідія Васиївна – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ», м. Харків; тел.: 050-30-197-02; e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua.

Марченко Валерія Сергіївна – аспірант кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ», м. Харків; тел.: 067-57-426-97; e-mail: valerija_marchenko@yahoo.com.

УДК 004.4

Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СВОБОДНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ**

В статье рассмотрено состояние финансирования системы высшего образования Украины. Определены внутренние ресурсы ВУЗов для проведения модернизации учебных лабораторий компьютерных технологий: парка вычислительной техники и программного обеспечения, связанные с переходом на использование в учебном процессе свободного программного обеспечения. Проанализированы преимущества и недостатки предлагаемого подхода. Сделаны выводы относительно экономической целесообразности предлагаемого в настоящей публикации подхода.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

Введение.

Современная экономическая ситуация в Украине сказывается на уровне финансирования системы высшего образования. Так, финансирование Министерства образования Украины сократилось с 25,2 млрд. грн. в 2013 году до 19,7 млрд. грн. в 2015 году [1, 2]. В условиях сокращения финансирования системы высшего образования Украины нарастает необходимость обновления парка устаревшей вычислительной техники и проприетарного программного обеспечения высших учебных заведений, что требует значительных финансовых затрат. Закупка нового программного обеспечения и компьютеров усугубляется тем обстоятельством, что эта продукция является импортной и закупочные цены на неё за последнее время выросли втрое в связи с ростом обменного курса американского доллара, что не в последнюю очередь способствует распространению нелегального (пиратского) программного обеспечения. Так, доля нелегального программного обеспечения в государственных учреждениях Украины составляет по разным оценкам от 60 до 70% [3, 4].

Проблема лицензирования и обновления программного обеспечения.

В связи с окончанием срока лицензированной поддержки Windows XP, прекращением официальной всеобщей поддержки и выпуском обновлений безопасности [5] необходимо осуществить переход на новые версии операционных систем семейства Windows (Windows 7, Windows 8). Новые версии операционных систем и программного обеспечения являются все более требовательными к вычислительным ресурсам компьютера, что непосредственно связано с эмпирическим законом Мура [6].

В соответствии с законом Мура количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца (по другим данным – каждые 18 месяцев), следствием чего является увеличение вычислительных мощностей центрального процессора. Производители программного обеспечения ориентируются на рост вычислительных мощностей современных компьютеров конечных пользователей, что приводит к разработке все более требовательных к ресурсам операционных систем и приложений. Таким образом, обновление операционных систем и программного обеспечения требует обновления парка вычислительной техники. В условиях ограниченности финансирования обычно идут

путём обновления лишь программного обеспечения, обновление же парка вычислительной техники откладывается.

Обновление операционных систем и программного обеспечения приводит к тому, что на морально устаревшие компьютеры устанавливаются современные ресурсоемкие приложения, например, Visual Studio 2013. Такая практика приводит, как указывалось выше, к росту доли пиратского программного обеспечения, а также к значительному увеличению у студентов психологического дискомфорта при работе с ресурсоемкими приложениями на устаревших по вычислительным мощностям компьютерах и пониженным интересом к практическим и лабораторным занятиям, связанным с компьютерными технологиями. Иллюстрацией к утверждению о том, что студенты испытывают дискомфорт при работе с предоставляемыми кафедрой компьютерами и программным обеспечением, может служить следующий факт. От двух до пяти студентов в каждой академической группы предпочитают использовать во время занятий собственные ноутбуки, мотивируя это тем, что предоставляемые кафедрой компьютеры и программное обеспечение работают "слишком медленно".

Решение проблемы.

Выходом из положения является внедрение на рабочем месте студента свободного программного обеспечения (СПО). СПО представляет собой программный продукт, пользователи которого имеют право на неограниченную его установку, использование, изучение, распространение и изменение. Как правило, СПО является бесплатным и значительно менее требовательным к вычислительным мощностям и оборудованию компьютера.

Альтернативой операционной системы Windows 8 могут быть свободно распространяемые операционные системы семейства GNU/Linux, например, Debian 8.0, цены и условия лицензирования которых приведены в табл. 1.

Данные, представленные в табл. 1 свидетельствуют об экономической целесообразности использования свободных операционных для рабочих мест студентов в компьютерных классах. Экономия финансовых средств составит 35 880,00 грн. для 12-ти компьютеров компьютерного класса.

Таблиця 1 – Умовия ліцензування и цены операционных системам

Наименование операционной системы	Тип лицензии	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерного класса (12 компьютеров)
Windows 8.1	Проприетарная [7]	2 990,00 [9]	35 880,00
Debian 8.0	Свободная (DFSG) [8]	0,00	0,00

В табл. 2 приведены минимальные и рекомендуемые системные требования к Windows 8 и Debian 8.0.

Как показано в табл. 2, системные требования к операционной системе Debian 8.0 ниже, чем для Windows 8.1. Необходимо отметить, что системные требования к ОС Debian 8.0 сильно варьируют в зависимости от выбора окружения рабочего стола, что

Таблиця 2 – Системные требования к операционным системам

Наименование операционной системы	Системные требования [10, 11]	
	Минимальные	Рекомендуемые
Windows 8.1	ОЗУ: 1 ГБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 16 ГБ	ОЗУ: 2 ГБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 20 ГБ
Debian 8.0	ОЗУ: 128 МБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 5 ГБ	ОЗУ: 512 МБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 5 ГБ

Основные системные требования окружений рабочих столов операционных системах GNU/Linux представлены в табл. 3. Как видно из данных, приведенных в табл. 3, ОС Debian 8.0 может быть установлена на недорогой компьютер, оснащенный 512 МБ ОЗУ и процессором с тактовой частотой от 500 до 1000 МГц.

Сложности, связанные с внедрением СПО.

Несмотря на приведенные выше несомненные преимущества использования свободных операционных систем для организации рабочего места студента, существуют обстоятельства, осложняющие внедрение СПО. К таким обстоятельствам относится необходимость поиска альтернативных пакетов прикладных программ, если таковые не являются кроссплатформенными и не обладают в достаточной для проведения занятий мере развитым веб-интерфейсом. К таким пакетам прикладных программ могут быть отнесены Microsoft Office 2013, Visual Studio Professional 2013, Mathcad и прочие, которые не разрабатываются для ОС семейства GNU/Linux.

Хотя приведенные пакеты прикладных программ имеют кроссплатформенно свободно распространяемые альтернативы, но их внедрение в учебный процесс связан с необходимостью переобучения преподавательского состава, а также разработкой новых учебных программ, адаптацией существующих учебных программ к новому программному обеспечению.

К факторам, осложняющим внедрение СПО следует отнести также отсутствие системного централизованного государственного подхода к решению данной проблемы на уровне государственных

показано в табл. 3. Снижение системных требований способствует более "отзывчивому" графическому интерфейсу пользователя, а равные по системным требованиям приложения будут выполняться быстрее в среде менее ресурсоемких операционных систем.

Производительность операционной системы также определяется легковесностью окружения рабочего стола. В то время как в ОС Windows 8.1 не существует альтернатив ресурсоемкому окружению рабочего стола Metro, ориентированному для использования на планшетных персональных компьютерах, в операционных системах GNU/Linux представлен широкий выбор окружений рабочего стола, отличающихся системными требованиями, имеющих классический интерфейс и все знакомые пользователю элементы, такие как рабочий стол, панель задач, и системный лоток [12].

программ и системы ГОСТов относительно электронного документооборота.

Таблиця 3 – Системные требования окружений рабочих столов

Наименование окружения рабочего стола	Системные требования	
	Размер ОЗУ	Тактовая частота процессора
GNOME	768 МБ	400 МГц
Unity	1 ГБ	1 ГГц
Cinnamon	512 МБ	1 ГГц
MATE	512 МБ	800 МГц
KDE	615 МБ	1 ГГц
Xfce	192 МБ	300 МГц
LXDE	128 МБ	266 МГц
Enlightenment	64 МБ	200 МГц
Razor-qt	192 МБ	300 МГц

Хотя государственный комитет связи и информатизации Украины в 2010 году готовил программу использования в органах госвласти программного обеспечения с открытым кодом, которая могла бы решить проблему нелегального программного обеспечения в госорганах и системе высшего образования Украины, а также сэкономить на закупке программного обеспечения от перехода госаппарата на открытое ПО до 87% бюджетных средств [13]. Но данная программа была полностью провалена уже в конце 2014 года [14].

Международный опыт внедрения СПО. Существующие сложности внедрения свободных операционных систем и СПО не являются критическими

и непреодолимыми. Так, например, в Германии около 40% учебных заведений используют GNU/Linux (университеты, школы), в Испании более чем 400 тыс. компьютерных систем учебных заведений используют GNU/Linux, ВУЗы Швейцарии также активно используют в образовательном процессе GNU/Linux [15]. Свободное программное обеспечение широко внедрено и используется как при обучении специалистов в области информационных технологий, так и при информационной подготовке специалистов различного направления в ряде университетов Российской Федерации, таких как Московский государственный университет (МГУ), Удмуртский государственный университет (УдГУ), Санкт-Петербургский торгово-экономический институт (СПбТЭИ), Томский государственный педагогический университет (ТПУ), Университет города Переславля, Южный федеральный университет (ЮФУ), Елецкий государственный университет (ЕГУ) [16].

Выводы. Таким образом, показаны внутренние ресурсы высших учебных заведений Украины, использование которых позволяет модернизировать парк компьютерной техники в лабораториях информационных технологий и на рабочих местах студентов, а также обновить программное обеспечение. Предложенный подход имеет положительным экономическим эффект от внедрения свободного программного обеспечения в системе высшего образования Украины и подтверждается положительным отечественным и международным опытом.

Список литературы: 1. *Экономика – Финансы*. Все на армию, образование не приоритет: кому урежут бюджет -2015 / *Экономика–Финансы*, 25 декабря 2014. – Режим доступа: <http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjuzhjet--2015>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 2. *Дарья Марчак*. В бюджете-2013 депутаты тайком увеличили расходы на себя, Кабмин и милицию / *Дарья Марчак* // Государство - Forbes Украина, 11 декабря 2012. – Режим доступа: <http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvlechili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 3. *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*. Microsoft: в госорганах Украины пиратского ПО — 70% / *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*, 26 декабря 2014. – Режим доступа: <http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganakh-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 4. *microsoft.com*. Статистика и вред пиратства / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 5. *microsoft.com*. Оканчивается поддержка для Windows XP / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows/end-support-help>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 6. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Moore's law / *Wikipedia, the free encyclopedia*, 13 мая 2015. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law. – Дата обращения: 17 мая 2015. 7. *microsoft.com*. Microsoft Volume Licensing – Windows 8.1 / *microsoft.com*. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/windows8-1.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 8. *debian.org*. Debian -- License information / *debian.org*. – Режим доступа: <https://www.debian.org/legal/licenses/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 9. *Magazin Microsoft Ukraine*. Windows 8.1 / *Magazin Microsoft Ukraine*. – Режим доступа: www.microsoftstore.com/store/msmea/uk-UA/pdp/productID.28880100. Дата обращения: 17 мая 2015. 10. *microsoft.com*. System requirements - Microsoft Windows / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://windows.microsoft.com/is-IS/windows-8/system-requirements>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 11. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Debian / *Wikipedia, the free encyclopedia*, 5 мая 2015. – Режим до-

ступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Debian#Hardware_requirements. – Дата обращения: 17 мая 2015. 12. *Charles E. Craig, Jr.*. Desktop Environments for Linux / *Charles E. Craig, Jr.*. – Режим доступа: <https://renewablepcs.wordpress.com/about-linux/kde-gnome-or-xfce/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 13. *Информгентство "Українські новини"*. Украина создаст государственный Linux / *Информгентство "Українські новини"*, 31 августа 2010. – Режим доступа: <http://ukranews.com/news/25919.---ru>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 14. *Stas Yurasov*. Украина провалила программу перехода на альтернативный софт / *Stas Yurasov, Viktoriya Vlasenko* // Деловой портал «Капитал». Бизнес начинается с Капитала, 5 декабря 2014. – Режим доступа: <http://www.capital.ua/ru/publication/36180-ukraina-provalila-programmu-perekhoda-na-alternativnyy-soft>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 15. *ualinux.com*. Кто использует Linux и СПО? / *ualinux.com*. – Режим доступа: <https://ualinux.com/en/use-linux>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 16. *Алексеев Е. П.* Использование свободного программного обеспечения в университетах и исследовательских учреждениях Российской Федерации / *Е.П. Алексеев, В.Н. Брагилевский* // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції FOSS Lviv 2012, 26-28 квітня 2012 р. : Тези допов. – Львів : 2012. – С. 5.

Bibliography (transliterated): 1. *Ekonomika — Finansy*. Vse na armiyu, obrazovaniye ne prioritet: komu urezhut byudzhjet 2015. *Ekono-mika–Finansy*, 30 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjuzhjet--2015>>. 2. *Dar'ya Marchak*. V byudzhet-2013 deputaty tajkom uvlechili rashody na sebya, Kabmin i militsiyu. *Gosudarstvo - Forbes Ukraina*, 11 December 2012. Web. 08 May 2015 <<http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvlechili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>>. 3. *IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina*. Microsoft: v gosorganakh Ukrainy piratskogo PO — 70%. *IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina*, 26 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganakh-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>>. 4. *microsoft.com*. Statistika i vred piratstva. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>>. 5. *microsoft.com*. Okanchivayetsya podderzhka dlya Windows XP. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows/end-support-help>>. 6. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Moore's law. *Wikipedia, the free encyclopedia*, 13 May 2015. Web. 17 May 2015 <https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law>. 7. *microsoft.com*. Microsoft Volume Licensing – Windows 8.1. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/windows8-1.aspx>>. 8. *debian.org*. Debian -- License information. *debian.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.debian.org/legal/licenses/>>. 9. *Magazin Microsoft Ukraine*. Windows 8.1. *Magazin Microsoft Ukraine*. Web. 17 May 2015 <<http://www.microsoftstore.com/store/msmea/uk-UA/pdp/productID.288801000>>. 10. *microsoft.com*. System requirements - Microsoft Windows. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<http://windows.microsoft.com/is-IS/windows-8/system-requirements>>. 11. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Debian. *Wikipedia, the free encyclopedia*, 5 May 2015. Web. 17 May 2015 <http://en.wikipedia.org/wiki/Debian#Hardware_requirements>. 12. *Charles E. Craig, Jr.*. Desktop Environments for Linux. *Charles E. Craig, Jr.*. Web. 17 May 2015 <<https://renewablepcs.wordpress.com/about-linux/kde-gnome-or-xfce/>>. 13. *Informagentstvo "Ukrainski novini"*. Ukraina sozdat gosudarstvennyy Linux. *Informagentstvo "Ukrainski novini"*, 31 August 2010. Web. 17 May 2015 <<http://ukranews.com/news/25919.---ru>>. 14. *Stas Yurasov, Viktoriya Vlasenko*. Ukraina provalila programmu perekhoda na al'ternativnyy soft. *Delovoy portal «Kapital»*. *Biznes nachinayetsya s Kapitala*, 5 December 2014. Web. 17 May 2015 <<http://www.capital.ua/ru/publication/36180-ukraina-provalila-programmu-perekhoda-na-alternativnyy-soft>>. 15. *ualinux.com*. Кто использует Linux и СПО? / *ualinux.com*. Web. 17 May 2015 <<https://ualinux.com/en/use-linux>>. 16. *Alekseyev Ye. R., V.N. Bragilevskiy*. "Ispolzovaniye svobodnogo programmnogo obespecheniya v universitetakh i issledovatel'skikh uchrezhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii". *Materiali drugoi mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii FOSS Lviv 2012*, 26-28 kvitnya 2012 : Tezi dopov. L'viv : 2012. 5. Print.

Поступила (received) 01.09.2015

Краснокутский Евгений Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.

УДК 664.36

Т. В. МАТВЄЄВА

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОЛІЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) надзвичайно важливі для здоров'я людини. Організм людини не в змозі самостійно виробляти ці кислоти. Вони потрапляють до організму з їжею. Однак не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами. В статті здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової (АК), ейкозапентаєнової, γ -ліноленої, лінолевої та інших з доступної вітчизняної сировини з метою подальшого їх використання у харчовій, косметичній, фармацевтичній та хімічній галузях.

Ключові слова: поліненасичені жирні кислоти, «незамінні» жирні кислоти, *Mortierella alpina*, арахідонова кислота, технологія, гідроліз, біоконверсія, трансформація.

Постановка проблеми. Отримання достатньої кількості ω -6 і ω -3 ПНЖК («незамінних» або есенціальних) дуже важливо для нормального психічного стану, працездатності та бадьорості людини. Найважливішими ПНЖК є ліолева (ω -6), ліоленова (ω -3) та арахідонова (ω -6) кислоти. Комплекс цих ПНЖК кислот ще називають вітаміном *F*. Вони впливають на ріст, формування і функціонування кровоносних судин, нервової системи, розвиток залоз, зволоженість шкіри та загальний фізичний стан. Однак організм людини не в змозі самостійно виробляти ці необхідні для його здоров'я – ліолеву та ліоленову кислоти, а тому потрібно забезпечити їх отримання з їжею, наприклад збалансованими за жирнокислотним складом купажеваними оліями. В організмі людини з ліолевої кислоти при наявності вітаміну *B*₆ і токоферолу утворюється арахідонова кислота (АК), яка входить до складу фосфоліпідів – основи клітинних мембран. Найбільша кількість її виявляється в мозку та м'язах. Крім того, АК як запальний медіатор бере участь у передачі клітинних сигналів. На початковому етапі еволюції людства співвідношення між ЖК групи ω -6 і ω -3 у харчуванні дорослої людини становило близько 1 : 1 – 4 : 1. В даний час воно становить 25 : 1. Така зміна оптимальної пропорції між незамінними ЖК у харчовому раціоні людини не може не позначитися на його (людини) здоров'ї [1]. Слід відмітити, що не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами (ранній вік, хвороба, непереносимість харчового продукту та ін.) і тоді потрібно вдаватися до використання фармпрепаратів або біологічно активних добавок. А для їх одержання потрібні індивідуальні ПНЖК.

Основними сферами застосування індивідуальних ПНЖК є не тільки фармакологічна та харчова галузі, але і косметична, сільське господарство. Прикладом використання індивідуальних «незамінних» ЖК у харчовій галузі може бути одержання молочних сумішей для дітей першого року життя. Основна задача, яка поставлена перед виробниками дитячих молочних сумішей – максимально наблизити жирнокислотний склад свого продукту до складу жіночого молока, оскільки коров'яче молоко містить істотно менше незамінних ПНЖК, ніж жіноче. Важливим при цьому є забезпечення достатнього рівня ліоле-

вої кислоти (4000 – 8000 мг/л), оптимального співвідношення між ω -6 і ω -3 ПНЖК, яке становить в жіночому молоці 10 : 1 – 7 : 1, і оптимального співвідношення вітаміну *E* та ПНЖК [2 – 4]. Порухення цих вимог неминує приведе до суттєвих порушень метаболізму, оскільки і ω -6 (ліолева і арахідонова), і ω -3 ЖК (ліоленова, докозагексаєнової і ейкозапентаєнової), що є есенціальними для людини і особливо для дітей раннього віку, виконують ряд ключових функцій в організмі [5, 6]. При цьому важливий саме оптимальний рівень цих кислот у продукті, оскільки їх надлишок або зниження співвідношення між вітаміном *E* – основним антиоксидантом – і кількістю ПНЖК в заміниках може привести до несприятливих наслідків і, насамперед, до посилення окиснення ліпідів, а порушення співвідношення між ω -6 і ω -3 ЖК в суміші супроводжується зміною співвідношення в організмі дитини різних класів ейкозаноїдів, що грають важливу роль в регуляції різних фізіологічних реакцій [5 – 8]. Для забезпечення адекватного вмісту в заміниках жіночого молока ω -3 ЖК раніше до складу продуктів вводили соєву олію, що містить до 10 % γ -ліноленої кислоти – метаболічної попередниці ейкозапентаєнової і докозагексаєнової ЖК. Однак пізніше було встановлено, що організм дітей перших тижнів життя і особливо недоношених дітей не здатний утворювати ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти з ліноленої кислоти внаслідок ще незрілості ферментативної системи, що каталізує цю реакцію. До того ж, на сьогоднішній день соєву олію віднесено до алергенних продуктів. Тому вченими розроблено заміники жіночого молока, що містять ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти, джерелом яких служать препарати очищеного риб'ячого жиру або олії одноклітинних водоростей – *Cryptocodinium cohnii*, а також арахідонову кислоту, джерелом якої найчастіше є олія одноклітинних грибів – *Mortierella alpina* [7]. При цьому вельми істотним є забезпечення правильного співвідношення в сумішах довго ланцюгових ПНЖК ω -6 і ω -3 сімейства – арахідонової (20 : 4 ω -6), докозагексаєнової (22 : 6 ω -3), ейкозапентаєнової (20 : 5 ω -3), особливо враховуючи дані про можливий несприятливий вплив надлишку ейкозапентаєнової кислоти на ріст дітей [9].

У сільському господарстві індивідуальні ПНЖК

застосовують у вигляді їх етилових естерів, які використовують для росту, розвитку і підвищення врожайності ярої пшениці, а також для придушення життєдіяльності патогенів, що вражають наземну та кореневу частину рослин хворобами. З'ясовано, що в концентраціях 10^{-4} і 10^{-5} г/л отриманий препарат має стимулюючий вплив на ріст ярої пшениці і у всіх випробуваних концентраціях (10^{-5} – 10^{-2} г/л) викликає активізацію захисних сил рослини від фітопатогенів, що викликають борошнисту росу, септоріоз або кореневу гниль [10]. Дослідженнями препарату етилових ефірів ПНЖК, що містять близько 65 % етилового ефіру АК, встановлено, що обробка насіння гірчиці водним розчином, що містить етиловий ефір АК в концентрації $1,2 \cdot 10^{-7}$ г/л, стимулює швидкість їх проростання, збільшує їх схожість і довжину паростків порівняно з контролем. Крім того, даний препарат здатен в низьких концентраціях індукувати стійкість картоплі до фітопатогенів [11].

У зв'язку з вище наведеним та враховуючи високий рівень розвитку сільськогосподарства в Україні, удосконалення існуючих та створення нових ефективних вітчизняних технологій отримання індивідуальних ПНЖК для використання у виробництві фармпрепаратів, косметичної та харчової продукції, стимуляторів росту рослин, є на даний час актуальним.

Мета роботи. Метою роботи є здійснення аналізу науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової, лінолевої та інших кислот з доступної вітчизняної сировини для подальшого їх використання у фармацевтичній, косметичній, харчовій та хімічній галузях.

Сучасний стан проблеми. На даний час технологія одержання вищих ЖК з жирової сировини (хімічний гідроліз жирів) заснована на використанні високих температур (200 – 250 °C) і тисків (4 МПа), що призводить до великих енергозатрат і як наслідок – високої вартості кінцевого продукту – жирних кислот [12]. До того ж, у таких жорстких умовах ненасичені ЖК розпадаються, утворюють небажані полімери, кетони й вуглеводні [13].

Існує ферментний гідроліз з використанням, наприклад, неселективної ліпази, яка отримана з *Candida cylindracea* (*Candida rugosa*) або *Pseudomonas sp.*, що дозволяє реалізувати альтернативний процес для виробництва ЖК у м'яких умовах. Однак при використанні даних ліпаз ведеться відщеплення ЖК у всіх трьох положеннях гліцеринової основи, як і у випадку хімічного гідролізу [13], а значить другим етапом ферментного гідролізу повинна стати дистиляція одержаної суміші ЖК, яку проводять в вакуумі, а це може призвести до перегрівання ненасичених зв'язків та втраті їх біологічної активності. До того ж вартість кінцевого продукту (ПНЖК) збільшується.

Як вихідну жирову сировину для хімічного або ферментативного гідролізу використовують різні жири та олії, але для одержання індивідуальних ПНЖК бажано використовувати жири, що багаті на ці ненасичені жирні кислоти, наприклад, риб'ячий

жир. Але вироблений в Україні риб'ячий жир має низьку якість, а імпортований – високу ціну, яка звичайно буде впливати на вартість отриманих ПНЖК.

Основним джерелом отримання індивідуальної АК на сьогодні є ліпідні екстракти з печінки свиней та інших органів тварин, що робить їх великомасштабне виробництво неефективним (вміст АК складає не більше 0,2 % в перерахунку на суху масу) [14].

Протягом останніх двадцяти років значні успіхи були досягнуті в області біотехнологічного отримання АК за допомогою нижчих грибів і морських водоростей, які в ряді випадків дозволили здійснити її промислове виробництво [14].

Перспективним способом одержання ПНЖК, згідно робіт вчених Уфимського державного нафтового технічного університету, є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella* [14 – 22]. Ефективним продуцентом ПНЖК є штам *Mortierella alpina 18-1*, який синтезує на рідкому глюкозо-картопляному середовищі до 42 % ліпідів, 56 % з яких є арахідоновою кислотою. Вихід арахідонової кислоти можна збільшити до 63,6 – 68,7 %, якщо середовище замінити на вівсяне з додаванням 1 % гліцерину та 0,01 % $ZnSO_4$ або $MgSO_4$. Зі збільшенням концентрації гліцерину прискорюється процес ліпидоутворення, однак ріст грибу при цьому значно інгібується [15]. В роботі [16] одержано мутанти фікоміцету *Mortierella alpina 18-1*, які здатні більш ефективно рости на середовищах з підвищеним вмістом гліцерину. В даному випадку використано гліцерин, що отримано як побічний продукт при синтезі метилових ефірів жирних кислот (виробництво біодизеля). Найбільш ефективно проявив себе гриб *Mortierella alpina GP-1*. Методом хроматомаспектроскопії метилових ефірів жирних кислот ліпідів грибу *Mortierella alpina GP-1* виявлені наступні кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова (15 %), лінолева (17 %), γ -ліноленова (5 %), арахідонова (65 %). Російськими біотехнологами трансформацією лляної олії за допомогою штамів *Mortierella alpina 18-1* та його галорезистентного мутанта *Mortierella alpina XH-1* [17, 18], які вирощені на вівсяному середовищі з гліцерином, одержано ейкозапентаєнову кислоту. *Shimizu S.* та ін. проведено біоконверсію кунжутної та трансформацію лляної олії з використанням штаму *Mortierella alpina 1S-4*, що дозволило синтезувати дігомо- γ -ліноленову кислоту та ейкозапентаєнову кислоту, відповідно [23, 24]. В роботі [19] вченими досліджена можливість одержання ліпідів, що збагачені цінними ПНЖК, шляхом конвертації кукурудзяної олії за допомогою міцелій *Mortierella alpina GP-1*, які одержано на 8, 10 та 13 добу. Встановлено, що найбільш ефективно субстрат трансформується міцелієм, який одержано на 13 добу. Внесення олії вдруге на 16 добу дозволило додатково збільшити вихід грибних ліпідів.

Особливий інтерес викликає біоконверсія малоцінних або відпрацьованих олій, жирів та побічних продуктів олієжирового виробництва в грибний жир. В роботі [20] досліджена можливість використання тваринних (курячого, свинячого) та кулінарного жи-

рів для одержання ПНЖК за допомогою фікоміцетів. Однак результати дослідження показали, що кулінарний та тваринні жири у складі поживного середовища для культивування грибу *Mortierella alpina* GP-1 стимулює ріст та накопичення ліпідів, але при цьому знижує вміст арахідонової кислоти.

В роботі [21] розглянута можливість використання грибу *Mortierella alpina* GP-1 для синтезування ліпідів з високим вмістом арахідонової кислоти на середовищах, що вміщують різні відходи виробництва соняшникової олії, зокрема гідрофуз, шрот, лузга, жирні кислоти. Показано, що найбільш активно гриб росте на вівсяному середовищі з додаванням 1 % гідрофуза, а також на гліцериновміщуючому середовищі з сумішшю вівсяної крупи і шроту (1 : 1), накопичуючи до 25–27 % ліпідів, що містять 63–65 % арахідонової кислоти (від суми жирних кислот). Використання лушпиння для отримання арахідонової кислоти виявилось неможливим через відсутність у гриба ферментів, необхідних для розщеплення лігноцелюлози. Застосування жирних кислот в якості компонента ростового субстрату обмежується їх інгібуючою дією на ріст продуцента.

Можливість використання соапстоку – побічного продукту виробництва рафінованої соняшникової олії для одержання ліпідів, що вміщують ПНЖК, за допомогою мікроорганізмів, розглянута в [22]. Встановлено, що гриб *Mortierella alpina* GP-1 – продуцент арахідонової кислоти здатний рости на вівсяному середовищі з додаванням Na_2SO_4 (0,12 %) в присутності 0,5–2 % соапстоку з вмістом сухих речовин ~ 50 %. Кількість АК в ліпідах грибу, що отримано на середовищі з 0,5–1 % соапстоку досягає 56 %. При більш високих концентраціях соапстоку у середовищі (2–4 %) відбувається розвиток повітряного міцелію грибу та формування міцного субстратного міцелію, який містить ліпіди з низьким вмістом АК (~ 5 % від суми ЖК).

Висновки. В результаті роботи здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової лінолевої та інших кислот. Встановлено, що індивідуальні ПНЖК можна отримувати різними технологіями, зокрема хімічним або ферментативним гідролізом з подальшою дистиляцією жирних кислот. Але ці методи є багатостадійними та енергоємними. Крім того для даних технологій потрібна вихідна сировина високої якості, яка на даний час в Україні відсутня. Перспективним способом одержання ПНЖК є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella*. Використання побічних продуктів переробки олієжирової сировини для одержання індивідуальних ПНЖК надасть можливість знизити вартість кінцевого продукту, що в майбутньому зробить дану технологію конкурентоспроможною в порівнянні з іншими.

Список літератури: 1. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 36 с.

2. Тутельян В. А. Детское питание. Руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. – М.: Медицинское информационное агентство, 2009. – 968 с.
3. Fomon S. J. Nutrition of normal infants / ed. by S. J. Fomon – Mosby, 1993. – 420 p.
4. Коня И. Я. Руководство по детскому питанию // под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня – М.: Медицинское информационное агентство, 2004. – С. 52–170.
5. Ziegler E. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition / ed by E. Ziegler, L. J. Filer. – Washington: ILSI Press, 1996. – P. 58–67.
6. Carlsson S. E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood / S. E. Carlsson // Annals of Nestle. – 1997. – V. 55, № 2. – P. 52–62.
7. Шилина Н. М. Современные представления о физиологических и метаболических функциях полиненасыщенных жирных кислот / Н. М. Шилина, И. Я. Коня // Вопросы детской диетологии. – 2004. – Т. 2, № 6. – С. 25–30.
8. Шилина Н. М. Современные представления о биологической роли цинка и меди в питании детей первого года жизни / Н. М. Шилина // Вопросы детской диетологии. – 2006. – Т. 4, № 3. – С. 42–45.
9. Коня И. Я. Современные представления о составе адаптированных молочных смесей и перспективах их совершенствования / И. Я. Коня, Л. С. Коновалова, Т. В. Абрамова // Лечащий врач. – 2011. – №8. – С. 28–30.
10. Рахимова Г. М. Влияние производных полиненасыщенных жирных кислот гриба – продуцента арахиноновой кислоты на рост и развитие пшеницы сорта «ОМСКАЯ-36» / Г. М. Рахимова, Р. Ф. Исаев, Л. Х. Халимова, А. А. Шареева, Ю. Р. Галиуллина, О. В. Радцева // Башкирский химический журнал. – 2014. – №2. – С. 74–78.
11. Петухова Н. И. Стимулирование роста и антистрессовой устойчивости растений с помощью производных полиненасыщенных липидов гриба *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, О. В. Ландер, Д. В. Щербакова, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2013. – №1. – С. 75–78.
12. Арутюнян Н. С. Технология переработки жиров / Н. С. Арутюнян, Е. А. Аршинева, Л. И. Янова и др.; под ред. Н. С. Арутюняна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
13. Гладкий Ф. Ф. Технология модифицированных жиров / Ф. Ф. Гладкий, В. К. Тимченко, I. М. Демидов та ін. – Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 214 с.
14. Рахматуллина Ю. Р. Разработка метода получения полиненасыщенных жирных кислот: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 03.00.23 / Рахматуллина Ю. Р. – Казань, 2007. – 20 с.
15. Петухова Н. И. Исследование корреляции ТТХ-редуктазной активности с содержанием арахиноновой кислоты в липидах гриба *Mortierella alpina* 18-1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, Я. Р. Якутова, Л. В. Спирихин, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2006. – №1. – С. 95–97.
16. Петухова Н. И. Синтез полиненасыщенных жирных кислот глицеринустойчивым мутантом *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Митягина, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2010. – №5. – С. 50–52.
17. Петухова Н. И. Биотрансформация льняного масла в липиды, обогащенные эйкозапентаеновой кислотой / Н. И. Петухова, Л. Я. Калимуллина, Ю. Р. Сюндюкова, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2008. – №1. – С. 19–21.
18. Петухова Н. И. Исследование синтеза полиненасыщенных жирных кислот галорезистентным грибом *Mortierella alpina* ХН1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, С. Н. Пантелеева, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2007. – №1. – С. 141–144.
19. Петухова Н. И. Исследование биоконверсии кукурузного масла в полиненасыщенные грибные липиды с помощью фикомицета *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Хузина, О. В. Ландер, В. В. Зорин // Башкирский химический журнал. – 2009. – №4. – С. 83–85.
20. Петухова Н. И. Ис-

следование влияния кулинарного жира и животных жиров на рост и липидообразование продуцента арахидоновой кислоты / *Н. И. Петухова, А. В. Митягина, О. В. Ландер, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2010. – №5. – С. 25 – 27. **21.** *Петухова Н. И.* Исследование роста и липидообразования гриба *Mortierella alpina* ГР-1 – продуцента арахидоновой кислоты на отходах производства подсолнечного масла / *Н. И. Петухова, А. А. Шараева, А. Н. Шакиров, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2013. – №3. – С. 74 – 79. **22.** *Шараева А. А.* Влияние соапстока на рост и синтез арахидоновой кислоты гриба *Mortierella alpina* ГР-1 / *А. А. Шараева, Н. И. Петухова, Д. В. Щербаклова, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2014. – №1. – С. 49 – 53. **23.** *Shimizu S.* Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid / *S. Shimizu, H. Kawashima, K. Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada* // J. Am. Chem. Soc. – 1989. – V. 66. – P. 342 – 347. **24.** *Shimizu S.* Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature / *S. Shimizu, Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 1989. – V. 32. – P. 1 – 4.

Bibliography (transliterated): 1. Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.1915 – 04. Rekomenduemye urovni potrebleniya pischevyyih i biologicheskii aktivnyih veshchestv. Moskva. 2004. Print. **2.** Tutelyan, V. A., I. Ya. Konya. Detskoe pitaniye. Rukovodstvo dlya vrachev. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2009. Print. **3.** Fomon, S. J. Nutrition of normal infants. Mosby. 1993. Print. **4.** Kon, I. Ya., V. A. Tutelyan. Rukovodstvo po detskomu pitaniyu. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2004. 52 – 170. Print. **5.** Ziegler, E., L. J. Filer. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition. Washington: ILSI Press. 1996. 58 – 67. Print. **6.** Carlsson, S. E. «Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood». *Annales of Nestle*. Vol. 55. No 2. 1997. 52 – 62. Print. **7.** Shilina, N. M., I. Ya. Kon «Sovremennyye predstavleniya o fiziologicheskikh i metabolicheskikh funktsiyah polinenasyischennyih zhirnyih kislot». *Voprosy detskoj dietologii*. Vol. 2. No 6. 2004. 25 – 30. Print. **8.** Shilina, N. M. «Sovremennyye predstavleniya o biologicheskoy roli tsinka i medi v pitanii detey pervogo goda zhizni». *Voprosy detskoj dietologii*. Vol. 4. No 3. 2006. 42 – 45. Print. **9.** Kon, I. Ya. L. S. Konovalova, T. V. Abramova «Sovremennyye predstavleniya o sostave adaptirovannyih molochnyih smesey i perspektivah ih sovershenstvovaniya». *Lechaschiy vrach*. No 8. 2011. 28 – 30. Print. **10.** Rahimova, G. M., R. F. Isaev, L. H. Halimova, A. A. Sharaeva, Yu. R. Galiullina, O. V. Radtseva. «Vliyanie proizvodnyih polinenasyischennyih zhirnyih kislot griba – produtsenta arahidonovoy kisloty na rost i razvitie pshenitsyi sorta «OMSKAYa-36»». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 2. 2014. 74 – 78. Print. **11.** *Petuhova, N. I., O. V. Lander, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Stimulirovaniye rosta i

antistressovoy ustoychivosti rasteniy s pomoschyu proizvodnyih polinenasyischennyih lipidov griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 1. 2013. 75 – 78. Print. **12.** Arutyunyan, N. S., E. A. Arisheva, L. I. Yanova. *Tehnologiya pererabotki zhirov*. Moskva: Agropromizdat. 1985. Print. **13.** Gladkiy, F. F., V. K. Timchenko, I. M. Demidov ta in. *Tehnologiya modiflkovanih zhiriv*. Kharkiv: Pidruchnik NTU «HPI». 2014. Print. **14.** Rahmatullina, Yu. R. *Razrabotka metoda polucheniya polinenasyischennyih zhirnyih kislot: avtoref. dis... na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk: spets. 03.00.23 / Rahmatullina Yu. R.* Kazan. 2007. Print. **15.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, Ya. R. Yahutova, L. V. Spirihin, V. V. Zorin.* «Issledovanie korrelyatsii TTH-reduktaznoy aktivnosti s soderzhaniam arahidonovoy kisloty v lipidah griba *Mortierella alpina* 18-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 1. 2006. 95 – 97. Print. **16.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, V. V. Zorin.* «Sintez polinenasyischennyih zhirnyih kislot glitserinustoychivym mutantom *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 5. 2010. 50 – 52. Print. **17.** *Petuhova, N. I., L. Ya. Kalimullina, Yu. R. Syundyukova, V. V. Zorin.* «Biotransformatsiya lnyanogo masla v lipidy, obogaschennyye eykozapentaenovoy kislotoy». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 1. 2008. 19 – 21. Print. **18.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, S. N. Panteleeva, V. V. Zorin.* «Issledovanie sinteza polinenasyischennyih zhirnyih kislot galarezis-tentnyim gibom *Mortierella alpina* HN-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 1. 2007. 141 – 144. Print. **19.** *Petuhova, N. I., A. V. Huzina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie biokonversii kukuruznogo masla v polinenasyischennyye gribnyie lipidy s pomoschyu fikomitseta *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 4. 2009. 83 – 85. Print. **20.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie vliyaniya kulinarного zhira i zhivotnyih zhirov na rost i lipidoobrazovanie produtsenta arahidonovoy kisloty». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 5. 2010. 25 – 27. Print. **21.** *Petuhova, N. I., A. A. Sharaeva, A. N. Shakirov, V. V. Zorin.* «Issledovanie rosta i lipidoobrazovaniya griba *Mortierella alpina* GR-1 – produtsenta arahidonovoy kisloty na othodah proizvodstva podsolnechnogo masla». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 3. 2013. 74 – 79. Print. **22.** *Sharaeva, A. A., N. I. Petuhova, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Vliyanie soapstoka na rost i sintez arahidonovoy kisloty griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal*. No 1. 2014. 49 – 53. Print. **23.** *Shimizu, S., K. Kawashima, Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada.* «Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid». *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 66. 1989. 342 – 347. Print. **24.** *Shimizu, S., Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* «Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature». *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 32. 1989. 1 – 4. Print.

Надійшло (received) 15.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Матвеева Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, учений секретар, м. Харків; тел.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.

Matveeva Tatyana Viktorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Scientific secretary, Kharkiv; tel.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.

УДК 547.53

*Л.М. УЛЬЄВ, М.В. ІЛЬЧЕНКО***ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПІНЧ-АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА ПОДІЛУ ГІДРОДЕАЛКІЛАТУ НА УСТАНОВЦІ ВИРОБНИЦТВА БЕНЗОЛУ**

Робота присвячена дослідженню та обробці результатів обстеження установки виробництва бензолу. Визначені передумови для мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв за рахунок максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи. В статті наводиться короткий опис процесу стабілізації та поділу гідроеалкілату. На базі розгляду технологічної схеми виробництва наведено аналіз даних енергоспоживання та визначено перспективи для пінч-інтеграції установки. З метою впровадження теплової інтеграції з теплообмінною мережою було виділено необхідну кількість технологічних потоків, які прийматимуть участь у теплообміні. Складено таблицю потових даних та наведено основні характеристики кожного потоку. Для існуючого процесу побудовано сіткову діаграму, за якою визначено потужність рекуперації установки.

Ключові слова: пінч-аналіз, теплообмін, потокова таблиця, сіткова діаграма, утиліти, рекуперація тепла.

Вступ.

Зростання цін на енергоресурси змушує енергозалежні країни диверсифікувати поставки енергоносіїв та прискореніми темпами реалізовувати програми збільшення енергоефективності промислового виробництва. За підсумками 2010 року енергоемність ВВП в Україні склала 1,4 кг н.е. на 1 дол. США. Цей показник є сьогодні найвищим серед країн Європи. Зокрема, в Росії енергоемність ВВП складає 0,75 кг н.е. / дол. США, в країнах Європи – 0,2 кг н.е. / дол. США [1]. Особливо важливим є зменшення енергоспоживання в хімічній, нафтохімічній і металургійній промисловості, де ціна на паливо становить основну частину собівартості продукції. Українським нафтопереробним заводам необхідна модернізація. Зниження питомого енергоспоживання можна досягти шляхом модернізації окремих систем виробництва, установок і заводів в цілому, а також удосконаленням окремих виробничих операцій. Застосування методів теплоенергетичної інтеграції дозволяє домогтися істотної фінансової економії за рахунок мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв, шляхом максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи [2].

У представленій роботі проведено обстеження стабілізації та поділу гідроеалкілату на установці виробництва бензолу.

Опис технологічної схеми установки. Стабілізація гідроеалкілату протікає наступним чином.

Гідроеалкілат підігрівается у теплообміннику Т-314 та подається у колонну стабілізації К-305. Пари легких вуглеводнів з верха колони частково конденсуються у повітряному конденсаторі Т-335 та потрапляють до флегмової ємності Е-309. Газова фракція з ємності Е-309 додатково конденсується в пропиленовому конденсаторі Т-330, а залишкові гази виходять до паливної системи. Теплообмін у колоні стабілізації К-305 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини через виносний кип'ятильник Т-316. Кубова рідина колони К-305 подається в колону виділення бензольної фракції від важких вуглеводнів К-306.

Пара бензольної фракції з верха колони К-306 частково конденсується у повітряному конденсаторі Т-322 та потрапляє до флегмової ємності Е-314. Із неї балансова кількість бензольної фракції подається до теплообмінника Т-325, звідки через підігрівач Т-327

надходить до реактора контактної доочистки Р-304/1,2. Теплообмін у колоні К-306 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини на виносних кип'ятильниках Т-324/1/2.

Бензольна фракція з низу екстракторів Р-304/1,2 подається в колону виділення товарного бензолу К-307. Пари бензолу з верха колони К-307 конденсуються у повітряному конденсаторі Т-332 та потрапляють до флегмової ємності Е-315.

Пара бензолу з ємності Е-315 охолоджується та конденсується у теплообміннику Т-424. Товарний бензол після холодильника Т-328 надходить на склад.

Теплообмін у колоні виділення товарного бензолу К-307 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини через виносний кип'ятильник Т-329.

Схема процесу стабілізації та поділу гідроеалкілату зображена на рисунку 1.

Екстракція даних.

Раніше в роботі [3] було розпочато обстеження частини установки переробки піроконденсату з метою вирішення проблеми з енергозбереженням.

Для подальшого аналізу даних енергоспоживання та структури теплообмінної мережі, задіяної для процесів стабілізації та поділу гідроеалкілату необхідно виділити технологічні потоки, що приймають участь у теплообміні, а також потоки, які можуть бути включені до теплової інтеграції [4].

В результаті обстеження установки були отримані наступні дані:

Пара легких вуглеводнів з К-305. Виходить з верха колони К-305, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=126\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=118\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 9746 кг/год.

Пара бензольної фракції з К-306. Виходить з верха колони К-306, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=86\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=69\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 9048 кг/год.

Пара БТК фракції. Виходить з ємності, охолоджується. $T_{\text{поч}}=48\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 550 кг/год.

Бензольна фракція з Р-304. Виходить з низу реактора Р-304, проходить через теплообмінники та надходить до колони К-307. $T_{\text{поч}}=195\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=119\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8053 кг/год.

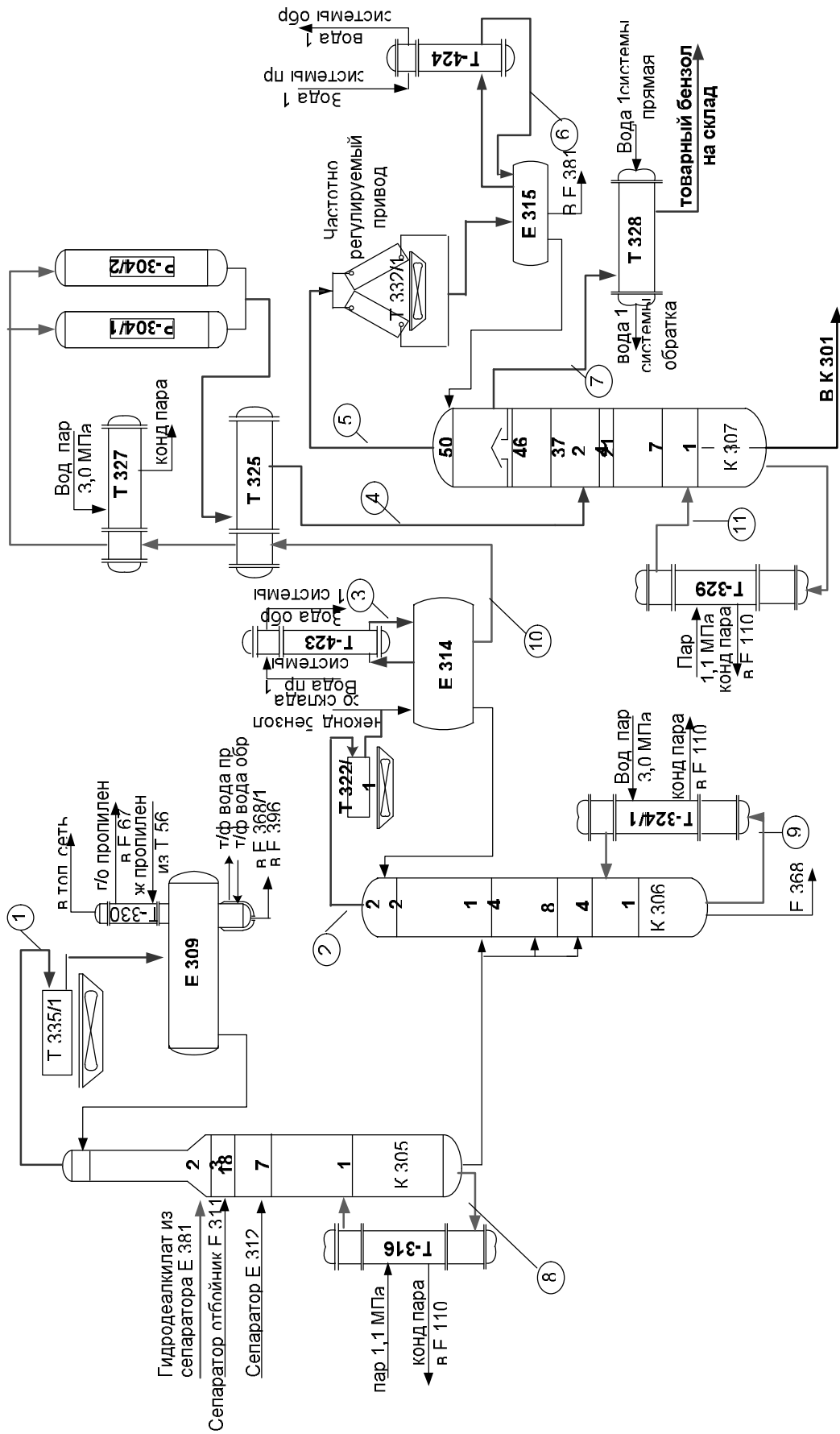


Рис. 1 – Технологічна схема процесів стабілізації та поділу гідрдеалкілата на установці виробництва бензолу

Пара бензолу з К-307. Виходить з верху колони К-307, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=84\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=81\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 32148 кг/год.

Пара бензолу з Е-315. Виходить з ємності та охолоджується. $T_{\text{поч}}=78\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 650 кг/год.

Товарний бензол з К-307. Виходить з колони К-307, охолоджується в холодильнику та надходить на склад. $T_{\text{поч}}=86\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=69\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8056 кг/год.

Кубова рідина К-305. Виходить з низу колони, нагрівається в кип'ятильнику та повертається до колони. $T_{\text{поч}}=148\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=162\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 2,85 кг/год.

Кубова рідина К-306. Виходить з низу колони, нагрівається в кип'ятильнику та повертається до ко-

лони. $T_{\text{поч}}=192\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=211\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 93781 кг/год.

Потік з Е-314. Виходить з ємності, нагрівається та надходить до реактору. $T_{\text{поч}}=65\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=204\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8053 кг/год.

Кубова рідина К-307. Виходить з низу колони, спочатку нагрівається в кип'ятильнику та надходить назад до колони. $T_{\text{поч}}=114\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=129\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 287 кг/год.

Використовуючи результати вивчення технологічної схеми, регламенту, матеріального балансу установки, складається таблиця 1 поточкових даних, які необхідні для визначення теплової потужності, котру споживають процеси стабілізації та поділу гідроеалкілату на даний момент [3].

Таблиця 1. Система потоків для аналізу енергоспоживання процесів стабілізації та поділу гідроеалкілату

№	Назва потоку	Тип	T_s , °C	T_t , °C	G, кг/ч	C, кДж/(кг·°C)	CP, кВт/°C	ΔH, кВт
1	Пара легких углеводнів з К-305	гар	126	45	9 746	2,079	5,627	454,10
2	Пара бензольної фракції з К-306	гар	86	69	9 048	1,835	4,612	78,40
3	Пара БТК фракції	гар	48	26	550	1,637	0,250	5,50
4	Бензольна фракція з Р-304	гар	195	119	8 053	2,076	4,644	352,94
5	Пара бензолу з К-307	гар	84	81	32 184	1,868	16,700	50,10
6	Пара бензолу з Е-315	гар	78	18	650	1,686	0,304	18,20
7	Товарний бензол з К-307	гар	85	38	8 056	1,750	3,915	183,22
8	Кубова рідина К-305	хол	148	162	84 253	2,851	66,724	967,49
9	Кубова рідина з К-306	хол	192	211	93 781	2,802	72,993	1364,97
10	з Е-314	хол	69	204	8053	1,811	4,051	546,90
11	Кубова рідина К-307	хол	114	129	176 287	2,005	98,182	1512,00

Аналіз існуючої системи теплообміну установки виробництва бензолу.

Використовуючи отримані дані технологічних потоків, будемо сітковою діаграмою існуючого процесу (рис. 2).

Для подальшого аналізу необхідно визначити величину потужності рекуперації у процесі, що існує [5-6].

За вимірними температурами технологічних потоків і їх поточковими теплоємності визначаємо потужність кожного з рекуперативних теплообмінників установки виробництва бензолу.

Гарячі утиліти в процесі, який ми розглядаємо, становлять величину 4 319 кВт, а холодні утиліти – 826 кВт [7, 8].

Після визначення та підсумовування теплових навантажень усіх теплообмінних апаратів отримано потужність рекуперації, що дорівнює 357 кВт.

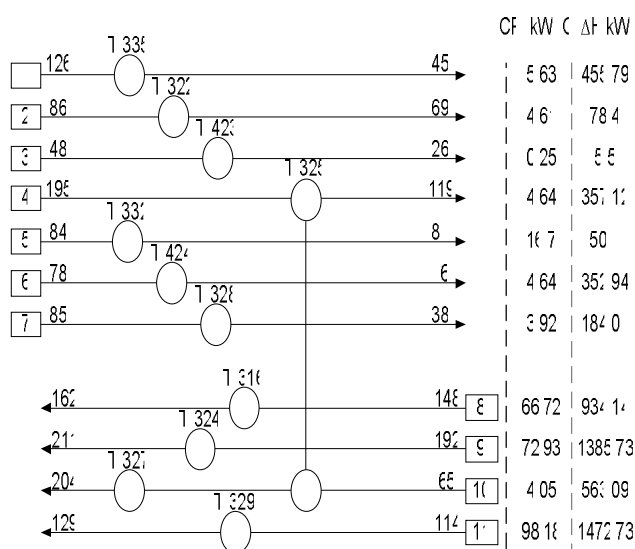


Рис. 2 – Сіткова діаграма існуючого процесу:

Висновки даного дослідження і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

У результаті проведеного обстеження процесів стабілізації та поділу гідроеалкілата на установці виробництва бензолу за правилами пінч-аналізу були отримані потокові дані, систематизовані і занесені в потокову таблицю.

На основі зібраних даних була побудована сіткова діаграма, визначено величину холодних і гарячих утиліт, які споживаються процесом, і величину рекуперації тепла.

Виходячи з вищевикладеного, є можливість застосувати ці дані для аналізу енергозберігаючого потенціалу і реконструкції установки.

Список літератури: 1. Ukraine policy review. [електронний ресурс] // International Energy Agency. Режим доступу: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Ukraine2012_free.pdf accessed 08.05.2015. 2. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с. 3. Ульев Л.М., Яценко О.А., Ильченко М.В. Экстракция данных для пинч-анализа процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. Одеса. – 2014, – 45(3). 4. Kemp I.C. Pinch analysis and process integration. Second Edition: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – The Netherlands, Amsterdam: Elsevier, 2007. 5. Nordman R. New process integration methods for heat-saving retrofit projects in industrial systems. Thesis for the degree of doctor of philosophy / R. Nordman – Goteborg: Printed by Chalmers Reproservice, Sweeden. 2005. – p. 77. 6. Linnhoff B. User guide on process integration for the efficient use of energy / B. Linnhoff, Townsend D.W., et al. – Rugby, UK. 1994. – p. 247. 7. Ульев Л.М., Мельниковская Л.О. Определение полезной загрузки трубчатых печей с помощью учёта тепловых потерь в системе теплообмена на установке первичной переработки нефти АВТ А12/2 в режиме работы без вакуумного блока // Интегрированные техноло-

гии та енергозбереження. 2011, – № 3. – С. 15–19. 8. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Мельниковская Л.А., Ходченко С.М. Энергоэффективная реконструкция установки нефтепереработки на основе пинч-анализа с учётом внешних потерь // Теорет. основы хим. технологии. 2012. – Т. 46, – № 5. – С. 491–500.

Bibliography (transliterated): 1. Ukraine policy review. [elektronnyiy resurs] // International Energy Agency. Rezhim dostupu:

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Ukraine2012_free.pdf accessed 08.05.2015. 2. Smit R. Osnovy integratsii teplovykh protsessov / P. Smit, Y. Klemesh, L.L. Tovazhnyanskiy, P.A. Kapustenko, L.M. Ulyev – Harkov: HGPU, 2000. – p. 457. 3. Ulyev L.M., Yatsenko O.A., Ilchenko M.V. Ekstraktsiya dannykh dlya pinch-analiza protsessov vydeleniya benzol-toluol-ksilolnoy fraktsii i gidrodealkilata v proizvodstve benzola // Naukovi pratsi [Odeskoyi natsionalnoyi akademiyi harchovih tehnologiy]. Odesa. – 2014, – 45(3). 4. Kemp I.C. Pinch analysis and process integration. Second Edition: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – The Netherlands, Amsterdam: Elsevier, 2007. 5. Nordman R. New process integration methods for heat-saving retrofit projects in industrial systems. Thesis for the degree of doctor of philosophy / R. Nordman – Goteborg: Printed by Chalmers Reproservice, Sweeden. 2005. – p. 77. 6. Linnhoff B. User guide on process integration for the efficient use of energy / B. Linnhoff, Townsend D.W., et al. – Rugby, UK. 1994. – p. 247. 7. Ulyev L.M., Melnikovskaya L.O. Opredelenie poleznoy zagruzki trubchatih pechey s pomoschyu ucheta teplovykh poter v sisteme teploobmena na ustanovke pervichnoy pererabotki nefiti AVT A12/2 v rezhime raboty bez vakuumnogo bloka // Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. 2011, – No. 3. – p. 15–19. 8. Meshalkin V.P., Tovazhnyanskiy L.L., Ulyev L.M., Melnikovskaya L.A., Hodchenko S.M. Energoeffektivnaya rekonstruktsiya ustanovki neftepererabotki na osnove pinch-analiza s uchetom vneshnih poter // Teoret. osnovy him. tehnologii. 2012. – T. 46, – No. 5. – p. 491–500.

Надійшла (received) 22.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Леонід Михайлович Ульєв, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Марія Володимирівна Ильченко, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0669613620, masha5931@mail.ru.

Леонид Михайлович Ульев, доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Мария Владимировна Ильченко, аспирант, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 0669613620, masha5931@mail.ru.

Leonid Mihaylovich Ulyev, Doctor of Technical Sciences, professor, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Mariia Vladimirovna Ilchenko, postgraduate, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", 0669613620, masha5931@mail.ru.

УДК 665.3

С. М. МОЛЬЧЕНКО**ЗАСТОСУВАННЯ КАРБОНАТІВ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ ЯК НЕЙТРАЛІЗУЮЧОГО АГЕНТА ПРИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЖИРІВ**

Наведено результати дослідження процесу нейтралізації соняшникової олії водно-спиртовими розчинами карбонатів лужних металів. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів, а саме: температура, концентрація нейтралізуючого агента, час протікання реакції нейтралізації, інтенсивність перемішування. Показано, що використання водно-етанольних розчинів карбонатів лужних металів як реагентів для нейтралізації олій та жирів дозволяє знизити відходи нейтрального жиру у сапостоку.

Ключові слова: жири, нейтралізація, карбонат натрію і калію, водно-спиртовий розчин.

Вступ.

Проблема розробки нових ресурсозберігаючих технологій в харчовій промисловості нашої країни продовжує залишатися однією з основних напрямків розвитку виробництва. Оскільки вітчизняна олійно-жирова промисловість характеризується постійним зростанням виробництва, то кількість відходів постійно збільшується, що негативно впливає на екологічну ситуацію в Україні. Найбільшу шкоду підприємства харчової та переробної промисловості завдають водним ресурсам. Однак діяльність підприємств галузі завдає шкоди також і ґрунту, і повітрю. Для вирішення проблеми необхідна екологізація виробництв, а саме: розробка та впровадження маловодних, безстічних і безвідходних технологічних процесів, замкнених циклів [1–3].

У технології рафінації соняшникової олії особливе місце визначено стадії нейтралізації, яка здійснюється з метою видалення жирних кислот, присутність яких знижує харчову цінність олій та жирів і ускладнює їх подальшу переробку. Водночас, жирні кислоти являють самостійну цінність як сировина для різних галузей промисловості.

У зв'язку з цим створення нової ефективної безвідходної технології нейтралізації олій та жирів, яка забезпечить одержання високоякісної нейтралізованої олії та жирних кислот з показниками, які задовольняють потреби вітчизняних виробників, обґрунтовує необхідність і актуальність проведеного дослідження. Це дозволить, з одного боку, ефективно переробляти сировину, і крім олій одержувати жирні кислоти. А з іншого – зменшити негативний вплив на екологічні системи.

Аналіз останніх досліджень і літератури.

Традиційні способи лужної нейтралізації, що використовують як нейтралізуючий агент гідроксид натрію, обумовлюють високі відходи і втрати нейтрального жиру. При промисловому використанні лужної нейтралізації виникають також екологічні проблеми, пов'язані з очищенням та реалізацією побічного продукту – сапостоку [1, 4, 5].

Останнім часом нерідко використовують процес дистиляційного вилучення жирних кислот, який поєднують з процесом дезодорації [4–6].

Дистиляційна рафінація дозволяє видалити жирні кислоти, а також інші неомилувальні домішки

шляхом відгону з паром, виключаючи утворення сапостоку і знижуючи втрати нейтрального жиру до мінімуму. Однак для видалення небажаних домішок необхідна попередня обробка олій, інакше вони можуть стати причиною зниження якості продукту при нагріванні до температури дистиляції. Недосконалістю способу є використання високих температур (більше 200 °С), що не для всіх жирів може бути застосовано. Найкращий ефект ця технологія дає при переробці висококіслотних рослинних олій, тваринних і гідрованих жирів.

У роботі [7] розроблено спосіб лужної рафінації олій та жирів, що передбачає нейтралізацію олій чи жирів в мильно-лужному середовищі, основою нейтралізуючого розчину якого є вода, етанол і гліцерин. Але за цим способом утворюються відходи, які потребують подальшої переробки. Суміш складна, містить гліцерол, що є коштовним компонентом, і який необхідно виділяти з сапостоку.

Існуюча технологія виділення жирних кислот з сапостоку, які переробляються в низькоякісні жирні кислоти, є достатньо енергоємною та не дозволяє одержувати високоякісний продукт. Крім того така технологія зумовлює наявність викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин у вигляді розчину сульфату натрію і водорозчинних органічних домішок, смол, неомилувальних речовин та ін. [4, 8, 9]. Відомі роботи по удосконаленню технології одержання жирних кислот з сапостоку [10–12], але ці способи здійснюються з використанням сульфатної кислоти і взагалі проблема забруднення стічних вод не вирішується. Для зменшення відходів і втрат при нейтралізації олій та жирів було запропоновано як нейтралізуючий агент водно-спиртові розчини карбонатів лужних металів. Переваги запропонованого агента: він більш дешевий і безпечний в порівнянні з лугами, під час реакції не відбувається омилення нейтрального жиру і емульгування.

У попередніх роботах [13, 14] була доведена можливість використання як нейтралізуючого агента карбонатів натрію та калію у 60 %–му етанолі. Але щільність утворених у ході реакції двох фаз має велику різницю, що може призвести до труднощів при їх розподілі. Тому було вирішено дослідити меншу концентрацію етанолу, щоб збільшити щільність водно-спиртового розчину мила.

Мета і основні задачі дослідження.

Метою даної роботи є дослідження процесу нейтралізації соняшникової олії водно-спиртовим розчинами карбонатів лужних металів. Вибір раціональних режимів процесу.

Відповідно до поставленої мети дослідження були сформульовані і вирішені наступні задачі:

– встановити вплив обраних нейтралізуючих реагентів на ступінь видалення жирних кислот з нерафінованої соняшникової олії;

– експериментально визначити раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації олії водно-спиртовим розчином карбонатів натрію та калію;

– визначити фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та соапстоку, одержаних за розробленою технологією.

Матеріали дослідження.

Для досягнення поставленої мети була проведена реакція нейтралізації жирних кислот соняшникової олії з кислотним числом 1,1 мг КОН/г, 1,2 мг КОН/г та 1,6 мг КОН/г. Як нейтралізуючий агент використовували розчин карбонату натрію та

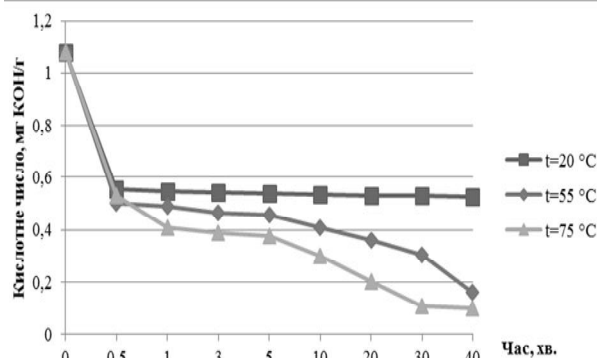


Рис. 1 – Зміна кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію в 30 % етанолі від часу процесу нейтралізації

З рис. 1, 2 видно, що при нейтралізації 30%-м водно-спиртовим розчином карбонатів калію і натрію зниження кислотного числа досягається за порівняно великий проміжок часу. Ймовірно, внаслідок гідролізу милу. При температурі 20 °C після 1 хвилини кислотне число практично не змінюється, а найкращі результати досягаються при температурі 75 °C.

Подальші дослідження були спрямовані на проведення нейтралізації карбонатом натрію і калію в 50%-м етанолі при температурі 75 °C за змінної інтенсивності перемішування та концентрації нейтралізуючого агента.

Основними факторами, які впливають на процес нейтралізації є температура, тривалість процесу нейтралізації, концентрація нейтралізуючого агента, та інтенсивність перемішування, яку визначають за критерієм Рейнольдса. Попередніми дослідженнями [13, 14] було встановлено вплив температури, часу та кількості надлишку нейтралізуючого агента, тому далі вивчався вплив інтенсивності перемішування та концентрації нейтралізуючого агента.

карбонат калію у 30 %-му етанолі з концентрацією 0,05 моль/л та насичений розчин карбонату натрію з концентрацією 0,08 моль/л та карбонату калію з концентрацією 0,08 моль/л, 0,18 моль/л, 0,3 моль/л у 50 %-му етанолі.

Нейтралізацію поводити в реакторі з мішалкою при інтенсивному перемішуванні, що добре імітує виробничі умови. Олію нагрівали при перемішуванні до заданої температури в залежності від заданих початкових умов. При досягненні заданої температури, не припиняючи перемішування, вносили розраховану кількість нейтралізуючого агента. Через певні часові проміжки в олії визначали кислотне число за методикою [15], за яким судять про якість проведеної нейтралізації. Кислотне число повинно за показником кислотного числа відповідати [16].

Результати дослідження.

На рис. 1 та 2 відображено зміну кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію та натрію в 30 %-му етанолі відповідно від часу процесу за температурою 20, 55 та 75 °C.

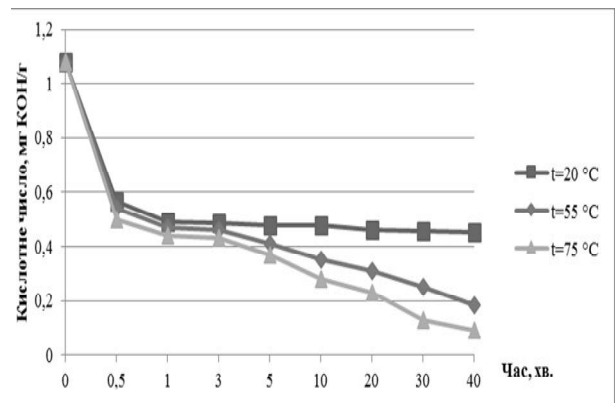


Рис. 2 – Зміна кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію в 30 % етанолі від часу процесу нейтралізації

На рис. 3 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,08 моль/л (це насичений розчин, тому концентрацію не змінювали) від часу за змінної інтенсивності перемішування.

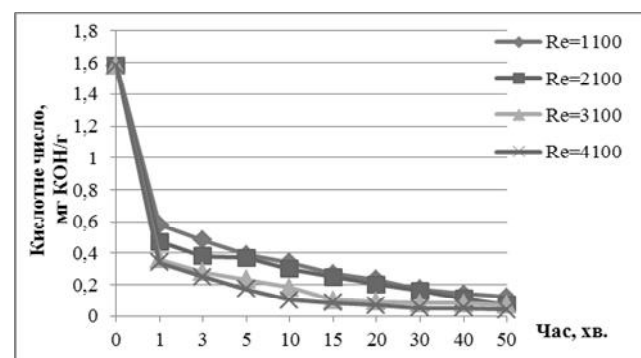


Рис. 3 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію у 50 % етанолі від часу за змінної інтенсивності перемішування.

З одержаних даних (рис. 3) видно, що досягнення граничного допустимого рівня величин кислотного числа можливе при інтенсивності перемішування ($Re=4100$) вже на 5-й хвилині, а на 20-й хвилині – при $Re=1100$.

На рис. 4 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,08 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

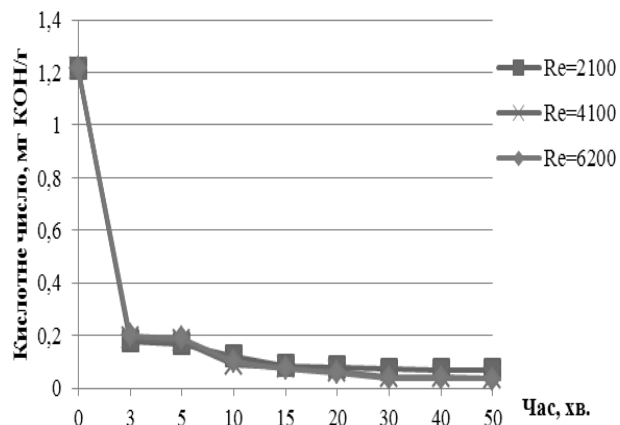


Рис. 4 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 % етанолі концентрацією 0,08 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З графіка (рис. 4) видно, що навіть за 5 хвилин кислотне число зменшується до значення 0,1 мг КОН/г.

На рис. 5 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,18 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

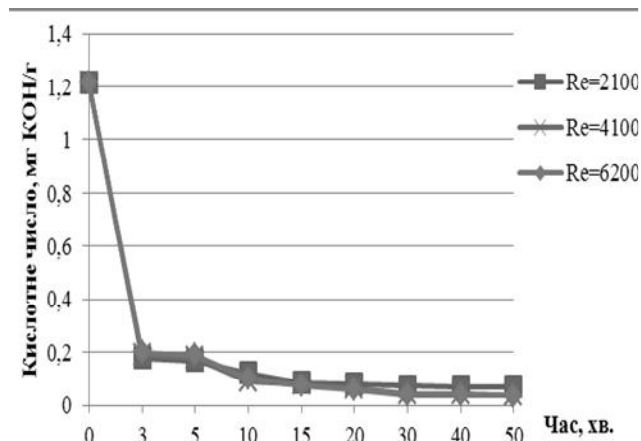


Рис. 5 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 % етанолі концентрацією 0,18 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З рис. 4 видно, що за 5 хвилин кислотне число зменшується до значення 0,17–0,19 мг КОН/г.

На рис. 6 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,3 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

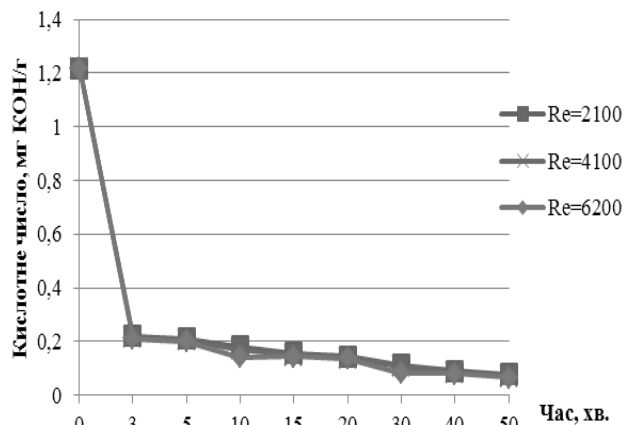


Рис. 6 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,3 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З одержаних результатів (рис. 4–6) витікає, що використання карбонату калію як нейтралізуючого агенту забезпечує одержання нейтралізованої олії з кислотним числом нижче за 0,2 мг КОН/г. Разом з тим необхідно підкреслити те, що інтенсивність перемішування при значеннях критерію Рейнольдсу 2100–6200 впливає несуттєво, це говорить про те, що за таким режимом реакція протікає в кінетичній області.

Наступні дослідження були направлені на встановлення раціональних технологічних параметрів процесу нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі. Для цього проведено повний факторний експеримент першого порядку за планом $N = 2^3$, де досліджуваними факторами були:

x_1 – тривалість процесу з інтервалом варіювання від 3 до 50 хв;

x_2 – концентрація водно-спиртового розчину карбонату калію з інтервалом варіювання від 0,08 до 0,3 моль/л;

x_3 – критерій Рейнольдсу з інтервалом варіювання від 2100 до 6200.

Функцією відгуку у було кислотне число, мг КОН/г. Температура процесу залишалася незмінною (75 °С).

За результатами експериментів отримано адекватне рівняння регресії, що пов'язує кислотне число (y) з вищенаведеними параметрами:

$$y = 0,13 - 0,00034 \cdot x_1 + 0,32 \cdot x_2 - 0,0000067 \cdot x_3 - 0,0078 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Перевірка значущості коефіцієнтів, що проводили за критерієм Ст'юдента з використанням паралельних дослідів, засвідчила значимість коефіцієнтів отриманого рівняння. Перевірка адекватності рівняння здійснювалася з використанням критерію Фішера.

Для планування експерименту та обробки даних у графічному та математичному вигляді були застосовані методи математичної статистики з використанням програмних пакетів Mathcad та Microsoft Excel. Для визначення раціональних технологічних параметрів одержання жирних кислот на основі отриманого рівняння регресії побудували поверхню відгуку, яка наведена на рис. 7.

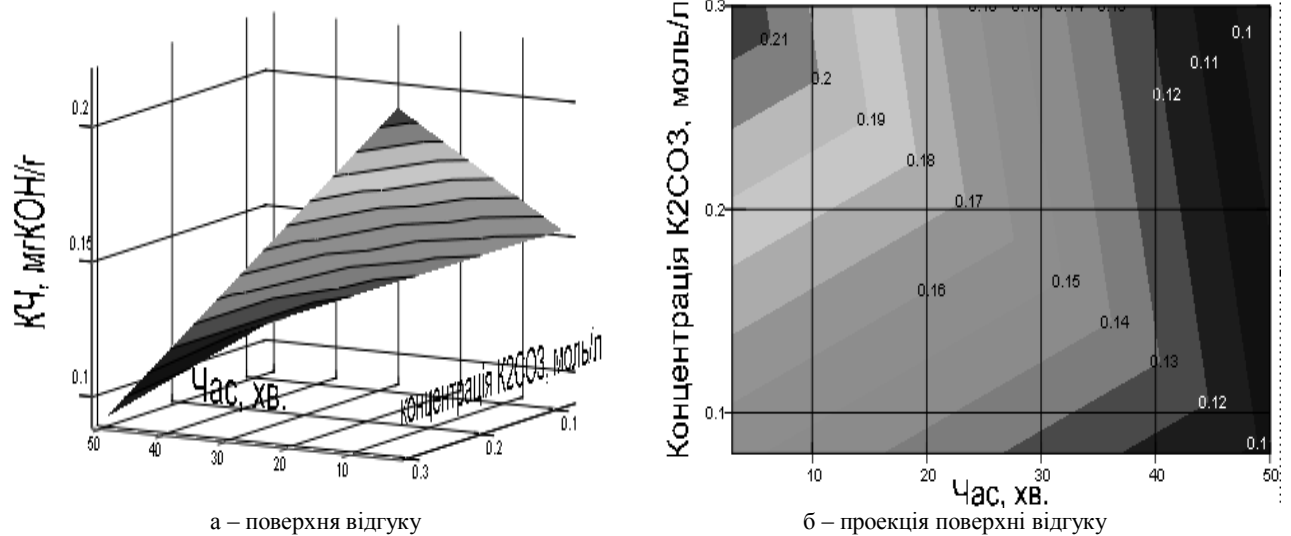


Рис. 7 – Залежність кислотного числа від часу нейтралізації та концентрації водно-спиртового розчину K_2CO_3 :

а – поверхня відгуку; б – проекція поверхні відгуку

З одержаних даних визначені раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів а саме:

- температура $75^{\circ}C$;
- концентрація карбонату калію у 50 % водно-спиртовому розчині – 0,08 моль/л;
- час протікання процесу нейтралізації – 5 хв;
- інтенсивність перемішування (критерій Рейнольдса) – 2100.

Для перевірки збіжності результатів розрахунку та експерименту було відтворено досліди у центрі плану. Одержали значення кислотного числа олії 0,128 мг КОН/г, при розрахунковому за рівнянням регресії – 0,125 мг КОН/г, що говорить про гарну збіжність результатів розрахунку і експерименту.

В дослідженні також визначено фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та сапостоку.

Одержали олію з такими показниками: кислотне число – 0,13 мг КОН/г, вміст мила – 0,005 %.

Важливо відзначити, що вміст мила в нейтралізованій олії значно менший нормованого показнику, що дає можливість виключення стадії промивки після процесу нейтралізації.

Вміст нейтрального жиру у сапостоку – 0,005 %.

З такого сапостоку можна одержувати жирні кислоти шляхом вуглекислотного розкладання їх мил [17, 18].

Обробка сапостоку діоксидом вуглецю виключає обробку останнього мінеральними кислотами і електролітом (хлоридом натрію), що, у свою чергу, призведе до зниження забруднення стічних вод та екологічної безпеки виробництва.

Висновки.

1. Експериментально доведено, що жирні кислоти олії можуть бути нейтралізовані водно-спиртовими розчинами карбонатів лужних металів на

значну глибину (до значення кислотного менше 0,2 мг КОН/г).

2. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів а саме: температура, концентрація карбонатів відповідних металів у водно-спиртовому розчині, час протікання реакції нейтралізації та інтенсивність перемішування.

3. Визначені фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та сапостоку, одержаних за розробленою технологією: кислотне число, вміст мила нейтралізованої олії; вміст нейтрального жиру у сапостоку. Показано, що використання водно-етанольних розчинів карбонатів лужних металів як реагентів для нейтралізації олій та жирів дозволяє знизити відходи нейтрального жиру у сапосток. Вміст мила в нейтралізованій олії значно менший нормованого показника, що дає можливість виключення стадії промивки після процесу нейтралізації.

4. На основі технології нейтралізації олії водно-спиртовими розчинами карбонатів калію або натрію може бути створена безвідходна технологія нейтралізації олій та жирів.

Список літератури: 1. Паронян В. Х. Технология жиров и жирозаменителей [Текст] / В. Х. Паронян. – М: ДеЛи принт, 2006. – 760 с. 2. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52. 3. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515. 4. Арутюнян Н. С. Рафинация масел и жиров. Теоретические основы, практика, технология, оборудование [Текст] / Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена, Е. А. Нестерова. СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. 5. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабеиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды – СПб.:

Профессия, 2007. – 752 с. **6.** Пат. 2145339 РФ, МПК C11B3/00 Способ рафинации растительных масел и жиров [Текст] / *Веселов В. П., Боквикова Т. Н., Артеменко И. П. и др.*; заявитель и патентообладатель Учебно-научно-производственная фирма «Липиды». – № 98120967/13. заявл. 23.11.1998, опубл. 10.02.2000. **7.** Пат. 81222 Украина, МПК C 11 B 3/06. Спосіб лужної рафінації олій та жирів [Текст] / *Петік І. П., Гладкий Ф. Ф., Петік П. Ф. та ін.*; заявник та патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № 201214827; заявл. 24.12.2012; опубл. 25.06.2013; Бюл. № 12. **8.** Пат. RU 2048511 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ получения жирных кислот из soapstokov растительных масел [Текст] / *Дроздов А. С., Диденко З. В., Волкова Л. Д. и др.* – заявитель и патентообладатель Волгодонский филиал Научно-производственного объединения синтетических поверхностно-активных веществ. – № 5064258/13; заявл. 08.10.1992; опубл. 20.11.1995. **9.** Пат. RU 2064739 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ получения жирных кислот из soapstokov растительных масел [Текст] / *Самойлов Г. И., Сунгатуллина И. Х., Зиятдинова Ф. С. и др.* – заявитель и патентообладатель *Самойлов Г. И., Сунгатуллина И. Х., Зиятдинова Ф. С. и др.* – № 95102976/13; заявл. 02.03.1995; опубл. 27.07.1996. **10.** *Mag, T. K.* Continuous Acidulation of Soapstock and Recovery of Acid Oil [Text] / *T. K. Mag, D. H. Green, A. T. Kwong* // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1998. – Vol. 60, Issue 5. – P. 1008–1011. doi: 10.1007/bf02660217. **11.** *Шаврак Е. И.* Выделение жирных кислот из отходов пищевой промышленности [Текст] / *Е. И. Шаврак, Л. М. Рабинович, В. А. Кудряшов* // Экологические системы и приборы. – 2004. – № 10. – С. 17–21. **12.** Пат. 20140135515 США, МКИ C11B 3/04 Method to recover free fatty acids from fats and oils [Text] / *Mohan Prasad A., Dasari, Kidron Joel Knox.* – № 14/079059; заявитель и патентообладатель Riverhead Resources, Llc; заявл. 13.11.2013; опубл. 15.05.2014. **13.** *Мольченко С. М.* Використання водно-спиртового розчину кальцинованої соди для нейтралізації соняшникової олії [Текст] / *С. М. Мольченко, І. С. Бродюк, І. М. Демидов* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 55 (1028). – С. 80–85. **14.** *Мольченко С. Н.* Нейтралізація растительных масел водно-спиртовым раствором карбоната калия [Текст] / *С. Н. Мольченко, И. Н. Демидов* // Современный научный вестник. – Белгород: «Руснаучкнига», 2014. – № 7 (203). – С. 90–95. **15.** DSTU ISO 660:2009. Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності (ISO 660:1996, IDT). **16.** Олія соняшникова. Технічні умови: ДСТУ 4492:2005. – [Чинний від 2007–01–01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2007. – 22 с. **17.** *Мольченко С. М.* Одержання жирних кислот з soapstoku шляхом розкладання мила карбонатною кислотою [Текст] / *С. М. Мольченко, І. М. Демидов, В. Є. Ведь* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 7 (1116). – С. 76–82. **18.** *Мольченко С. М.* Використання діоксиду вуглецю для одержання жирних кислот з soapstoku [Текст] / *С. М. Мольченко, І. М. Демидов* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х.: «Технологічний центр», 2015. – № 4/6 (76). – С. 50–53.

Bibliography (transliterated): **1.** Paronyan, V. H. *Tehnologiya zhirov i zhirozameniteley*. Moscow: DeLi print, 2006. Print. **2.** Kovari, K., Denise, J., Hollo, J. Seed crushing, oil refining and environmental problem. *Olej. Szap. Kozmet*, 2006. 45 (2), 45–52. Print. **3.** Weber, K.. New concepts of environmental, protection in the production of fat. *Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater.* 2004. 4, 512–515. Print. **4.** Arutyunyan, N. S., Kornena, E. P., Nesterova, E. A. *Rafinatsiya masel i zhirov. Teoreticheskie osnovy, praktika, tehnologiya, oborudovanie*. St. Petersburg: GIORD, 2004. Print. **5.** O'Brayen, R. *Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primenenie*. per. s angl. 2-go izd. V. D. Shirokova, D. A. Babeykinoy, N. S. Selivanovoy, N. V. Magdyi. St. Petersburg: Professiya, 2007. Print. **6.** Veselov, V. P., Bokovikova, T. N., Artemenko, I. P. et. al. *Pat. 2145339 RU*, MPK C11B3/00. Sposob rafinatsii rastitelnykh masel i zhirov. 98120967/13. 2000. **7.** Petik, I. P., Gladkiy, F. F., Petik, P. F. et. al. *Pat. 81222 Ukrayina*, MPK C11B3/06. Sposib luzhnoyi rafinatsiyi oliy ta zhiriv. 201214827, 2013. **8.** Drozdov, A. S., Didenko, Z. V., Volkova, L. D. et. al. *Pat. RU 2048511 Rossiyskaya Federatsiya*, MPK C11B3/00. Sposob polucheniya zhirnykh kislot iz soapstokov rastitelnykh masel, 5064258/13, 1995. **9.** Samoylov, G. I., Sungatullina, I. H., Ziatdinova, F. S. et. al. *Pat. RU 2064739 Rossiyskaya Federatsiya*, MPK C11B3/00. Sposob polucheniya zhirnykh kislot iz soapstokov rastitelnykh masel, 95102976/13, 1996. **10.** Mag, T. K., Green, D. H., Kwong, A. T. Continuous acidulation of soapstock and recovery of acid oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998. 60 (5), 1008–1011. Print. doi: 10.1007/bf02660217. **11.** Shavrak, E. I., Rabinovich, L. M., Kudryashov, V. A. Vydelenie zhirnykh kislot iz othodov pischevoy promyshlennosti. *Ekologicheskiesistemyi i priboryi*, 2004. 10, 17–21. Print. **12.** Mohan, Prasad, A., Dasari, Kidron Joel Knox. *Pat. 20140135515 US*, CPC C11B 3/04 Method to recover free fatty acids from fats and oils, 14/079059, 2014. **13.** Molchenko, S. M., Brodyuk, I. S., Demidov, I. M. Vykorystannya vodno-spyrtovogo rozchynu kal'cynovanoyi sody dlya nejtralizatsiyi sonyashnykovoyi oliyi. *Visnik Natsional'nogo tehnicznogo universitetu «HhPI»*. Kharkiv: NTU «HhPI», 2013. 55 (1028). 80–85. Print. **14.** Molchenko, S. N., Demidov, I. M. Neytralizatsiya rastitelnykh masel vodno-spyrtovym rastvorom karbonata kaliya. *Sovremennyiy nauchnyiy vestnik*. Belgorod: «Rusnauchkniga», 2014. 7 (203). 90–95. Print. **15.** DSTU ISO 660:2009. Zhiri tvarinnI ta roslinnI y oliyi. Metod viznachennya kislotnogo chisla ta kislotnostI (ISO 660:1996, IDT). **16.** Oliya sonyashnikova. Tehniczni umovi: DSTU 4492:2005. Kiyiv.: DP «UkrNDNTS», 2007. 22. Print. **17.** Molchenko, S. M., Demidov, I. M., Ved', V. E. Oderzhannya zhirnih kislot z soapstoku shlyahom rozkladannya mila karbonatnoy kislotoy. *Visnik Natsional'nogo tehnicznogo universitetu «HhPI»*. Kharkiv: NTU «HhPI», 2015. 7 (1116), 76–82. Print. **18.** Molchenko, S. M., Demidov, I. M. Viktorystannya dioksidu vugletsyu dlya oderzhannya zhirnih kislot z soapstoku. *Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy*. Kharkiv: «Tehnologichniy tsentr», 2015. 4/6 (76). 50–53. Print.

Надійшла (received) 26.10.2015

Мольченко Світлана Миколаївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; тел.: (050) 686-71-86; e-mail: molchenko_sv@mail.ru.

Molchenko Svitlana Mikolayivna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Postgraduate student; tel.: (050) 686-71-86; e-mail: molchenko_sv@mail.ru.

УДК 004.4

Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ**ВНЕДРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС КАК ВНУТРЕННИЙ РЕСУРС ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ СТУДЕНЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

В статье рассмотрен вопрос лицензирования программного обеспечения, используемого в учебном процессе. Показаны экономические ресурсы, высвобождаемые в случае использования в учебном процессе свободного программного обеспечения. Показаны преимущества и недостатки внедрения свободного программного обеспечения.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

Введение. За последние несколько лет резко сократилось финансирование системы высшего образования Украины. Так, в бюджете Украины на 2013 год было заложено финансирование Министерства образования на уровне 25,2 млрд. грн., а уже в 2015 году финансирование составляло лишь 19,7 млрд. грн. [1, 2], что составляет 3,0 и 0,85 млрд. долл. США соответственно. В то же время нарастает необходимость обновления парка устаревшей вычислительной техники и проприетарного программного обеспечения студенческих компьютерных лабораторий. Закупка нового программного обеспечения и компьютеров усугубляется тем обстоятельством, что эта продукция является импортной и закупочные цены на неё за последнее время выросли втрое в связи с ростом обменного курса американского доллара, что не в последнюю очередь способствует распространению нелегального (пиратского) программного обеспечения. Так, доля нелегального программного обеспечения в государственных учреждениях Украины составляет по разным оценкам от 60 до 70% [3, 4].

Необходимое программное обеспечение. В комплект программного обеспечения для проведения лабораторных работ по курсу «Компьютерные технологии» входят: - пакет офисных приложений; - интегрированная среда разработки для обучения студентов языкам программирования (IDE); - математический пакет; - служебные приложения (файловые менеджеры, архиваторы, почтовые клиенты, браузеры).

В каждом сегменте комплекта программного обеспечения рынок предложены как проприетарные платные, так и свободно распространяемые бесплат-

ные программные продукты. Ключевым фактором в условиях снижения уровня финансирования системы высшего образования Украины, определяющим выбор программного продукта, является цена комплекта программного обеспечения. Другими немаловажными факторами являются системные требования программных продуктов и их кроссплатформенность. Пакеты офисных приложений представлены широко известными проприетарным Microsoft Office 2013 и распространяемым под свободной лицензией LibreOffice, сравнение которых приведено в табл. 1 и табл. 4.

Таблица 1 – Условия лицензирования и цены пакетов офисных программ

Наименование	Тип лицензии	Цена, тыс. грн.	Стоимость, тыс. грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Microsoft Office 2013	Проприетарная [5]	4,959 [7]	59,508
LibreOffice	Свободная (Mozilla Public License v2.0)[6]	0,00	0,00

Выбор интегрированной среды разработки осуществляется исходя из требований к разрабатываемому программному продукту и обуславливается целевой операционной системой, а также выбираемым для обучения студентов языком программирования. Сравнение наиболее часто используемых интегрированных сред разработки приведены в табл. 2 и табл. 4.

Таблица 2 – Условия лицензирования, цены и поддерживаемые языки программирования интегрированных сред разработки

Наименование	Тип лицензии	Поддерживаемые языки программирования	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Visual Studio Professional 2013	Проприетарная [8]	Visual Basic, Visual C#, Visual C++, Visual F#, Jscript [11]	30 352,56 [14]	364 224,00
Qt Creator	Свободная (GPL 2.1) [9]	C, C++ и QML [12]	0,00	0,00
Eclipse	Свободная (Eclipse Public License - v 1.0) [10]	Java, Ada, C, C++, COBOL, Fortran, Perl, PHP, Python, R, Ruby (включая каркас Ruby on Rails), Scala, Clojure и Scheme [13]	0,00	0,00

Высококвалифицированный инженер должен иметь навыки и опыт работы в пакетах математических программ. Пакеты математических программ предоставляют возможности для решения математических задач. Приобрели известность и активно используются для технических, инженерных и научных вычислений пакеты математических программ, приведённые в табл. 3.

Таблица 3 – Условия лицензирования и цены пакетов математических программ

Наименование	Тип лицензии	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
GNU Octave	Свободная (GNU General Public License (GPL)) [15]	0,00	0,00
Scilab	Свободная (CeCILL license (GPL-совместимая)) [16]	0,00	0,00
Maxima	Свободная (GNU General Public License (GPL)) [17]	0,00	0,00
MATLAB	Проприетарная [18]	От 89 до 2 650 долл. США (от 2 136 до 63 600 грн.) [21]	От 1 068,00 до 31 800,00 долл. США (от 25 632,00 до 763 200,00 грн.)
Mathcad	Проприетарная [19]	110 EUR (2 750 грн.) [22]	1 320,00 EUR (33 000 ,00грн.)
Mathematica	Проприетарная [20]	770 долл. США [20] (18 480 грн.)	9 240,00 долл. США (221 760,00 грн.)

Одним из определяющих факторов выбора программного обеспечения наряду с ценой является кроссплатформенность. Способность программного обеспечения функционировать в нескольких различных операционных системах или на разных аппаратных платформах обеспечивает удобство его использования, а также повышает эффективность документооборота. Сравнение программного обеспечения по кроссплатформенности и наличию веб-интерфейса приведено в табл. 4

Таблица 4 – Кроссплатформенность программного обеспечения (* – ограниченная поддержка)

Наименование	Операционная система				Вэб-интерфейс
	Windows 8.1	GNU/Linux (Debian 8.0)	OS X	Android	
Пакеты офисных программ					
Microsoft Office 2013	+	-	+	+	+*
LibreOffice	+	+	+	+	+
Интегрированные среды разработки					
Visual Studio Professional 2013	+	-	-	-	-
Qt Creator	+	+	+	-	-
Eclipse	+	+	+	-	-
Пакеты математически программ					
GNU Octave	+	+	+	+	+
Scilab	+	+	+	-	+
Maxima	+	+	+	+	+
MATLAB	+	+	+	+	+*
Mathcad	+	-	-	-	-
Mathematica	+	+	+	+	+*

Экономический эффект и преимущества внедрения свободного программного обеспечения.

Исходя из данных, приведенных в табл. 1 - табл. 4, могут быть реализована следующие наборы пакетов прикладных программ для обеспечения типового рабочего места студента в лаборатории компьютерных технологий, оценка стоимости которых приведена в табл. 5:

- проприетарная операционная система и проприетарные пакеты прикладных программ;
- проприетарная операционная система и свободные пакеты прикладных программ;

- свободная операционная система и свободные пакеты прикладных программ.

Таким образом, частичный либо полный переход на свободное программное обеспечение позволяет высвободить до 450 тыс. грн. с одного компьютерного класса. Высвобожденные средства могут быть потрачены на модернизацию компьютерного класса современными компьютерами. Так, например, компьютер PrimePC Multimedia A4074.01.36 (процессор AMD A4, 3 ГГц, 4 ядра; графический адаптер AMD Radeon HD 7480D; оперативная память DDR3 1333 МГц, 4 Гб; жесткий диск 1000 Гб HDD) [23] с монитором LG Flatron

22M37A (размер экрана 21.5", 1920x1080, 16:9) [24] стоит 8 980,00 грн., а стоимость за 12 компьютеров – 107 760,00 грн, что почти в 5 раз меньше стоимости набора пакетов проприетарных прикладных программ.

Таблица 5 – Оценка стоимости наборов пакетов прикладных программ типового рабочего места студента

Компоненты набора пакетов	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Windows 8.1, Microsoft Office 2013, Visual Studio Professional 2013, Mathcad.	492 612,00
Windows 8.1, LibreOffice, Eclipse, GNU Octave.	35 880,00
Debian 8.0, LibreOffice, Qt Creator, Scilab.	0,00

К несомненным преимуществам перехода на свободное программное обеспечение (СПО) является высвобождение финансовых ресурсов, связанное со стоимостью приобретения СПО, снижение количества нелегального программного обеспечения, обеспечение кроссплатформенности и более низки системные требования СПО, что позволяет использовать даже морально устаревший парк вычислительной техники в учебном процессе.

Недостатки внедрения в учебный процесс свободного программного обеспечения. Несмотря на очевидные выгоды перехода на СПО, существует ряд трудностей, замедляющих процесс распространения СПО в высших учебных заведениях Украины. К психологическим трудностям следует отнести: - инертность и консервативность преподавательского состава; - необходимость переобучения преподавательского состава.

К техническим трудностям относятся:

- необходимость дополнительных затрат времени и усилий на разработку новых учебных программ, адаптацию существующих учебных программ к новому программному обеспечению;
- ориентированность некоторые узкоспециализированных программ исключительно на одну операционную систему, чаще всего Windows, что также осложняет внедрение свободных операционных систем (например, Debian);
- сложности с совместимостью закрытых форматов файлов, таких как .doc, .docx, .xls, .xlsx и другими.

Международный опыт внедрения СПО. Несмотря на сложности, возникающие при переходе на СПО, последнее получило значительное распространение не только в системе высшего образования, но и в корпоративном сегменте. Так, ПриватБанк стал самым крупным мировым корпоративным клиентом GNU/Linux: на 36 500 компьютерах банка установлена операционная система Ubuntu Linux [25]. Существующие сложности внедрения свободных операционных систем и СПО не являются критическими и непреодолимыми. Так, например, в Германии около 40% учебных заведений используют

GNU/Linux (университеты, школы), в Испании более чем 400 тыс. компьютерных систем учебных заведений используют GNU/Linux, ВУЗы Швейцарии также активно используют в образовательном процессе GNU/Linux [26]. Свободное программное обеспечение широко внедрено и используется как при обучении специалистов в области информационных технологий, так и при информационной подготовке специалистов различного направления в ряде университетов Российской Федерации, таких как Московский государственный университет (МГУ), Удмуртский государственный университет (УдГУ), Санкт-Петербургский торгово-экономический институт (СПбТЭИ), Томский государственный педагогический университет (ТГПУ), Университет города Переславля, Южный федеральный университет (ЮФУ), Елецкий государственный университет (ЕГУ) [27].

Выводы. Внедрение свободного программного обеспечения в учебный процесс высших учебных заведений представляет собой скрытый экономический ресурс для проведения работ по обновлению парка вычислительной техники студенческих компьютерных лабораторий. Так, использование свободного программного обеспечения в одной компьютерной лаборатории, в состав которой входит 12 компьютеров, может сэкономить до 492 612,00 грн., что в пять раз превышает стоимость этих 12-ти компьютеров. Несмотря на сложности перехода на СПО, международный опыт и опыт отечественных ВУЗов свидетельствует об экономических преимуществах внедрения СПО.

Список литературы: 1. *Экономика – Финансы.* Все на армю, образование не приоритет: кому урежут бюджет 2015 / *Экономика–Финансы*, 25 декабря 2014. – Режим доступа: <http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju—obrazovanie-ne-prioritet—komu-urezhet-bjudzhet-2015>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 2. *Д. Марчук.* В бюджете-2013 депутаты тайком увеличили расходы на себя, Кабмин и милицию / *Дарья Марчук* // Государство - Forbes Украина, 11 декабря 2012. – Режим доступа: <http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvelichili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 3. *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина.* Microsoft: в госорганах Украины пиратского ПО — 70% / *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*, 26 декабря 2014. – Режим доступа: <http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganah-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 4. *microsoft.com.* Статистика и вред пиратства / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 5. *microsoft.com.* Microsoft Volume Licensing - Microsoft Office / *microsoft.com*. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/office.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 6. *libreoffice.org.* Licenses | LibreOffice - Free Office Suite - Fun Project - Fantastic People / *libreoffice.org*. – Режим доступа: <https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 7. *soft.rozetka.com.ua.* Microsoft Office - Интернет магазин Rozetka.ua / *soft.rozetka.com.ua*. – Режим доступа: <http://soft.rozetka.com.ua/office-applications/c80064/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 8. *visualstudio.com.* How to buy Visual Studio / *visualstudio.com*. – Режим доступа: <https://www.visualstudio.com/en-us/products/how-to-buy-vs.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 9. *qt.io.* Qt Licensing | Qt 5.4 / *qt.io*. – Режим доступа: <http://doc.qt.io/qt-5/licensing.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 10. *eclipse.org.* Eclipse Public License - Version 1.0 / *eclipse.org*. – Режим доступа: <https://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 11. *microsoft.com.* Visual Studio Languages / *microsoft.com*. –

Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/ee822860%28v=vs.100%29.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **12. qt.io.** Category:Tools::QtCreator - Qt Wiki / qt.io. – Режим доступа: <http://wiki.qt.io/Category:Tools::QtCreator>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **13. eclipse.org.** Eclipse - The Eclipse Foundation open source community website / eclipse.org. – Режим доступа: <https://eclipse.org/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **14. softkey.ua.** Средства разработки Visual Studio | Супермаркет программного обеспечения - Софткей-Украина / [softkey.ua](http://www.softkey.ua). – Режим доступа: <http://www.softkey.ua/catalog/index.php?CID=491>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **15. gnu.org.** Octave Copyright Information / [gnu.org](http://www.gnu.org). – Режим доступа: www.gnu.org/software/octave/license.html. – Дата обращения: 17 мая 2015. **16. scilab.org.** License / Scilab / Home — Scilab / [scilab.org](http://www.scilab.org). – Режим доступа: <http://www.scilab.org/scilab/license>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **17. maxima.sourceforge.net.** Система компьютерной алгебры Maxima / maxima.sourceforge.net. – Режим доступа: <http://maxima.sourceforge.net/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **18. mathworks.com.** MATLAB and Simulink Pricing and Licensing Overview / [mathworks.com](http://www.mathworks.com). – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/pricing-licensing/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **19. ptc.com.** TS Miscellaneous: Mathcad Licensing FAQ - PTC.com / [ptc.com](http://www.ptc.com). – Режим доступа: www.ptc.com/go/mathcad/licensingfaq. – Дата обращения: 17 мая 2015. **20. wolfram.com.** Research Universities & Teaching Colleges: Mathematica License Pricing / [wolfram.com](http://www.wolfram.com). – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/mathematica/pricing/colleges-universities.php?desktop>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **21. mathworks.com.** License for MATLAB Student R2015a / [mathworks.com](http://www.mathworks.com). – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/store/link/products/student/new>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **22. ptc.com.** PTC Webstore / [ptc.com](http://www.store.ptc.com). – Режим доступа: <http://www.store.ptc.com/promo/95144000>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **23. allo.ua.** Компьютер PrimePC Multimedia A4074.01.36 в интернет-магазине ALLO.ua / allo.ua. – Режим доступа: <http://allo.ua/kompjutyery/primepc-multimedia-a4074-01-36.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **24. plaza.kh.ua.** Монитор TFT 21.5 LG 22M37A-B. Интернет-Магазин Plaza.kh.ua / [plaza.kh.ua](http://www.plaza.kh.ua). – Режим доступа: <http://www.plaza.kh.ua/product/index.php?id=122691880>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **25. privatbank.ua.** ПриватБанк став найбільшим у світі корпоративним користувачем Linux / privatbank.ua. – Режим доступа: <https://privatbank.ua/ua/news/privatbank-stal-krupneishim-v-mire-korporativnim-polzovatilem-linux/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **26. ualinux.com.** Кто использует Linux и СПО? / ualinux.com. – Режим доступа: <https://ualinux.com/en/use-linux>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **27. Алексеев Е. Р.** Использование свободного программного обеспечения в университетах и исследовательских учреждениях Российской Федерации / Е.Р. Алексеев, В.Н. Брагилевский // Материали другої міжнародної н-практичної конференції FOSS Lviv 2012, 26-28 квітня 2012 р. : Тези допов. – Львів : 2012. – С. 5.

Bibliography (transliterated): 1. *Ekonomika — Finansy. Vse na armiyu, obrazovaniye ne prioritet: komu urezhut byudzhet - 2015. Ekonomika — Finansy*, 30 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjuzdhet-2015>>. 2. D. Marchak. V byudzhet-2013 deputaty taykom uvelichili rashody na sebya, Kabmin i militsiyu. *Gosudarstvo - Forbes Ukraina*, 11 December 2012. Web. 08 May 2015 <<http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvelichili-rashody-na-sebya-kabmin-i-militsiyu>>. 3. IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina. Microsoft: v gosorganakh Ukrainy piratskogo PO — 70%. *IT i Telekom: delovoy*

novostnoy sayt Delo Ukraina, 26 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganah-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>>. 4. microsoft.com. Statistika i vred piratstva. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>>. 5. microsoft.com. Microsoft Volume Licensing - Microsoft Office. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/office.aspx>>. 6. libreoffice.org. Licenses | LibreOffice - Free Office Suite - Fun Project - Fantastic People. *libreoffice.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/>>. 7. soft.rozetka.com.ua. Microsoft Office - Internet magazin Rozetka.ua. soft.rozetka.com.ua. Web. 17 May 2015 <<http://soft.rozetka.com.ua/office-applications/c80064/>>. 8. visualstudio.com. How to buy Visual Studio. *visualstudio.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.visualstudio.com/en-us/products/how-to-buy-vs.aspx>>. 9. qt.io. Qt Licensing | Qt 5.4. *qt.io*. Web. 17 May 2015 <<http://doc.qt.io/qt-5/licensing.html>>. 10. eclipse.org. Eclipse Public License - Version 1.0. *eclipse.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html>>. 11. microsoft.com. Visual Studio Languages. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/ee822860%28v=vs.100%29.aspx>>. 12. qt.io. Category:Tools::QtCreator - Qt Wiki. *qt.io*. Web. 17 May 2015 <<http://wiki.qt.io/Category:Tools::QtCreator>>. 13. eclipse.org. Eclipse - The Eclipse Foundation open source community website. *eclipse.org*. Web. 17 May 2015 <<https://eclipse.org/>>. 14. softkey.ua. Средства разработки Visual Studio | Supermarket programmnogo obespecheniya - Softkey-Ukraina. [softkey.ua](http://www.softkey.ua). Web. 17 May 2015 <<http://www.softkey.ua/catalog/index.php?CID=491>>. 15. gnu.org. Octave Copyright Information. *gnu.org*. Web. 17 May 2015 <www.gnu.org/software/octave/license.html>. 16. scilab.org. License / Scilab / Home — Scilab. *scilab.org*. Web. 17 May 2015 <<http://www.scilab.org/scilab/license>>. 17. maxima.sourceforge.net. Sistema komp'yuternoy algebrы Maxima. maxima.sourceforge.net. Web. 17 May 2015 <<http://maxima.sourceforge.net/ru/>>. 18. mathworks.com. MATLAB and Simulink Pricing and Licensing Overview. *mathworks.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.mathworks.com/pricing-licensing/>>. 19. ptc.com. TS Miscellaneous: Mathcad Licensing FAQ - PTC.com. *ptc.com*. Web. 17 May 2015 <www.ptc.com/go/mathcad/licensingfaq>. 20. wolfram.com. Research Universities & Teaching Colleges: Mathematica License Pricing. *wolfram.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.wolfram.com/mathematica/pricing/colleges-universities.php?desktop>>. 21. mathworks.com. License for MATLAB Student R2015a. *mathworks.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.mathworks.com/store/link/products/student/new>>. 22. ptc.com. PTC Webstore. *ptc.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.store.ptc.com/promo/95144000>>. 23. allo.ua. Komp'yuter PrimePC Multimedia A4074.01.36 v internet-magazine ALLO.ua. allo.ua. Web. 17 May 2015 <<http://allo.ua/kompjutyery/primepc-multimedia-a4074-01-36.html>>. 24. plaza.kh.ua. Monitor TFT 21.5 LG 22M37A-B. Internet-Magazin Plaza.kh.ua. [plaza.kh.ua](http://www.plaza.kh.ua). Web. 17 May 2015 <<http://www.plaza.kh.ua/product/index.php?id=122691880>>. 25. privatbank.ua. PrivatBank stav naybil'shim u sviti korporativnim koristuvachem Linux. privatbank.ua. Web. 17 May 2015 <<https://privatbank.ua/ua/news/privatbank-stal-krupneishim-v-mire-korporativnim-polzovatilem-linux/>>. 26. ualinux.com. Kto ispol'zuyet Linux i SPO? ualinux.com. Web. 17 May 2015 <<https://ualinux.com/en/use-linux>>. 27. Alekseyev Ye. R., V.N. Bragilevskiy. "Ispol'zovaniye svobodnogo programmnoy obespecheniya v universitetakh i issledovatel'skikh uchrezhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii". *Materiali drugoi mizhnarodnoi n-praktichnoi konferentsii FOSS Lviv 2012, 26-28 kvitnya 2012 r. : Tezi dopov. L'viv : 2012. 5. Print.*

Поступила (received) 01.09.2015

Краснокутский Евгений Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.
Краснокутский Yevgeniy Vladimirovich – PhD, senior lecturer of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.

УДК 674.8

В. Є. ВЕДЬ, А. М. МИРОНОВ**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ СТРУКТУРОЮ ДЕРЕВИНИ ТА КІНЕТИКОЮ ПРОЦЕСУ ЇЇ СУШКИ**

В роботі вивчається вплив структури деревинної сировини на механізм протікання процесів її сушіння. У даній статті досліджено мікроскопічну будову деревини та визначено пористість матеріалу. Кінетика сушки розглядається на прикладі п'яти різних порід дерев – чотирьох листвяних та однієї хвойної. Проведено досліді щодо випаровування води з плоскої поверхні та за допомогою встановлення термопар оцінено межі прогріву підослідного матеріалу. Досліджено процес випаровування вологи для трьох груп зразків різних порід, обчислена швидкість протікання сушки, а також визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу. З'ясовано удаваний порядок реакції, яка відбувається під час сушіння. На підставі вищевикладеного робиться висновок щодо необхідності у диференціації методик сушіння початкової сировини у залежності від її типу.

Ключові слова: деревина, сушка, порода, структура, волога, реакція, температура, піроліз, швидкість процесу.

Вступ. Деревина, яка заготовлена у лісі, доставляється до відповідних підприємств водояним, залізничним або автомобільним транспортом. Найбільш економічним видом транспорту є сплав деревини за течією річок або озер на баржах. Збереження деревинної сировини відбувається на лісових складах, які являють собою відкритий майданчик, максимально рівний та нерідко розташований поряд із водоймами або уздовж берегової лінії [1].

Таким чином, деревина завжди містить вологу. За вологістю вона підрозділяється на три групи: повітряно-суху (20–25%), напівсуху (26–50%) та сиру (з більшим вмістом вологи). Сушка сировини є початковим етапом для процесу піролізу. Головна мета сушки полягає у перетворенні деревини з природної сировини на промисловий матеріал з покращеними технологічними властивостями. Задля отримання вірної картини протікання усього комплексу процесів, пропонується розглянути цю початкову стадію. Вихід вугілля з деревини хвойних порід трошки більше, ніж з листвяних порід, проте якість вугілля з листвяних порід вище [1].

Кінцева вологість деревини після сушки, окрім виключно важливого впливу на технологічні процеси піролізу (продуктивність апаратів, якість вугілля та рідких продуктів піролізу, об'єм стічних вод тощо), помітно впливає на витрату теплової енергії при піролізі деревини [2].

Формулювання цілей статті, постановка проблеми. Ціль цієї роботи – дослідити процес випаровування вологи зі зразка деревини різних порід, визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу, з'ясований порядок реакції, яка відбувається, та обчислена швидкість протікання сушки.

Прийнято вважати, що найбільш економічно доцільним є піроліз деревини вологістю 15–25%, але реальна вологість висушеної деревини коливається у значно більш широких межах. Під час камерної сушки терміни висихання деревини порівняно невеликі (декілька годин), крім того при кваліфікованому проведенні процесу є можливість отримати технологічну сировину будь-якої кінцевої вологості.

Одним з основних чинників, які впливають на продуктивність підприємства з піролізу деревини та собівартість отриманої продукції є вологість сировини, яка йде на переробку. Чим більш сухою є деревина, тим швидше відбувається процес піролізу, підви-

щується кислотність жижики та, відповідно, зменшуються теплові витрати на її переробку та утилізацію стічних вод. Саме тому інтенсифікація процесу сушки є першочерговим завданням для підвищення ефективності роботи піролізних підприємств.

Опис процесу. Сушка – це процес видалення вологи з матеріалу шляхом її випаровування. Видаляється, як правило, волога, зв'язана з деревиною адсорбційним та осмотичним чином, а також механічно (волога макро- та мікрокапілярів) [1, 2].

Під час сушки деревини волога внутрішніх шарів перед тим, як випаруватись, повинна переміститися до поверхні. Швидкість її переміщення всередині деревини у багато разів менша за можливу швидкість її випаровування з поверхні. Саме тому поверхневі шари деревини висихають швидше, ніж внутрішні [2].

Через відставання процесу переміщення вологи з внутрішніх областей деревини у порівнянні з процесом випаровування її з поверхні утворюється значна різниця (перепад) вологості між внутрішніми та поверхневими шарами деревини. Чим більший перепад вологості у деревині, тим більш інтенсивне у ній переміщення вологи. Другим збудником переміщення вологи всередині матеріалу є різниця температур між внутрішніми та зовнішніми шарами матеріалу, що висушується [2].

У даній статті розглядатиметься процес сушіння деревинної сировини при температурах, що не перевищують 150 °С, та до кінцевої вологості, величина якої є межевою для процесів сушки та процесу початку власне піролізу.

Матеріали досліджень. Наразі для сушіння деревини на піролізних підприємствах використовується атмосферна (природна) та камерна (штучна) сушка.

Для дослідження було обрано зразки п'яти порід дерев: бук, береза, дуб, сосна та червоне дерево. Наведено дані щодо одного зразку листвяної породи та одного зразку хвойної (берези та сосни відповідно).

Задля отримання цілковитого уявлення про процес було проведено три серії дослідів (кожна з кількома дублюючими експериментами для уточнення даних):

1) обробка цехового технологічного матеріалу, який пройшов первинну підготовку для столярних цілей (нижчий рівень вологості);

2) обробка сирого матеріалу, отриманого безпосередньо з відкритого повітря (середній рівень вологості);

3) обробка цехового технологічного матеріалу, який попередньо був штучним чином максимально насичений вологою (найвищий рівень вологості).

Крім того, були здійснені попередні заходи: під мікроскопом досліджені внутрішні структури зразків деревини, проведені досліди випаровування води з плоскої поверхні, а також оцінені межі прогріву піддослідного матеріалу за допомогою встановлення термопар, про все це йтиметься нижче.

Результати досліджень. Очевидно, що суттєвий вплив на перебіг процесу випарювання рідини з товщі деревини має її структурна будова. Деревина складається з кліток, які здебільшого являють собою порожні трубки різного діаметру. Порожнини клітин, поєднані між собою порами (рис. 1), утворюють у деревині макрокапілярну систему.

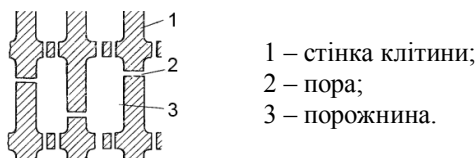


Рис. 1 – Схема макрокапілярної структури деревини

Відомо, що стінки клітин мають волокнисту будову. За допомогою мікроскопу, обладнаного камерою, було отримано фотознімки внутрішніх структур для кожної породи дерев. Це дослідження підтвердило уявлення про те, що сорбційна ємність деревини для різних порід відрізняється через структурні розбіжності. У якості найбільш цікавих зразків наведемо приклад берези та сосни (рис. 2 та 3).

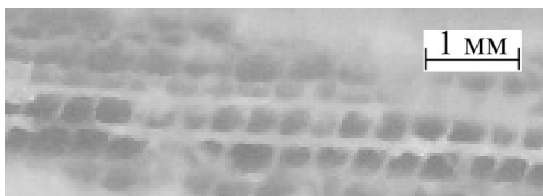


Рис. 2 – Внутрішня структура берези

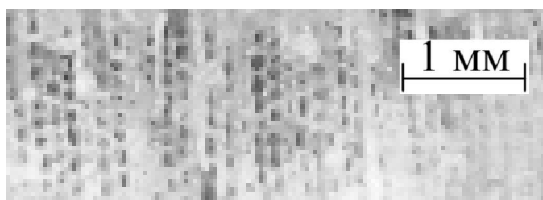


Рис. 3 – Внутрішня структура сосни

Сосуди зустрічаються тільки у листяних порід. Як можна побачити на першому знімку, у берези чітко вирізняються окремі волокна, які рівномірно розташовані уздовж зразка деревини. Відстань між структурними одиницями дозволяє накопичувати та утримувати достатньо велику кількість вологи за умов стабільної температури навколишнього середовища. Натомість смоляні ходи зустрічаються виключно

у хвойних порід. Вони представляють собою міжклітчасті канали, заповнені смолою. Наведений на знімку розріз наочно демонструє поздовжні волокнини, що перетягнуті поперечними, що дає змогу побачити сітчасту систему, яка більше нагадує бджолині стільники. Така структура довше набирає, але й довше утримує вологу, що продемонстрували результати наступних експериментів.

Якщо загальний об'єм шматочка деревини прийняти за 100%, то співвідношення між об'ємом стінок клітки та об'ємом порожнин клітки буде, яке наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Пористість деревини

Порода	Стінок клітки, % об'єму	Порожнин клітки, % об'єму
Береза	39	61
Сосна	33	67

Зрозуміло, що пористість впливає на питому вагу, гігроскопічність, теплопровідність та на інші фізичні властивості деревини.

Дослідження процесу випаровування води просто з плоскої поверхні проводилося для виявлення кореляції між параметрами часу сушки та кількістю вологи у вихідному матеріалі. Далі необхідно було визначити кількісну характеристику вмісту вологи у зразку.

За температури 150 °C зразок вагою 1 грам піддавався сушці та через фіксовані інтервали часу, однакові за величиною, знімалися показники зменшення маси зразку. Його кінцева вага дорівнює масі сухої деревини, а маса, що випарилася, – кількості води у складі вихідної одиниці зразка та відсотку пористості цього зразка.

Подібний експеримент фактично являє собою дослідження кінетики сушки – тобто він встановлює зв'язок між зміненням вологості матеріалу ω^c у часі та іншими параметрами процесу: $\omega^c = f(\tau)$.

Універсальна відсоткова величина вмісту вологи у матеріалі від початкової маси:

$$w_{\%} = \frac{G_{\text{поч.}} - W_i}{G_{\text{поч.}}} \cdot 100 \%,$$

де $G_{\text{поч.}}$ – вага зразку перед початком сушки;

W_i – кількість вологи у певний момент часу,

$$W_i = \frac{Y_i \cdot G_{\text{поч.}}}{100};$$

Y_i – відсоток вологи від початкової ваги зразку.

Поступовість випаровування вологи зі зразку деревини розглядається на прикладі одного шматку листяної та одного шматку хвойної породи, кожен з яких має найменший (цеховий підсушений) та найбільший (цеховий насичений) рівень вологості (рис. 4–7).

Отримані кінетичні залежності сушки деревини різних порід дозволяють апроксимувати їх диференційними рівняннями n-ного порядку [3], для яких була проведена ідентифікація параметрів:

$$-\frac{dC_A}{dt} = nkC_A^n;$$

$$C_A^{1-n} - C_{A0}^{1-n} = (n-1) \cdot nkt.$$

Звідси виразимо n .

$$\ln C_{A_n}^{1-n} = (1-n) \cdot \ln C_{A_0};$$

$$n = 1 - \ln \frac{C_{A_n}^{1-n}}{C_{A_0}}$$

Доведено, що варіювання величини n не має суттєвого впливу на вигляд функції для усіх порід досліджуваної деревини при значеннях $n \sim 1,05$. Роби-мо висновок про те, що відбувається реакція першого порядку за загальною формулою $y=ax+b$. Наведемо приклад однієї функції – тут функції для сосни з меншою вологістю – рис. 8.

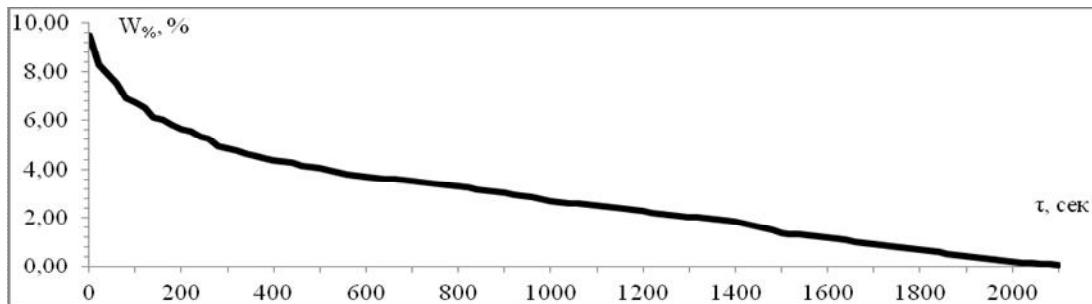


Рис. 4 – Кінетика сушки берези з найменшим рівнем вологості (9,3%)

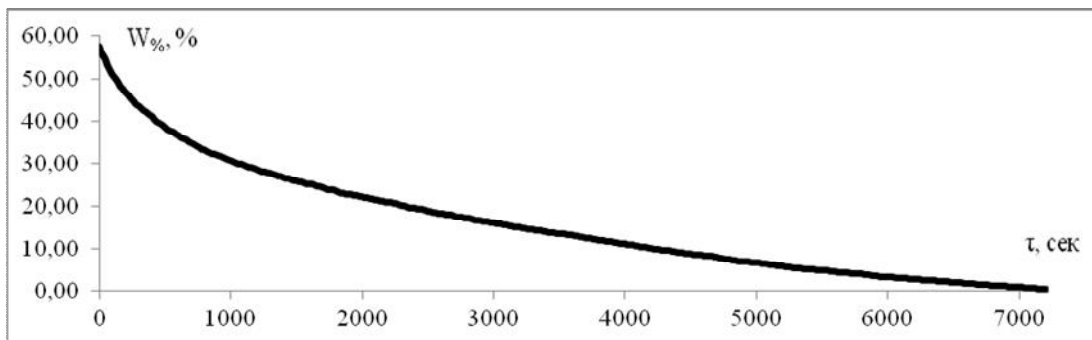


Рис. 5 – Кінетика сушки берези з найбільшим рівнем вологості (57,7%)

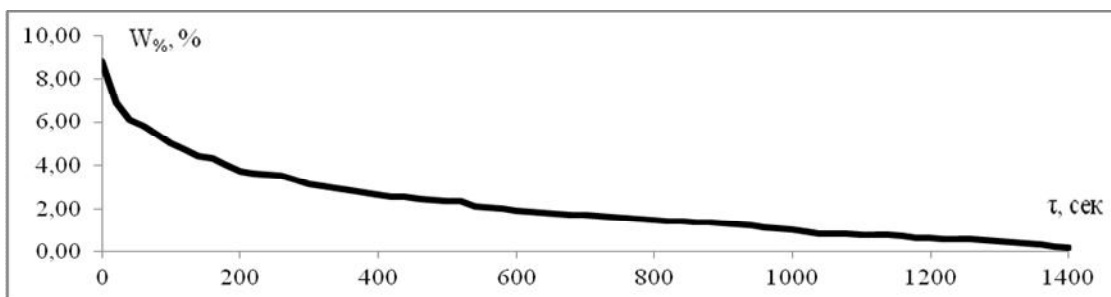


Рис. 6 – Кінетика сушки сосни з найбільшим рівнем вологості (8,8%)

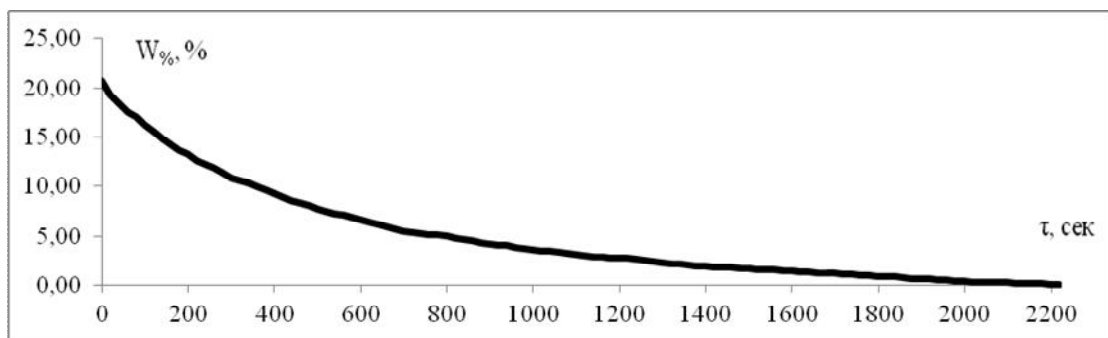


Рис. 7 – Кінетика сушки сосни з найбільшим рівнем вологості (20,7%)

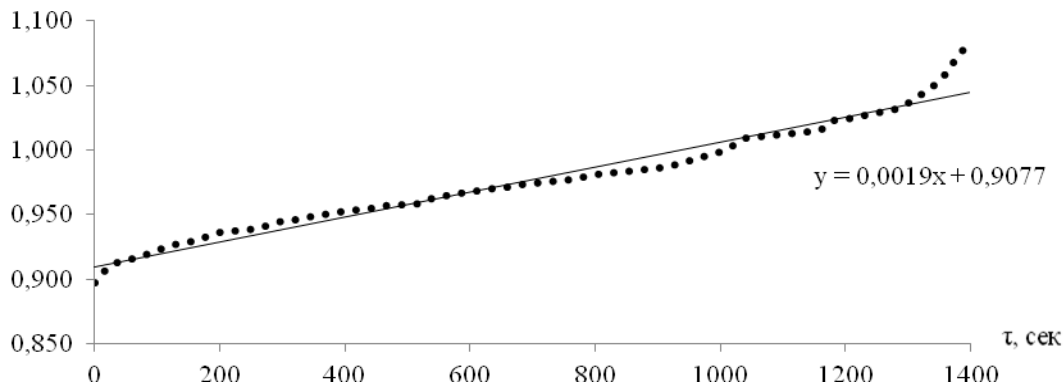


Рис. 8 – Функція пошуку порядку реакції на прикладі сушки зразку сосни

Ця функція може бути лінеаризована за допомогою виразу $y=0,001x+0,907$.

Подібним чином можна лінеаризувати всі отримані криві та для реакцій першого порядку використати рівняння кінетики сушки. Швидкість являє собою функцією часу, тобто можна скористатись наступним перетвореним рівнянням [3]:

$$-\int_{w_{\%0}}^{w_{\%i}} \frac{dw_{\%}}{w_{\%}} = k \int_0^t dt;$$

$$-\ln\left(\frac{w_{\%i}}{w_{\%0}}\right) = k \cdot t.$$

Швидкість процесу:

$$v = -\ln\left(\frac{w_{\%i}}{w_{\%0}}\right).$$

На рис. 9–12 зображені криві швидкостей сушки для тих самих зразків, які наведено вище. Всі криві мають однорідний вигляд та на них відсутні різкі зміни.

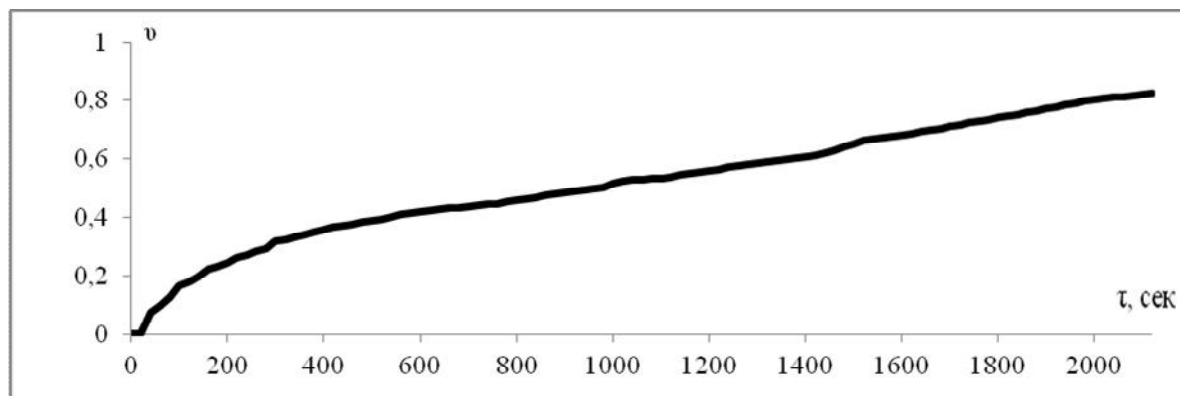


Рис. 9 – Швидкість сушки берези з найменшим рівнем вологості

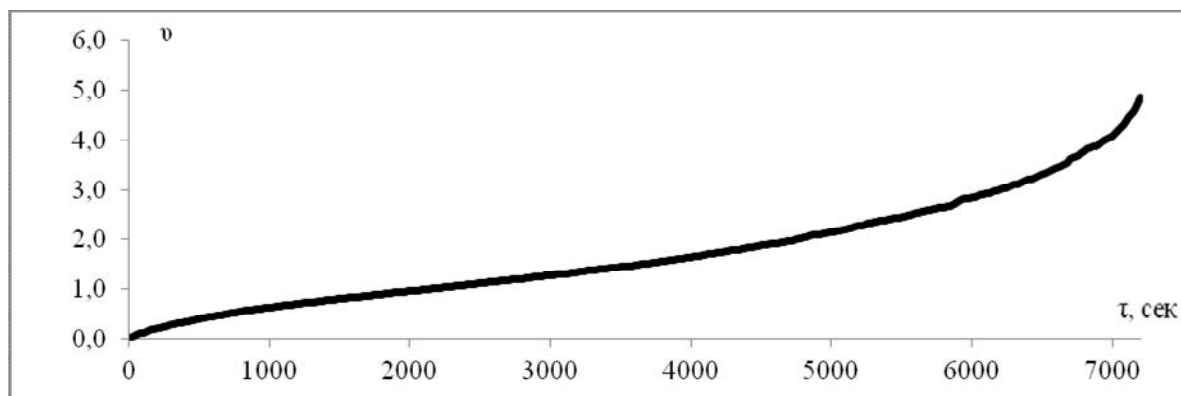


Рис. 10 – Швидкість сушки берези з найбільшим рівнем вологості

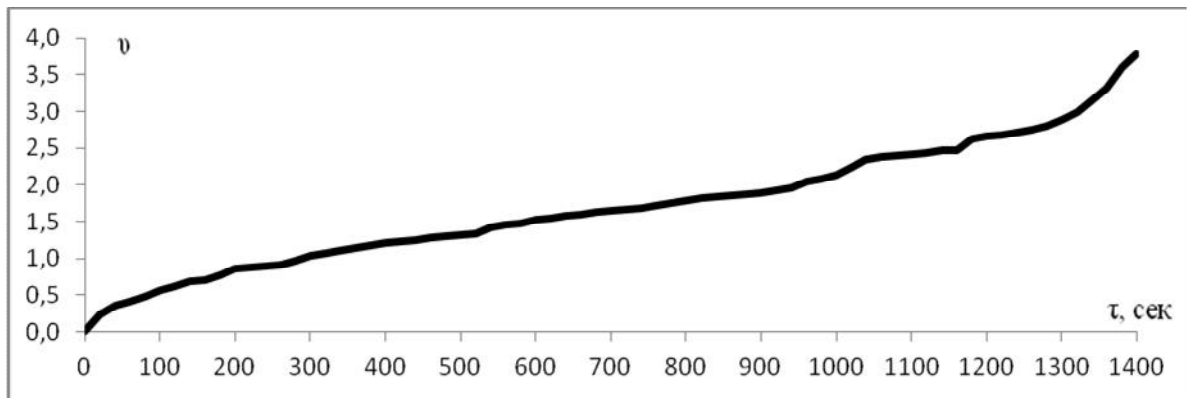


Рис. 11 – Швидкість сушки сосни з найменшим рівнем вологості

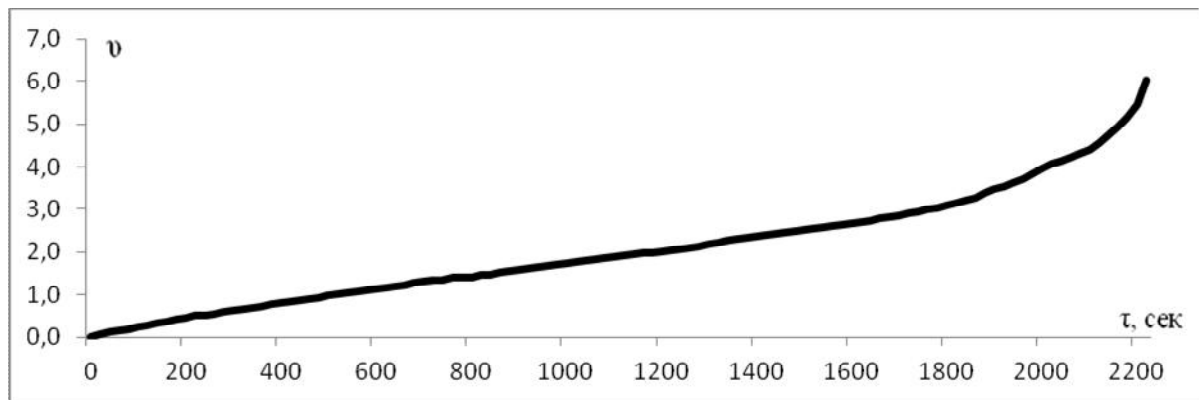


Рис. 12 – Швидкість сушки сосни з найбільшим рівнем вологості

Варіюючи величиною, обчислимо k :

$$k = \frac{t \cdot g \cdot \alpha}{n \cdot (n - 1)}$$

В результаті ми отримаємо сімейство кривих, що мають різний кут нахилу. Після підрахунків співвідношення отриманих значень здебільшого підтверджують попередні висновки щодо вологосприйнятливості, засновані на вивченні структури деревини та кривих кінетики сушки. Виходячи з вищевикладеного, є очевидною необхідність у диференціації методики сушіння початкової сировини.

Висновки. Сушка сировини є початковим етапом для процесу піролізу. У даній статті було вивчено структуру деревини, досліджено процес випаровування вологи зі зразків різних порід, визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу, з'ясований порядок реакції, яка відбувається, та обчислена швидкість протікання сушки. Процес має

розглядатися без відриву від подальшої переробки сировини на піролізному підприємстві.

Список літератури: 1. Ковернинский И.И. Комплексная химическая переработка древесины: Учебник для вузов / И.И. Ковернинский, В.И. Комаров, С.И. Третьяков, Н.И. Богданович, О.М. Соколов и др. – Архангельск: Издательство АГТУ, – 2002. – 347 с. 2. Выродов В.А. Технология лесохимических производств: Учебник для вузов / В.А. Выродов, А.Н. Кислицын, М.И. Глухарёва и др. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 352 с. 3. Царева З.М. Основы теории химических реакторов / З.М. Царева, Л.Л. Товажнянский, Е.И. Орлова – Харьков: ХГПУ, – 1997. – 624 с.

Bibliography (transliterated): 1. Koverninskiy I.I. Kompleksnaya himicheskaya pererabotka drevesyiny: Uchebnik dlya vuzov / I.I. Koverninskiy, V.I. Komarov, S.I. Tretyakov, N.I. Bogdanovich, O.M. Sokolov i dr. – Arhangelsk: Izdatelstvo AGTU, – 2002. – p.347. 2. Vyirodov V.A. Tehnologiya lesohimicheskikh proizvodstv: Uchebnik dlya vuzov / V.A. Vyirodov, A.N. Kislitsyin, M.I. Gluharyova i dr. – M.: Lesnaya promyshlennost, 1987. – p. 352. 3. Tsareva Z.M. Osnovy teorii himicheskikh reaktorov / Z.M. Tsareva, L.L. Tovazhnyanskiy, E.I. Orlova – Harkov: HGPU, – 1997. – p. 624.

Надійшла (received) 31.03.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Валерій Євгенович Ведь, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0978326949; ved@kpi.kharkov.ua,

Антон Миколайович Миронов, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0934063035; 380934063035@ya.ru.

Valery Evhen'evych Ved, Doctor of Technical Sciences, professor, National technical university "Kharkiv polytechnic university", 0978326949; ved@kpi.kharkov.ua,

Anton Nikolaevych Myronov, postgraduate, National technical university "Kharkiv polytechnic university", 0934063035; 380934063035@ya.ru.

УДК 665.36

Ю. Е. ОМЕЛЬЧЕНКО, И. Н. ДЕМИДОВ**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИПИДОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Воскоподобные вещества являются ценным продуктом и сырьем для многих отраслей промышленности. Существующие способы получения восков имеют ряд недостатков, таких как значительные энергетические затраты, большой расход растворителя или образование дополнительных отходов. В статье представлены результаты исследований выделения липидов из отработанного фильтрующего порошка (зажиренный перлит) с последующим выделением воскоподобных веществ методом перколяционной экстракции.

Ключевые слова: воскоподобные вещества, фильтрующий порошок, экстракция, гексан, сивушное масло.

Введение. На сегодняшний день переход на использование высокоэффективных экологически чистых производств и технологий является актуальной задачей для всех отраслей промышленности. Этот переход направлен не только на энергосбережение и полную использования сырья, но и на уменьшение отходов за счет их рециркуляции или дальнейшего использования в других производствах [1, 2].

В масложировой промышленности удаление воскоподобных веществ осуществляется на стадии вымораживания, которая включает в себя охлаждение масла, экспозицию и фильтрование выпавших кристаллов восков с помощью фильтрующего порошка [3]. Вследствие этого образуется трудно утилизируемый вторичный продукт с довольно большим содержанием липидов – до 65 %.

Предлагаемые способы использования и утилизации маслосодержащего фильтровального порошка многообразны:

- добавка к комбикормам животных [4, 5].
- удобрение для восстановления почвы.
- применение в качестве сырья для производства цемента и перпича.
- вывоз в места захоронения [6].

На первый взгляд перечисленные способы утилизации фильтровального порошка просты и целесообразны, однако не всегда рациональны с экономической точки зрения.

Отработанный фильтровальный порошок представляет собой смесь ценных продуктов, таких как воскоподобные вещества, масло и фильтрационный порошок. Воск является ценным продуктом для коммерческого использования (в косметологии, фармацевтике и др.), а также в технике. Выделенное из отработанного фильтрующего порошка масло может быть возвращено в производство или использоваться в качестве сырья для получения других продуктов. Обезжиренный порошок желателно использовать повторно на стадии вымораживания.

Исходя из выше сказанного, переработка такого побочного продукта масложировой промышленности, как зажиренный фильтрующий порошок, является актуальной задачей.

Анализ последних исследований и литературы. В ранее опубликованных изданиях [7 – 9] были представлены некоторые способы

извлечения воскоподобных веществ и регенерации фильтровального порошка.

Разделение отработанного перлита с использованием водного раствора мыла предусматривает получение регенерированного фильтрующего порошка и смеси масло-воск. Водный раствор мыла добавляется непосредственно к перлиту или получается путем омыления жирных кислот, находящихся в перлите, едким натрием. Подсолнечное масло отфильтровывают от кристаллов восков через тканевые салфетки на фильтр-прессе в присутствии свежего фильтрующего порошка или регенерированного [7]. Недостатком данного способа разделения является образование большого количества сточных вод, большая длительность и многостадийность процесса.

В работе [11] предлагается разделение отработанного фильтрующего порошка горячей водной экстракцией для получения жировосковой смеси с последующим удалением остаточной влаги вакуумной сушкой. Далее жировосковая смесь охлаждается в течение 5 – 72 часов при температуре 4 – 40 °С, и фильтруется от выпавших кристаллов воска. Неблагоприятным фактором данного способа является длительность процесса и сложность аппаратного оформления.

Использование органических растворителей для извлечения липидных веществ из отработанного фильтрационного порошка было продемонстрировано в [8 – 10]. В качестве растворителя при экстракции использовался изопропиловый спирт [8, 12] и абсолютный этиловый спирт (с концентрацией не ниже 99 %) [8, 9].

Использование в качестве растворителя изопропилового спирта описано в [12]. Технология предусматривает смешивание фильтровального порошка с маслом или жиром, нагревание смеси и отделение липидной части. Полученный фильтрат охлаждают и разделяют на масло и концентрированный масло-восковой осадок, который растворяют в изопропиловом спирте. После кристаллизации восков раствор фильтруют, мисцеллу дистиллируют с получением масла, воскоспиртовой осадок дистиллируют с целью получения восков [12]. Многостадийность и сложность аппаратного оформления процесса являются недостатками данной технологии.

Предложенный способ извлечения липидов из фильтрующего порошка абсолютным этанолом предлагает получение регенерированного фильтрующего порошка с остаточной масличностью ниже 2,0 % и смесь масло-воск, без последующего его разделения. Однако этиловый спирт дорог, а его абсолютизация длительный и недешевый процесс.

Метод регенерации отработанного фильтровального порошка предлагаемый в работе [13] заключается в пропускании метилендихлорида через слой фильтровального порошка с последующей отгонкой растворителя. В результате получают фильтровальный порошок, который может использоваться повторно и маслососковую смесь. Однако данный метод не предусматривает разделение маслососковой смеси с выделением ценного продукта – восков.

При выборе метода экстракции более перспективным является перколяционный, по сравнению с контактным. Этот метод экстракции рассматривался для извлечения липидов из фильтрующего порошка с использованием в качестве растворителя абсолютного этилового спирта [9]. Результаты показали сокращение расхода растворителя в два раза. Но на сегодняшний день стоимость абсолютного этилового спирта выше, по сравнению с другими растворителями, и это приводит к поиску альтернативных растворителей с аналогичными показателями извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка и кристаллизации воскоподобных веществ.

Цель и основные задачи исследования. Проанализировать глубину экстракции при использовании различных растворителей с помощью перколяционного метода. Определить выходы липидов и воскоподобных веществ.

Соответственно поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

– определить влияние предлагаемых растворителей на степень экстракции липидов из фильтрующего порошка;

– установить рациональные параметры технологического процесса экстракции липидов растворителями;

– исследовать кинетическую зависимость извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка;

– определить количественное содержание воскоподобных веществ в извлеченных липидах;

– определить состав обезжиренного и освобожденного от воскоподобных веществ фильтровального порошка.

Материалы исследования. Для реализации поставленной задачи объектом исследования был выбран отработанный фильтрующий порошок, полученный на Кировоградском жировом комбинате; масличность которого составила 56 %.

Экстракцию проводили перколяционным методом в колонне с водяной рубашкой при температуре 65 °С и 95 °С. Температурные режимы были выбраны в соответствии с температурами кипения используемых растворителей (гексан и сивушное масло).

Фильтрующий порошок помещался в экстракционную колонну, а растворитель подавался сверху, для воспроизведения производственных условий. В процессе эксперимента контролировалась подача растворителей и температура. Отбор пробы осуществлялся после каждых 10 см³ мисцеллы. В каждом полученном образце анализировалось содержание липидов, а в адсорбенте определяли остаточную масличность.

Результаты исследования. На рис. 1 показана кинетика извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка с использованием в качестве растворителей гексан и сивушное масло.

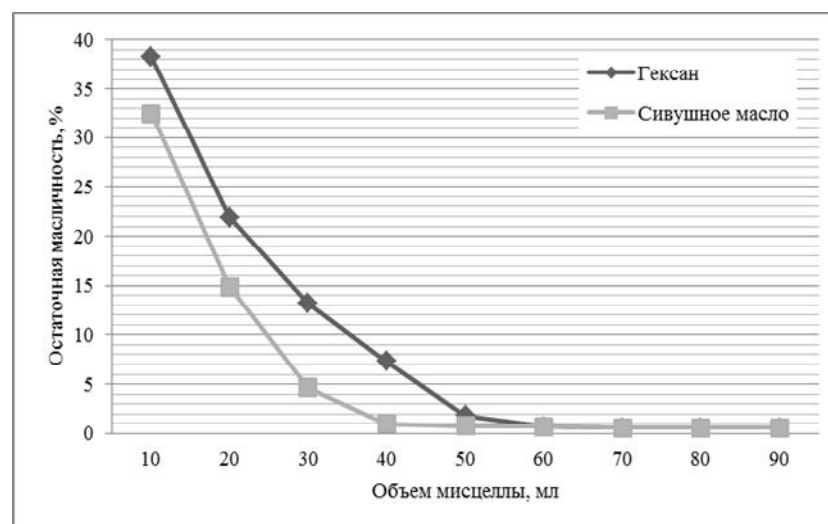


Рис. 1 – Кинетические кривые извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка

Из данных, приведенных на рис. 1 видно, что скорость экстракции выше при использовании в качестве растворителя сивушного масла. Остаточная масличность меньше 1 % наблюдается уже при отборе 4-й пробы, в то время как, у гексана она

довольно высока – более 7 %, при тех же параметрах.

По результатам эксперимента (рис. 1) было определено рациональное соотношение растворитель–зажиренный перлит. Для подтверждения полученных

данных была проведена серия экспериментов, результаты извлечения общего количества липидов изображены на рис. 2.

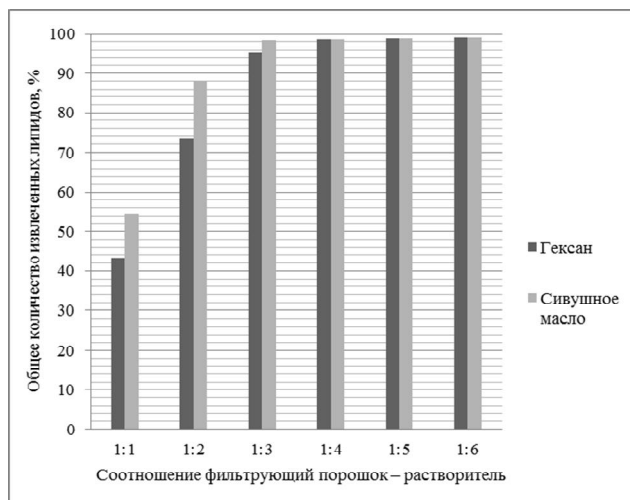


Рис. 2 – Степень извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка от количества растворителя

По результатам представленных на рис. 2 видно, что сивушное масло извлекает более 98 % от общего количества липидов при соотношении фильтрующий порошок : растворитель – 1:3, по сравнению с гексаном – около 95 % при том же соотношении.

На рис. 3 показывает зависимость остаточной масляности фильтрующего порошка от количества растворителя.

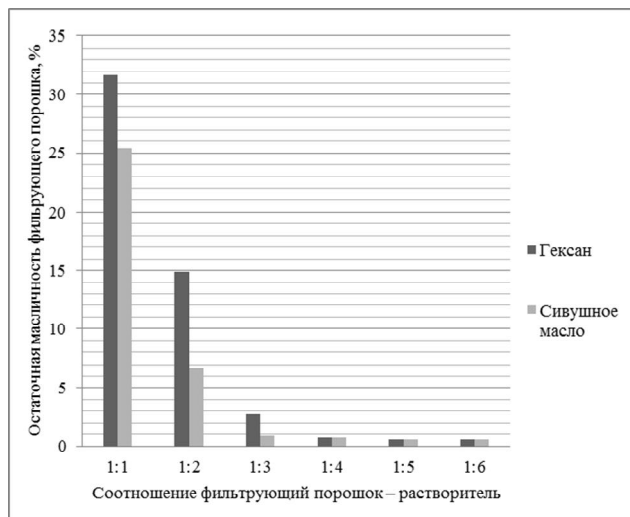


Рис. 3 – Извлечение остаточной масляности фильтрующего порошка от количества растворителя

Из графика видно, что остаточная масляность фильтрующего порошка при соотношении фильтрующий порошок : сивушное масло – 1:3, составило менее 1 %, по сравнению с гексаном – более 2 % при тех же условиях.

Из рис. 2 и 3 вытекает, что при перколяционном методе экстракции липидов из отработанного фильтрующего порошка рациональные условия извлечения достигнуты при использовании в качестве растворителя сивушного масла в

соотношении фильтрующий порошок : растворитель как 1:3 и температуре процесса 95 °С. Общее количество извлеченных липидов составляет 98 % при остаточной масляности перлита менее 1 %.

Преимущество данного метода заключается в высокой степени извлечения нейтральных липидов, сокращения расхода растворителя и в отсутствии стадии фильтрации мисцеллы от фильтрующего порошка.

В полученных образцах липидов определили методом кристаллизации из растворителя содержание воскоподобных веществ. Для проведения анализа были выбраны следующие условия процесса: соотношение смеси масло–воск : растворитель – 1:5, температура кристаллизации 10 °С и время кристаллизации 24 ч, растворитель использовался тот же, которым извлекали образцы. Результаты представлены на рис. 4.

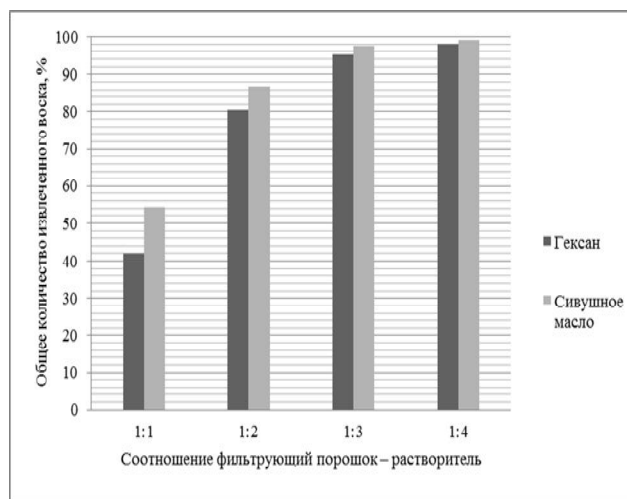


Рис. 4 – Количество извлеченных воскоподобных веществ в зависимости от количества растворителя

Как видно из рис. 4 наибольшее количество воскоподобных веществ извлечено из образца, полученного при соотношении отработанный фильтровальный порошок : растворитель – 1:3, в качестве растворителя использовалось сивушное масло. Выход воскоподобных веществ составил более 97 %.

В дальнейшей работе необходимо провести анализ показателей качества воскоподобных веществ, масла и фильтрационного порошка, полученных описанным выше методом.

Выводы. В ходе исследований были определены рациональные условия извлечения из отработанного фильтровального порошка (зажиренный перлит) нейтральных липидов и воскоподобных веществ. Был выбран дешевый и эффективный растворитель позволяющий извлекать 98 % воскоподобных веществ – сивушное масло. Определены рациональное соотношение компонентов смеси фильтрующий порошок : сивушное масло как 1:3, выбранный перколяционный метод экстракции доказал свою эффективность (более концентрированная мисцелла и снижение расхода растворителя). Остаточная масляность зажиренного перлита составила менее 1 %, что дает возможность

рекомендовать его к повторному использованию на стадии винтеризации растительных масел.

Таким образом, предложенный способ регенерации перлита дает следующие преимущества:

1. Возможность возврата адсорбента на стадию фильтрации воскоподобных веществ.
2. Нейтральные липиды после извлечения из них растворителя могут быть использованы в технических или кормовых целях.
3. Извлекается ценный продукт – воскоподобные вещества, которые используются во многих отраслях промышленности.

Список литературы: 1. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. – 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52. 2. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515. 3. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды – СПб.: Профессия, 2007. – С. 166–168. 4. Григорьева В. Использование жировых отходов масложировой промышленности в кормовых целях / В. Григорьева, В. Мачигин // Олейно-жировый комплекс. – 2005. – № 4 (11) – С. 40–42. 5. Герасименко Е. О. Применение отходов рафинационного производства для мыловарения / Е. О. Герасименко, Н. Н. Колосовская // Труды КубГТУ. – 2001. – вып. 1. – С. 260–263. 6. Камышан Е. М. Утилизация отработанной отбелочной глины и кизельгура / Е. М. Камышан // Масложировая промышленность – 2006. – № 3 – С. 56–57. 7. Пат. RU 2215025 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ разделения фильтрационного осадка от производства "вымороженного" подсолнечного масла на масло, восковой концентрат и фильтр-порошок [Текст] / Бавика В. И., Беденко В. Г., Чистяков Б. Е., Рцманов И. О. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Экохим». – № 99115983/13, заявл. 15.10.1998, опубл. 24.05.2001. 8. Пат. FR2374082 France B01J23194, C11B13/00. Procédé pour separer desresidus gras de catalyseuds en substances [Text] / Kidron Joel – applicant(s) Varta Batterie. – № 19771024, 1978. 9. Демидов И. Н. Перспективные технологии в масложировой промышленности / И. Н. Демидов // Олейно-жировый комплекс. – Дніпропетровськ: АПК-Информ, 2008. – № 4 (23) – С. 63–64. 10. Савус А. А. Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел перколяционным методом / А. А. Савус, С. Н. Мольченко, И. Н. Демидов // Вестник НТУ «ХПИ» – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2011. – С. 48. 11. Пат. RU 2385899 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ выделения воска [Текст] / Кислов С. В. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Маслоэкстракционный завод Юг Руси». – № 2008152688/13, заявл. 29.12.2008, опубл. 10.04.2010.

12. Пат. RU 2347805 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ безотходной утилизации отработанных диатомитовых и перлитовых фильтровальных порошков, используемых при производстве рафинированных растительных масел [Текст] / Цатурян А. С., Симкин В. Б., Авдеев А. А., Масликов В. А., Красавцев Б. Е. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Южный полюс». – заявл. 05.09.2006, опубл. 27.02.2009. 13. Пат. RU 2488425 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ регенерации отработанного фильтрующего материала [Текст] / Яруллин Р. Н., Яруллин Р. П., Сувьрев А. В., Мустафин М. Т., Султанов И. Ю. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Альцел». – № 2011100770/05, заявл. 12.01.2011, опубл. 27.07.2013.

Bibliography (transliterated): 1. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. – 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52. 2. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515. 3. O'Brayen R. Zhiryi i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primenenie. per. s angl. 2-go izd. V. D. Shirokova, D. A. Babeykinoy, N. S. Selivanovoy, N. V. Magdyi. St. Petersburg: Professiya, 2007. Print. . 4. V. Grigoriev Use fatty waste oil industry in order to feed / V. Grigoriev, V. Machigin // Olyno fat complex. – 2005. – № 4 (11) – 40–42. 5. Gerasimenko E. O. Application rafinatsionnogo waste production for the soap making / E. O. Gerasimenko, H. H. Kolosovskaya // Proceedings KubGTU. – 2001 – Vol. 1. – 260–263. 6. Kamyshan E. M. Recycling the spent bleaching clay and diatomaceous earth / E. M. Kamyshan // Fat industry – 2006. – № 3 – 56–57. 7. VI Bavika, Bedenko VG, E. B. Chistyakov, Rschmanov I.O Pat. RU 2215025 Russian Federation MPK C11B3/00. A method of separation of the filter cake from the production of "frozen" of sunflower oil in the oil, wax concentrate and filter powder. 99115983/13, 2001. 8. Joel Kidron Pat. FR 2374082 B01J23194 France, C11B13/00, Method to separate fatty residues catalyseuds substances. 19771024, 1978. 9. I. N. Demidov Advanced technologies in oil industry / I. N. Demidov // Olyno fat complex. – Dnipropetrovsk: APK-Inform, 2008. – № 4 (23) – 63-64. 10. Savus A. A. Removing fats from spent adsorbent production of edible oil by percolation / A. A. Savus, S. N. Molchenko, I. N. Demidov // Vestnik NTU "KPI" – Kharkiv: NTU "KPI". – 2011. – 48. 11. Kislov S. V. Pat. RU 2385899 Russian Federation MPK C11B3/00. A method for isolating the wax. 2008152688/13, 2010. 12. Tsaturyan A. S., Simkin V. B., Avdeev A. A., Maslikov V. A., Krasavtsev B. E. Pat. RU 2347805 Russian Federation MPK C11B3/00. A method of disposing of waste without waste diatomite and perlite filter powders used in the production of refined vegetable oils, 2009. 13. Yarullin R. N., Yarullin R. R., Supyrev A. V., Mustafin M. T., Sultanov I. Y. Pat. RU 2488425 Russian Federation MPK C11B3/00. The method of regeneration of spent filter. 2011100770/05, 2013.

Надійшла (received) 10.12.2015

Демидов Игорь Николаевич – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», профессор кафедры «Технология жиров и продуктов брожения»; тел.: (095) 185-32-67; e-mail: punterra@yandex.ru

Demidov Igor Nikolaevich - doctor of technical sciences, professor, National Technical University "Kharkovsky Polytechnic Institute", Professor of the Department "Technology of fats and fermentation products"; tel.: (095) 185-32-67

Омельченко Юлия Евгеньевна – Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», аспирант; тел.: (063) 880-88-90; e-mail: punterra@yandex.ru.

Omelchenko Julia Evgenyevna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Postgraduate student; tel.: (063) 880-88-90; e-mail: punterra@yandex.ru.

УДК: 664, 667

Е. А. ПАПАКИНА, С. А. ПЕТРОВ, Л. В. КРИЧКОВСКАЯ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА И ПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

В статье предложена технология получения продуктов на основе хлорофилла из экономически выгодного сырья высшего водного растения *Potamogeton perfoliatus*. Описывается актуальность экологической проблемы связанной с зарастанием, заиливанием и заболачиванием рек. Обосновывается экономическая выгода производства БАДов, которые представляют собой желатиновые капсулы, наполненные порошком хлорофилла и высушенной водоросли. Представлена методика выделения хлорофилла, на основе которой предложена технологическая схема получения хлорофилл содержащих продуктов. С целью создания малоотходного производства предложен выпуск сопутствующего продукта – добавки к корму жвачных животных, представляющий собой гранулы из перемолотого высушенного жмыха, богатого на клетчатку.

Ключевые слова: хлорофилл, краситель, БАД, водоросль рдест, экстракция, технология получения

Введение. На сегодня во всех проточных водоемах на территории Украины и, в частности, Харьковской области не только распространена, но и довольно часто образует заросли водоросль рдест. Зарастание водоемов – это природный процесс, который несет за собой негативные факторы (рис. 1). Происходит заиливание, омертвление рек и их заболачивание. Заросли также создают проблемы для передвижения судов. Параллельно возникает и требует решения проблема социального характера – очистка рек от водорослей в районе пляжей.



Рис. 1 – Зарастание рек

Рдест, как биологическое сырьё для производства интересен и ценен потому, что на данный момент полезно не используется. Ввиду наличия большого объема невостребованного сырья нами была поставлена задача разработать проект по переработке водорослей рдест и получением из него продуктов: хлорофиллосодержащей БАД «Chlorophyll», пищевого красителя E140 и добавки к кормам для жвачных животных.

Анализ последних исследований и литературы. В общем хлорофиллы можно рассматривать как производные протопорфирина-порфирина с двумя карбоксильными заместителями, свободными или этерифицированными (рис. 2).

В высших растениях содержится две формы хлорофилла – хлорофилл А и хлорофилл Б. При общем содержании хлорофиллов 0,7-1,1 г на 1 кг зеленой массы растений соотношение хлорофиллов а и b обычно составляет 3:1 (в зависимости от освещенности, наличия удобрения и др. факторов

может колебаться от 2:1 до 3,4:1, что используется для контроля за развитием растений) [1].

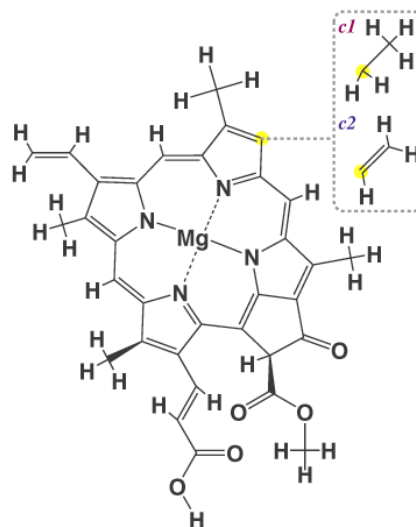


Рис. 2 – Формула хлорофилла

Хлорофилл а поглощает свет в фиолетовой, голубой и красной частях спектра, отражая в основном зелёный цвет, что и придаёт ему характерную окраску (рис. 3). Хлорофилл b – жёлтого цвета и поглощает свет преимущественно в синей части спектра [2].

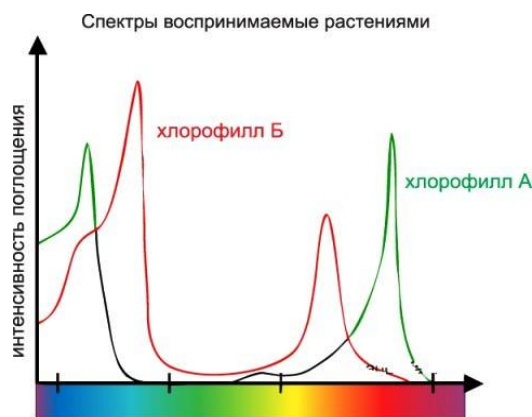


Рис. 3 – Спектры поглощения хлорофилла А и хлорофилла Б

© Е.А. Папакина, С.А. Петров, Л.В. Кричковская, 2015



Рис. 4 – БАДы на основе хлорофилла.



Рис. 5 – Внешний вид водоросли рдест.

На сегодняшний день известно несколько способов промышленного выделения хлорофилла из растительного сырья. Наиболее распространённым сырьём для промышленного получения является люцерна (многолетнее бобовое растение), реге – клевер, петрушка. Недостатком известных способов получения хлорофилла является использование в качестве экстрагента этилового спирта, который не обеспечивает максимального выделения хлорофилла из пресноводной травы. Также со временем хлорофилл в этаноле образует алломерные формы, которые неустойчивы в процессе хранения.

В нашем проекте для получения хлорофилла используется альтернативный вид экономически выгодного сырья – водоросли, которые не требуют посева и ухода. Важнейшими преимуществами данного вида сырья является то, что рдест распространён на всех континентах кроме Антарктиды, обладает высокой скоростью роста и хорошей зимостойкостью.

Следует заключить, что сбор и заготовка водоросли помогают улучшить экосистему водоемов, а также расширить сырьевую базу региона путем комплексной переработки сырья в производстве БАД, красителя и кормов для животных.

Основным целевым продуктом переработки водорослей является БАД «Chlorophyll», который представляет собой желатиновые капсулы, наполненные хлорофиллом и измельченным порошком водорослей [5]. Данный БАД обладает некоторыми важными фармакологическими свойствами:

- помогает повысить гемоглобин в крови;
- усиливает иммунную функцию организма;
- оказывает противовоспалительное и антибактериальное действие;
- предотвращает рост бактерий в ранах;
- очищает кровь, выводит токсины;
- поддерживает здоровую кишечную флору и т.д.

Следует отметить, что продукты на основе хлорофилла популярны в мире. Аналогичный БАД выпускается в некоторых странах (рис. 4).

В США его выпускают несколько крупных компаний (Paradigma, NSP,) а также международная компания «Альтера Холдинг». В нашей же стране производство данного продукта отсутствует, но существуют представительства вышеуказанных компаний, где спрос на данный товар высок.

Так как в Украине производство подобных продуктов отсутствует можно сделать вывод, что предлагаемый продукт БАД «Chlorophyll» востребован на рынке. Так же параллельно с основным продуктом планируется выпуск красителей и добавка к корму жвачных.

Актуальность красителя состоит в том, что он довольно часто используется в пищевой промышленности и известен как добавка E140. В Украине он так же не выпускается, а импортируется из Германии, Китая, России. Производство красителя в нашем регионе будет востребованным и гораздо удешевит его стоимость.

Добавка к корму из водоросли очень богата на клетчатку. Клетчатка в определенном количестве необходима жвачным животным как источник энергетического материала для стимуляции деятельности рубца, сохранения здоровья и поддержания на определенном уровне жирности молока. Она оказывает механическое воздействие на стенки рубца и кишечника, удлиняет процесс жвачки, в результате которого выделяется большое количество слюны, которая идет на щелочную реакцию, что обеспечивает кислотность рубца на уровне pH равном 6,5 – 7,0. Оптимальный уровень клетчатки в рационах зависит от продуктивности животных, их физиологического состояния, структуры кормления и других факторов. Для коров оптимальное количество сырой клетчатки в сухом веществе рациона должно быть 17 – 22 %, причем не менее 14 % должна составлять клетчатка грубых кормов. Для высокопродуктивных коров это количество должно быть на уровне 16 – 18 %. Снижение клетчатки ниже 16 % сопровождается нарушением процессов пищеварения, изменением соотношений летучих жирных кислот (ЛЖК) и уменьшением жира в молоке. Избыточное содержание клетчатки снижает перевариваемость других питательных веществ. [6]

Цель и задачи исследований. Разработка технологии получения хлорофиллсодержащих БАДов «Chlorophyll», красителя E140, создание малоотходного производства путем эффективного использования отходов для изготовления корма для жвачных животных.

Для решения поставленных задач сначала был проведен анализ литературных и справочных данных.

Из литературы известно, что рдест – многолетнее водное растение, род семейства Рдестовые (рис. 5). Сроки цветения: июль-август. Рдест пронзеннолистный растёт в стоячих и проточных, пресных и солоноватых водах разнообразных водоёмов. [3]

Материал исследований. Рдесты — растения-космополиты. Они растут повсюду в мире в стоячих или медленно текущих пресных или солоноватых водоёмах, часто образуя обширные заросли (рис. 6).



Рис. 6 – Зарастание рек водорослью Рдест пронзеннолистный

Химический состав водоросли «Рдест пронзеннолистный» представлен в таблице 1.

Таблица 1 Химический состав рдеста пронзеннолистного

Вид растения	Содержание веществ, %					
	Воды	Минеральных веществ	Фиторастворимых веществ	Углеводов	Белковых веществ	Хлорофилла
Рдест пронзеннолистный	9,1	28,6	0,6	56,7	3,6	0,8

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что в водоросли рдест содержится достаточное количество хлорофилла – 0,8% от массы сырья с содержанием воды 9,1%. Углеводный состав водоросли представлен в табл. 2.

Таблица 2 Углеводный состав рдеста пронзеннолистного

Вид растения	Содержание, %			
	Растворимых углеводов	Легко гидролизуемых углеводов	Пектиновых веществ	Клетчатка
Рдест пронзеннолистный	9,4	7,3	17	23

Разработка технологии выделения хлорофилла За основу процесса экстракции была взята методика «Способ получения хлорофилла из высших водных растений» (Кабанов М.И., Салиева А.Р.) [5].

Методика получения хлорофилла включает следующие основные стадии: заготовка водоросли (сушка, измельчение), экстракция смесью гексана и этанола, отгонка растворителя и сушка. Вместе с хлорофиллом в незначительной степени экстрагируются каротиноиды. Полученный сухой порошок перемалывают и капсулируют.

Стадия заготовки сырья проходит в летний период – с начала июня до конца августа. Собирают водоросль в устьях рек и в водоемах. Далее ее измельчают, сушат и отправляют на хранение.

Структурная схема производства хлорофилла и добавки к корму изображена на рисунке 7.



Рис. 7 – Структурная схема производства хлорофилла и добавки к корму

На основе блок-схемы была разработана принципиальная технологическая схема производства хлорофилла и добавки для корма (рис. 8).

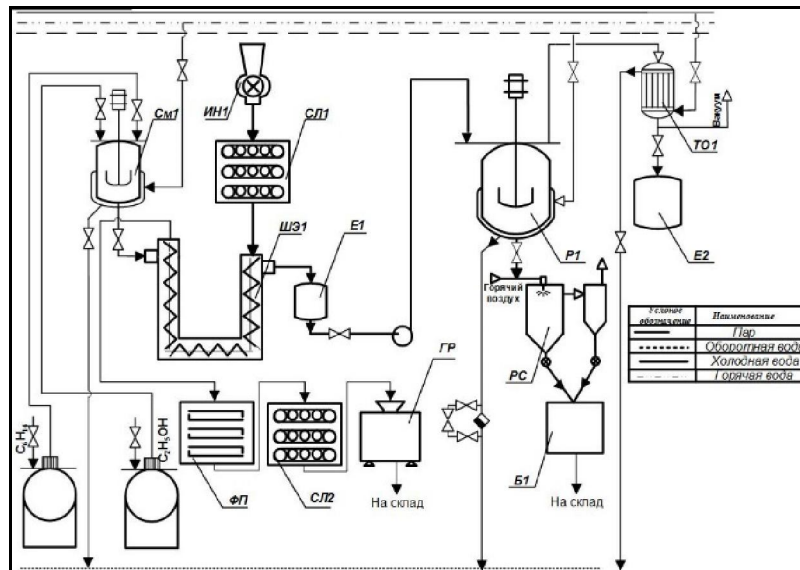


Рис. 8 - Принципиальная технологическая схема производства хлорофилла и добавки для корма жвачных животных

Заготовленную траву измельчают с помощью измельчителя ножевого ИН1 до размера 1 см в длину. Далее водоросли просушивают в ленточной сушилке С1 до влажности 5% при температуре 45°C. Сухой рдест подаем в шнековый экстрактор ШЭ1 и экстрагируем 16 часов при температуре 25-30°C смесью гексана и этанола (9:1), которые смешиваются на фильтр-прессе ФП и подается на ленточную сушилку С2, где сушится в течении 2 часов. Далее гранулируется в грануляторе ГР.

Полученный экстракт подаем в емкость Е1 и далее, с помощью центробежного насоса в Р1 осуществляем перегонку под вакуумом, чтобы отогнать растворитель. Растворитель отгоняется в емкость Е2, а концентрированный хлорофилл подается в распылительную сушилку РС, где улавливается горячим воздухом. Сухой порошок падает на дно и через шлюзовый питатель в бункер Б1 а остатки растворителя превращаются в пар и отгоняются.

В основу технологии изначально закладывался принцип реализации процесса как малоотходного производства путем эффективного использования отходов переработки исходного сырья. Так, после экстракции остается большое количество

жмыха, который, согласно химическим исследованиям, очень богат на клетчатку (табл. 3).

Таблица 3. Состав высушенного жмыха.




Показатель	Содержания, %
Белки	2
Углеводы	83
Минеральных веществ	15

Высушенный жмых содержит 83% углеводов, из них клетчатки 80%. Клетчатка обеспечивает нормальное пищеварение в преджелудках и кишечнике. Следовательно, его целесообразно использовать как добавку к корму жвачных животных.

Для получения еще одного продукта – корма для жвачных животных, жмых, который остается после экстракции подвергается промывке для удаления растворителя (экстрагента), далее он сушится, перемалывается и гранулируется.

Все описанные продукты являются актуальными и востребованными на рынке (табл. 4). Преимуществом нашего целевого продукта БАД является не только его востребованность, но и стоимость.

Таблица 4. Описание готовых продуктов и их характеристики

Внешний вид продукта	Описание продукта
	БАД «Chlorophyll». Желатиновые капсулы, наполненные зеленым порошком хлорофилла. Состав 1 капсулы: - Chlorophyll (as sodium-copper chlorophyllin) (хлорофилл) 100 мг - Potamogeton perfoliatus Powder (порошок рдеста пронзеннолистного) 250 мг - Другие ингредиенты: желатин (капсулы), магния стеарат, тальк.
	Краситель Е140 с легкостью растворяется в маслах и жирах, очень чувствителен к воздействию высоких температур и света. При их воздействии краситель Е140 распадается и теряет окраску. Так как данный краситель безопасен для здоровья человек, то его применяют в пищевой промышленности. Хлорофилл придает пищевому продукту оливковый цвет и применяется в производстве мороженого, кремов, различных десертов, пудингов, кисло - молочных продуктов, в соусах, майонеза. В Украине разрешено окрашивание с помощью Е140 разных овощей в уксусе, масле или рассоле, а также использование в приготовлении желе и джемов и других продуктов, напитков.
	Добавка к корму для жвачных животных. Выпускается в виде гранул в полипропиленовых мешках весом 20 кг.

Так как поставщики вышеперечисленных продуктов иностранные, мы имеем большие преимущества по ценовой политике продукта, исходя из возможных экономий на транспорте, уровне зарплаты, технических и экономических отличий по требованиям государства к производству. Цены на конкурентные товары и форма выпуска приведены в таблице 5.

Таблица 5. Стоимость конкурентных продуктов.

Название, производитель	Форма выпуска	Цена за упаковку, грн
«Liquid Chlorophyll», NSP, США	Жидкость мутно-зеленого цвета (457,6 мл)	730
«Chlorophyll», NOW FOODS, США	Капсулы с порошком внутри (90 капсул)	540
«Chlorophyll + carotin», Украина	Капсулы с порошком внутри (90 капсул)	300

Востребованность на рынке и более выгодная цена доказывают жизнеспособность представляемого проекта.

Выводы. Таким образом, в ходе разработки проекта:

- изучен способ получения хлорофилла из перспективного сырья – рдеста пронзеннолистного;
- исследовано влияние растворителя, температурного режима в процессе экстракции на конечный выход хлорофилла;
- разработана непрерывная методика получения хлорофилла;
- разработана технология эффективного малоотходного производства;
- предложено комплексное решение по улучшению экосистемы водоема и расширению сырьевой базы для получения кормов.

В ближайших перспективах планируется: установить зависимость выхода хлорофилла от растворителя, времени и температурного режима процесса; исследовать химический и элементный анализ образцов водоросли с различных мест на территории Харьковской области и выявить места с наиболее подходящими результатами анализов; изучить вопрос об оптимальной массе водорослей, которую можно собрать с определенного участка для предотвращения нанесения вреда экосистеме водоема.

Список литературы. 1. Монтеверде Н. А., Любименко В. Н. Исследования над образованием хлорофилла у растений. 2. Декерсон Р., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии. Т2. Перевод с англ – М. Мир.

3. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров; Редкол.: А. А. Баев, Г. Г. Винберг, Г. А. Заварзин и др. — 2-е изд., исправл. — М.: Советская энциклопедия, 1989. — С. 532. — 864 с. 4. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. Т. 2. Пер. с англ.-М.: Мир. 1985. 5. Интернет ресурс: <http://www.findpatent.ru/patent/249/2496813.html>. Патент на изобретение способа получения хлорофилла из высших водных растений. Авторы патента: Кабанин М.И., Салиева А.Р., Мукатова М.Д. 6. Интернет ресурс: Шупик М.В., Райхман А.Я. Учебно методическое пособие для студентов учреждения высшего образования «Кормление сельскохозяйственных животных», 2014 г.

Bibliography. 1. Monteverde N., Lubimenko V. «Studies on the formation of chlorophyll in plants» 2. R. Dekerson, H. Grey, G. Haught «The basic laws of chemistry». P 2. 3. Biological encyclopedic dictionary / CH. edited by M. S. Gilyarov; SYN. A. A. Baev, G. G. Vinberg, G. A. Zavarzin, and others. — 2nd ed. the right. — M.: Soviet encyclopedia, 1989. — pages 532. — 864. 4. Lehninger A. Fundamentals of biochemistry: In 3 t. T. 2. TRANS. angl.-M.: Mir. 1985. 5. Internet resource: <http://www.findpatent.ru/patent/249/2496813.html>. A patent for an invention method of producing chlorophyll from high water plants. The authors of the patent: M. Kabanin, A. Salieva, M. Mukatova 6. Internet resource: M. Shupyk, A. Reichman, textbook for students of institutions of higher education "Feeding farm animals", 2014

«Сведения об авторах/ About the authors»

Папакина Елена Александровна – студент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: alenapapakina@mail.ru

Papakina Elena Alexandrovna – student, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», e-mail: alenapapakina@mail.ru

Петров Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: petrowsa@yahoo.com

Petrow Sergey Alexandrovych - senior lecturer of Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», e-mail: petrowsa@yahoo.com

Кричковская Лидия Васильевна – доктор биологических наук, заведующая кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел. 38 (057) 707-61-41 e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

Krichkovskaya Lidia Vasilievna – Full Professor, Doctor of Biological Sciences, Director of the Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», phone 38 (057) 707-61-41 e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

УДК: 577.352.336: 613.165: 621.373.8

Т. В. ФАЛАЛЄЄВА, В. Б. ДІСТАНОВ**ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ДЕЯКИХ ФОРМАЗАНІВ, ПОХІДНИХ НАФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ**

В даній статті розглянуті питання технологія отримання формазанів, похідних нафталенової кислоти. Синтез формазанів, які випромінюють світло, дозволить розширити їх області використання, наприклад, як фотохромних і термохромних матеріалів, а також може привести до отримання стабільних вільних радикалів, що мають люмінесценцію з новими можливостями. Наведена методика синтезу формазанів, що мають у своїй структурі фрагмент з розвинутою хромофорною системою. В даній роботі описано синтез формазанів з похідними нафталенового ангідриду. Розглянуті деякі технологічні рішення отримання формазанів, похідних нафталенової кислоти.

Ключові слова: формазани, нафталенова кислота, люмінесценція, технологія отримання, стабільні радикали, принципова схема.

Вступ

Зацікавленість синтезом та дослідженням формазанів обумовлена їх властивостями та застосуванням, бо вони є зручним об'єктом при рішенні задач, як теоретичної органічної хімії, так і знайшли широке практичне застосування. Деякі формазани застосовуються як аналітичні реагенти для фотометричного визначення різних катіонів, селективні іонообмінники в прикладній хімії. Важне значення має те, що формазани схильні утворювати радикальні структури. Вони являються в більшості випадків вихідною сполукою для отримання вердазильних радикалів.

Останнім часом набуває актуальності використання формазанів в медицині в якості індикаторів ракових клітин. З цим пов'язано синтез та дослідження формазанів з новими якостями.

Аналіз основних досягнень і літератури. Питання синтезу і технології отримання нових сполук з люмінесцентними властивостями присвячені роботи таких вчених, як Б. М. Красовицький, Б. М. Болотін, В. М. Шершуков, К. Е. Барикін, Б. В. Гриньов. Синтез, властивості та застосування досліджували Б. І. Бузикін, Г. Н. Ліпунова, Л. П. Сисоєва та ін. Однак серед даних досліджень не було знайдено інформації щодо синтезу, технології отримання формазанів похідних нафталенової кислоти, та описання технологічної схеми.

Мета дослідження. Метою даної роботи є отримання формазанів, що містять в своїй структурі фрагмент з розвинутою хромофорною системою, який може додати таким сполукам люмінесцентні властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як один з таких фрагментів може виступати нафталеновий ангідрид і його похідні. Синтез формазанів, які випромінюють світло, дозволить розширити їх області використання, наприклад, як фотохромних і термохромних матеріалів, а також може привести до отримання стабільних вільних радикалів, що мають люмінесценцію, з новими можливостями [1,2].

Нами була застосована наступна схема для отримання формазану, що мають у своєму складі угруповання нафталенового ангідриду [3].

По-перше ми отримали γ -оксіпропілімід-4-бромнафталенової кислоти взаємодією 4-бромнафталенового ангідриду з γ -амінопропіловим спиртом.

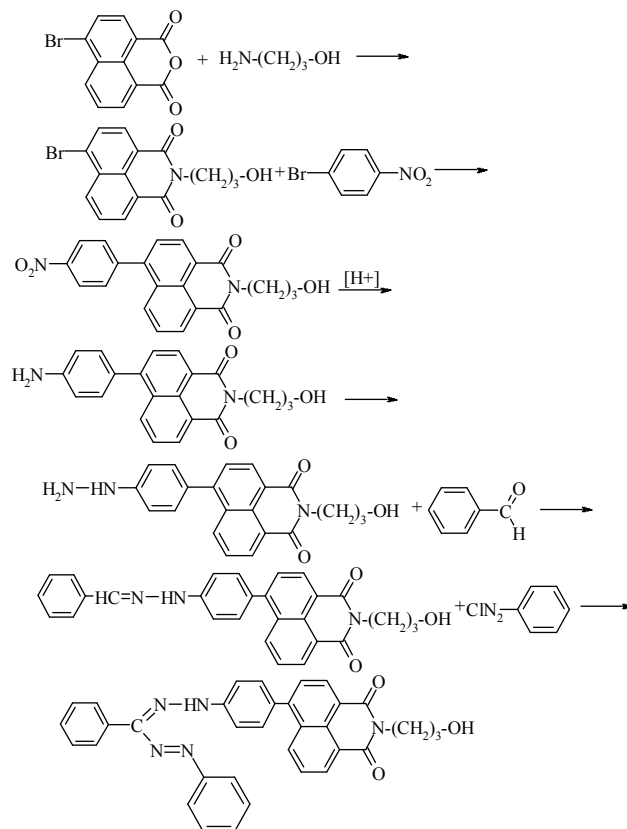
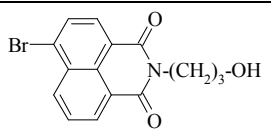
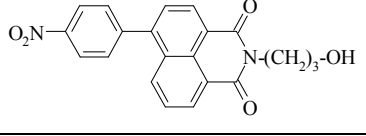
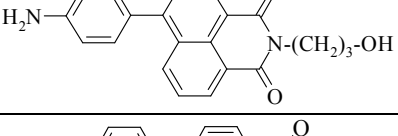
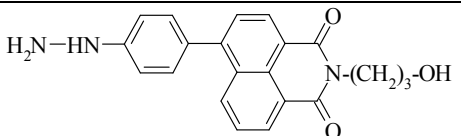
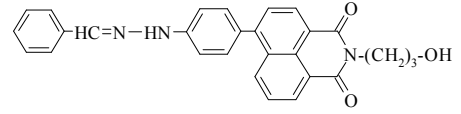


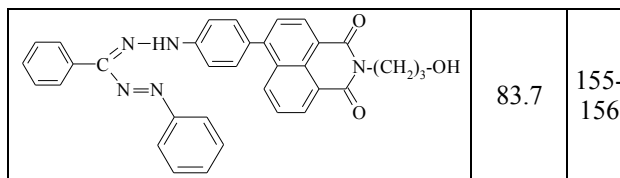
Рис. 1 – Отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-*p*-фенілнафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазан.

Далі, провели реакцію Ульмана взаємодією γ -оксіпропілімід 4-бромнафталенової кислоти з *p*-бромнітробенzenом в диметилформаміді в присутності каталізатору. Отриманий γ -оксіпропілімід 4-(*p*-нітро)-фенілнафталенової кислоти був відновлений залізними ошурками в соляній кислоті, і отриманий γ -оксіпропілімід 4-(*p*-аміно)-фенілнафталенової кислоти перетворили у відповідний гідразин. При взаємодії γ -оксіпропілімід 4-(*p*-гідразінофеніл)нафталенової кислоти з бензальдегідом отримуємо відповідний гідразон. Реакція гідразону з фенілдіазонійхлоридом дала нам змогу отримати відповідний формазан.

За результатом проведеного процесу були отримані наступні результати [3].

Таблиця 1 – Вихід та температури плавлення отриманих сполук

Сполука	Вихід, %	T _{пл} , °C
	76	199-200
	79	268-270
	72	259-260
	89	241-242
	59.7	171-173



Якщо враховувати застосування формазанів і відповідно обсяг виробництва, ми обираємо періодичний метод виробництва [6].

Процес виробництва формазанів похідних нафталенової кислоти можна поділити на наступні стадії:

- 1) Отримання проміжного продукту - γ -оксіпропіліміду-4-(п-гідразино-феніл)нафталенової кислоти.
- 2) Синтез 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазану.

Для синтезу проміжного продукту характерні наступні стадії:

- 1) Взаємодія 4-бромнафталенового ангідриду з γ -амінопропіловим спиртом.
- 2) Отримання γ -оксіпропіліміду 4-(п-нітро)-феніл-нафталенової кислоти.
- 3) Відновлення γ -оксіпропіліміду 4-(п-нітро)-феніл-нафталенової кислоти.
- 4) Отримання гідразину.
- 5) Фільтрація і промивка продукту.
- 6) Сушка

Синтез 1-(γ -оксіпропілімід 4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазану представлений блок-схемою (рис 2).

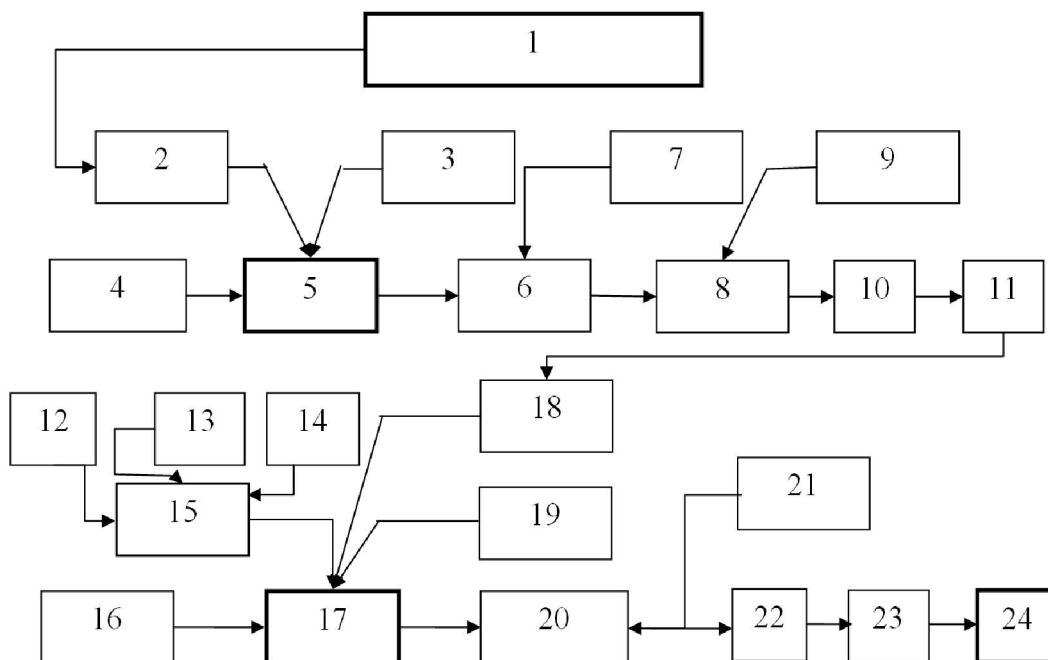


Рис. 2 – Блок-схема процесу отримання 1-(γ -оксіпропіліміду-4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазан.

де: 1 – отримання проміжного продукту; 2 – завантаження γ -оксіпропіліміду-4-(п-гідразинофеніл)-нафталенової кислоти; 3 – завантаження толуолу; 4 – завантаження бензальдегіду; 5 – утворення феніл-

гідразону γ -оксіпропіліміду 4-п-феніл-нафталенової кислоти; 6 – фільтрування гідразону; 7 – завантаження соляної кислоти на промивання осаду; 8 – перекристалізація гідразону; 9 – завантаження спирту на

перекристалізацію; 10 – фільтрація гідразону; 11 – сушіння гідразону; 12 – завантаження соляної кислоти на стадію діазотування; 13 – завантаження 30 %-го розчину нітриту натрію; 14 – завантаження аніліну; 15 – приготування фенілдіазонійхлориду та діазотування; 16 – завантаження розчину на стадію отримання формагану; 17 – отримання 1-(γ -оксіпропілімід 4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформагану 18 – завантаження гідразону на стадію отримання формагану; 19 – завантаження спиртового розчину оцтовокислого натрію; 20 – фільтрація отриманого продукту; 21 – завантаження спирту для промивання осаду; 22 – перекристалізація; 23 – фільтрація; 24 – сушіння продукту.

На основі блок-схеми була спроектована принципова схема отримання формаганів, похідних нафталевої кислоти (Рис. 3)

У процесі проектування хімічних виробництв вирішуються багато завдань:

- технологія виробництва і його апаратне оформлення;

- генеральний план;
- електротехнічне забезпечення і т.д.

Взагалі методологія створення і проектування хімічних виробництв включає послідовне виконання робіт на різних етапах:

- передпроектна розробка хімічних технологій;
- виконання робочого проекту виробництва хімічних продуктів.

Передпроектна розробка хімічних виробництв включає в себе:

- екологічне обґрунтування інвестованих проєктів хімічних виробництв;
- техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень.

Методи екологічної оцінки технології наступні:

- матеріальні баланси та технологічні розрахунки;
- технологічна альтернатива;
- прогнозування технологічного ризику;
- оцінка екологічної небезпеки технології.

Для обґрунтування норм технологічного режиму залучаються дані з термодинаміки, а також відомості за механізмом і кінетиці основних і побічних реакцій.

Термодинамічні дані використовуються для визначення області значення параметрів, в якій процес протікає, а також для розрахунку ступенів перетворення вихідних речовин, якщо процес відбувається в рівноважних умовах.

Кінетичні дані (константи швидкостей хімічних реакцій, константи рівноваги, енергії активації реакцій) необхідні як при визначенні норм технологічно-

го режиму, так і при розрахунку розмірів реакторів [7].

В контексті цієї роботи нас цікавить технологічне проектування, що включає в себе:

- вибір методу хімічного виробництва продуктів, що відповідає конкретних умов;
- вибір і розробка необхідного технологічного обладнання;
- раціональне розміщення устаткування;
- механізація і автоматизація процесу.

Реактор Р-1, що устаткований сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (1-1) завантажують поступово при перемішуванні, бензальдегід, толуол, γ -оксіпропілімід-4-(п-гідразінофеніл)нафталевої кислоти.

Суміш підігривають та витримують 30-40 хв. Після чого реакційну масу охолоджують до температури навколишнього середовища. Осад, що випав, фільтруємо на нутч-фільтрі НФ-1, промиваємо гарячою водою та слабим розчином соляної кислоти і технічний продукт подаємо в реактор Р-2, обладнаний сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (2-1), Завантажують спирт, суміш нагрівають до повного розчинення осаду, охолоджують до температури навколишнього середовища, фільтрують НФ-2 і сушать при температурі 80-90 °С в поличній сушарці СШ-1. Після сушки проміжний продукт завантажують у реактор Р-4, обладнаний сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та теплообмінником 3-1 на стадію отримання формагану.

Тим часом готуємо розчин солі фенілдіазонію. В реактор Р-3, що має сорочку для підігріву парою та охолодження водою, якірну мішалку та холодильник (1-1) завантажують поступово при перемішуванні анілін, додаємо соляну кислоту і 30 %-ий розчин нітриту натрію. Витримуємо суміш при 5-10 °С і направляємо до реактора Р-4.

Отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифеніл-формагану проводимо в реакторі Р-4, що устаткований сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (4-1).

Завантажуємо спирт, додаємо гідразон і розчиняємо його при 30-40 °С, завантажуюємо спиртовий розчин оцтовокислого натрію, перемішуємо і охолоджуємо до 5 °С. Після чого по краплям додаємо розчин солі діафонію з реактора Р-3. Суміш витримують на протязі 40-50 хвилин

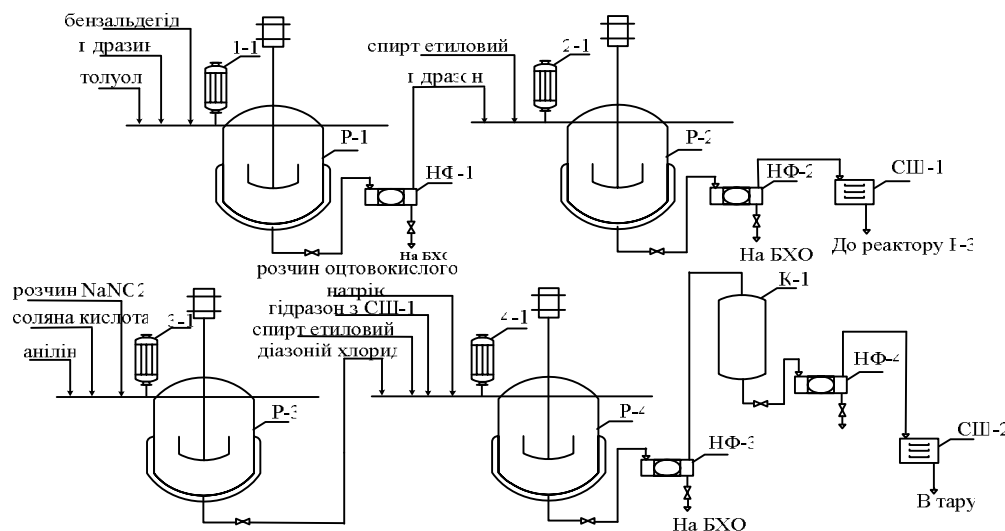


Рис. 3 – Принципова схема отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазан

Отриманий 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазан фільтруємо, промиваємо водою і направляємо на перекристалізацію в апарат К-1. Після чого отриманий продукт фільтруємо на нутч фільтрі НФ-4 і сушимо в сушильній шафі СШ-1 при температурі 70-80 °С.

Висновки. Синтезований ряд формазанів, похідних нафталевої кислоти, що мають нові якості. Розроблена принципова схема отримання похідних 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазану.

1. Список літератури: 1. Бузыкин Б. И. Прогресс в химии формазанов Синтез-свойства-применение. – В кн.: Химия гидразонов / Под ред. Китаева Ю. П. – М.: Наука, 1977. – С. 189 – 204. 2. Полумбрик О. М. Химия вердазыльных радикалов. – К.: Наукова думка, 1984. – 226 с. 3. Дістанов В. Б., Лисова І. В., Дістанов В. В., Фалалєєва Т. В., Аніщенко А. О. Синтез і дослідження синтонів для отримання вільних стабільних радикалів [Текст] // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – «Хімія, хімічні технології та екологія». – 2008. – № 41. – С. 145 – 155. 4. Фалалєєва Т. В., Дістанов В. Б. Синтез і дослідження производных 4-Морфолинонафталевой кислоты в качестве флуоресцентных зондов для определения качества крови [Текст] // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: «Наука и образование в XXI веке». Тамбов. – 2014 г. Ч.15. – С.52-53. 5. Дістанов В. Б., Фалалєєва Т. В., Дістанов В. В., Касатікова С. В., Використання реакції Ульмана в синтезі формазанів [Текст] // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – «Хімія,

хімічна технологія та екологія» – 2011. – № 31. – С. 53 – 63. 6. Тимонин А. С. Машины и аппараты химических производств / А. С. Тимонин – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2008. – 872 с. 7. Григорьева Л. Оборудование и складское хозяйство химических производств / Лариса Григорьева, С. Чекряжов, Ирина Леппик, Галина Трофимова – Учебное пособие для профессиональных центров Innove: Йыхви, 2012. – 336 с.

Bibliography (transliterated): 1. Buzykin B. I. *Progress in the chemistry of formazans. Synthesis-properties-use.* – In the book : Chemical hydrazones / Ed. Kitaeva YP – M.: Nauka, 1977. – S. 189 – 204. 2. Polumbryk O. M. *Chemistry verdazylnuh radicals.* – K.: Naukova Dumka, 1984. – 226 p. 3. Distanov V. B., Lusova I. V., Distanov V. V., Falaleeva T. V., Anischenko A. O. *Synthesis and study synthones for free stable radicals [Text]* // Bulletin NTU "KhPI". – Kharkov: NTU "KhPI". – "Chemistry, chemical technology and ecology". – 2008. – № 41. – S. 145 - 155. 4. Falaleeva T. V., Distanov V. B. *Synthesis and investigation of 4-Morfolinonafstalevoy acid as fluorescent probes to determine the quality of blood [Text]* // Collection of scientific papers on International scientific-practical conference "Science and education in the XXI century." – Tambov. – 2014 CH.15. – S.52-53. 5. Distanov V. B., Falaleeva T. V., Distanov V. V. Kasatikova S. V. *Use Ullman reactions in the synthesis of formazans [Text]* // Visnyk NTU "KhPI". – Kharkov: NTU "KhPI". – "Chemistry, Chemical Engineering and Environment" – 2011. – № 31. – S. 53 – 63. 6. Timonin A. S. *Machinery and Apparatus for Chemical Industry* / A. S. Timonin – Kaluga: Publisher N. Botchkareva, 2008. – 872 p. 7. Grigoryeva L. *Equipment and warehousing of chemical production* / Larisa Grigoryeva, S. Chekryzhov, Irina Leppik, Galina Trofimova – A manual for professional centers Innove: Jõhvi, 2012. – 336 p.

Фалалєєва Тетяна Василівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ст. викл. каф. органічного синтезу і нанотехнологій;; тел.: (099) 139-60-43; e-mail: tanya_7310@mail.ru.

Falaleeva Tetyana Vasilevna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", senior lecturer at the organics synthesis and nanotechnology Department; tel.: (099) 139-60-43; e-mail: tanya_7310@mail.ru.

Дістанов Віталій Баламірович – канд. хім. наук, с. н. с., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент каф. органічного синтезу і нанотехнологій; тел.: (068) 607-72-31; e-mail: distanov@ukr.net.

Distanov Vitaly Balamirovich – Candidate of Chemical Sciences, PhD, senior researcher, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", assistant professor at the organics synthesis and nanotechnology Department; tel.: (068) 607-72-31; e-mail: distanov@ukr.net.

УДК 547.97:665

В. Ю. ПАПЧЕНКО, Л. М. КУЗНЕЦОВА**УЗАГАЛЬНЕННЯ НАУКОВИХ ОСНОВ ОДЕРЖАННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ**

Серед речовин, що визначають зовнішній вигляд харчових продуктів, одне з найважливіших місць належить барвникам. Сучасний ринок здатний надати споживачеві досить широкий асортимент барвників для харчової промисловості, але найчастіше це синтетичні барвники. Заміною синтетичним барвникам у харчовій промисловості можуть стати натуральні, що є сумішшю каротиноїдів, флаваноїдів, хлорофілла та інших натуральних компонентів рослин, що містять пігменти. В статті проведено узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання натуральних харчових барвників – антоціанів і бетаціанінів з рослинної сировини з метою їх подальшого використання у харчовій, хіміко-фармацевтичній і парфумерно-косметичній промисловостях.

Ключові слова: натуральний барвник, синтетичний барвник, розчинник, антоціани, бетаціаніни.

Постановка проблеми.

З давніх часів для забарвлення харчових продуктів використовували натуральні рослинні барвники, які виділяли із таких джерел, як коріння, листя, квіти рослин через сумарні екстракти і вижимки, а також продукти органічного і мінерального походження.

Більшість природних барвників мають нестабільність кольору при зберіганні, нагріванні, дії сонячного світла та кисню повітря. Внаслідок цього на початку ХХ століття з'явилися яскраві і стійкі синтетичні барвники, які в більшості випадків витіснили натуральні барвники. Це призупинило на деякий час дослідження з одержання і застосування натуральних барвників.

Серед синтетичних барвників практично немає нешкідливих речовин, це – азо- і нітросполуки, діфенілметанові сполуки, хінони, хіноліни, піразолони, ксантени та інші. До того ж багато синтетичних барвників є канцерогенами, мутагенами або алергенами, доведено, що канцерогенів найбільше серед жиророзчинних барвників синтетичної природи [1]. Ці шкідливі та потенційно небезпечні для здоров'я людей властивості гостро поставили питання про безпеку та гігієнічну оцінку синтетичних барвників, що призвело до появи низки законодавчих документів в цій галузі. В зв'язку з цим стає актуальним обмежене використання у виробництві харчових виробів синтетичних барвників. Тому в сьогоденні існує тенденція з виділення та використання в харчових цілях переважно барвників, що мають природне походження.

Як правило, натуральні барвники представляють собою суміш каротиноїдів, флаваноїдів, хлорофілу та інших натуральних компонентів рослин, наділених пігментами [1, 2]. Серед плодів, листя та інших частин рослин, що пофарбовані у червоні тони, можна знайти такі, забарвлення яких обумовлено біосинтезом з'єднань з класу флаваноїдів – антоціанів, що надають органам рослин червоного чи синьо-фіолетового забарвлення. При цьому ряд об'єктів може мати близьке забарвлення, обумовлене присутністю в тканинах принципово інших природних колорантів – бетаціанінів [3, 4]. До теперішнього часу не знайдені рослинні об'єкти, що містять одночасно і бетаціаніни і антоціани [5].

Натуральний барвник може мати і інші властивості, наприклад, може бути застосований, як і ароматизатор, такі властивості мають барвники з рослинних джерел, як буркун, шафран [1]. Бетаціаніни крім фарбувальної

здатності мають широку і різноманітну біологічну активність завдяки високим антиоксидантним властивостям: сприяють розщепленню і засвоєнню білків їжі, активно беруть участь в утворенні холіну, підвищують життєдіяльність клітин печінки, інгібують процеси проліферації ракових клітин, перешкоджають виникненню злоякісних пухлин [5].

Антоціани (від грецького *anthos* – колір, забарвлення і *kyanos* – синій) або антоціаніни – широка група водорозчинних рослинних пігментів, що обумовлюють червоне, синє і фіолетове забарвлення плодів, квіток, листя і інших частин рослин. Антоціаніни відносяться до класу флаваноїдів (похідних 2-фенілбензопірана або 2-фенілхромана) і являють собою глікозиди катіонів флавілія – антоціанідінів (рис. 1).

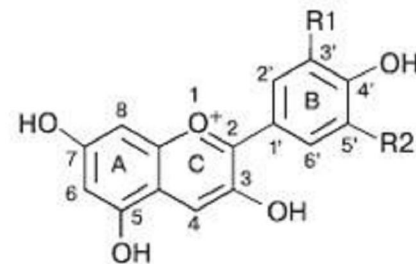


Рис 1 – Антоціанідіни (катіон флавілія)

Антоціанідіни рідко зустрічаються в природі у вільному вигляді. У квітках, плодах та інших частинах рослин вони знаходяться у вигляді глікозидів – антоціанінів. Загальний вміст мономерних антоціанінів в рослинах може доходити до 2%. У природному стані антоціаніни розчинені в вакуолярному соку епідермальних і суб'епідермальних, рідше палисадних і губчастих мезофільних клітин плодів, квіток і оцвітин, листя, стебел, коренеплодів та ін.

Антоціани також є сильними антиоксидантами [6], вони нейтралізують дію вільних радикалів, пригнічують ріст пухлин, благотворно діють на організм людини. Ці антиоксиданти зберігають свої властивості при вживанні рослин іншим організмом. Тому овочі та фрукти яскравих кольорів вважаються корисними для організму. Добавка Е163, в силу природних властивостей антоціанів, сприяє зменшенню ламкості капілярів, покращує стан сполучних тканин, допомагає запобігти і лікувати катаракту і в цілому сприятливо діє на весь організм.

Зараз у всьому світі ведеться безліч досліджень по вивченню дії антоціанів. Так, наприклад, недавні дослідження в США показали що вживання антоціанів в їжу допомагає скоротити ризик зараження раком стравоходу і прямої кишки. Інші дослідження говорять що антоціани сприяють зниженню запальних процесів в організмі.

Мета роботи.

Метою даної роботи є узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання натуральних харчових барвників – антоціанів і бетаціанінів з рослинної сировини та відходів її переробки, виробництво яких в Україні на даний час відсутнє.

Аналіз сучасного стану проблеми.

В якості джерела одержання натуральних барвників зазвичай використовують види дикорослих або культивованих рослин тропічних і субтропічних широт. Антоціанові препарати отримують і з ягід чорниці, чорної смородини, квітів волошки синьої, мальви, червоної троянди, маку і т.п., виявлено значний вміст і доступність антоціанів в деревині деяких хвойних дерев. Антоціани для фарбування харчових продуктів можуть бути іноді отримані з відходів при переробці їстівних ягід [7]. Проте потенціал місцевої рослинної сировини як джерела барвників ще не цілком оцінений.

Частіше натуральні барвники одержують методом екстрагування із рослинної сировини відповідним розчинником.

Екстрагування антоціанових пігментів проводять підкисленими водними та водно-спиртовими розчинами з рослинної сировини. З метою оптимізації умов екстрагування антоціанових пігментів з рослинної сировини проведено дослідження впливу на їх ступінь вилучення й стабільність таких параметрів, як сировина, розчинник, рН середовища, температура та час. В якості екстрагенту досліджено воду, етанол, гліцерин і водно-гліцеринові суміші, як рослинну сировину обрано чорноплідну горобину, чорну смородину, виноград та пелюстки червоної троянди [8–11].

У роботах [6, 12] з метою інтенсифікації процесу екстрагування фарбувальних речовин використано водно-гліцериновий розчинник, що дозволило збільшити концентрацію антоціанових пігментів і зменшити вміст води в екстракті. Вибір гліцерину як екстрагенту у даному дослідженні обумовлено його структурою, крім того він нетоксичний, має високу температуру кипіння, а тому нелеткий і менш вибухонебезпечний, ніж етанол.

Авторами [13] з метою підвищення точності визначення кількості антоціанінів у різних частинах рослин, харчових продуктах, харчових барвниках запропоновано екстракцію антоціанінів з рослинної сировини проводити у двофазній системі розчинників пентанол-1 – концентрована соляна кислота – вода у співвідношенні 10-12 : 10-12 : 2-4 при температурі 100–110 °С протягом 10–25 хвилин. Сумарну кількість антоціанінів розраховують по різниці оптичної щільності при довжині хвилі 530 і 655 нм до і після обробки органічної фази екстрагента сумішаю 30 % пероксиду водню і метанолу.

Поряд з сумішшю хлорофілів, каротиноїдів, флавонолів і флавонів у роботі [14] виділені антоціаніни

розчином метилового спирту з рослинної сировини – трави монарди трубчастої.

В [15] антоціани плодів екстрагували бутанолом і розділяли методом хроматографії на колонці з порошкоподібної целюлози, використовуючи суміш бутанола, оцтової кислоти і води (4: 1: 2,5) як розчинник.

Перспективний спосіб одержання харчових барвників натурального походження, що базується на екстрагуванні червоного пігменту листової маси амаранта – бетаціаніна, представлено у роботі російських вчених [16]. Оскільки бетаціанін амаранта відноситься до водорозчинних з'єднань, тому як екстрагент краще обирати воду або водо-спиртову суміш з масовою часткою спирту етилового ректифікованого харчового 40–50 %. Встановлено основні параметри отримання водно-спиртового екстракту амаранту: тривалість екстрагування 40–50 хвилин, гідромодуль 1:10, температура процесу 40–50 °С, розмір часток висушеної листової маси амаранта сорта Валентина 0,3 мм. Одержаний водно-спиртовий екстракт представляє собою прозору рідину насиченого вишнево-червоного кольору з легким трав'янистим запахом.

Відомо одержання бетаціанінів з декількох сортів червоного столового буряку, так у роботі [5] досліджено рівень їх накопичення.

Авторами [17] встановлено наявність пігментів, а саме антоціанів, у лушпинні деяких сортів соняшнику за допомогою хроматографічних, спектральних і хімічних методів дослідження.

В роботі [18] встановлено, що чорний колір оболонки деякого насіння соняшнику при екстракції відповідною системою розчинників буде проходити в розчин у вигляді рубінового червоного барвника. Таке червоне забарвлення дає речовина helianthocyanine. Крім того, було встановлено, що ця речовина, з точки зору своєї хімічної структури, відноситься до класу антоціанінів.

Лушпиння насіння соняшнику [18] для вилучення антоціанінів краще використовувати в подрібненому стані і попередньо знежирене, якщо планується використовувати метод екстракції підкисленими водними розчинами.

В роботі [19] досліджено отримання антоціанів з лушпиння насіння соняшнику за допомогою системи розчинників етанол-оцтова кислота-вода (у співвідношенні 50: 1: 49); 0,01 М оцтової кислоти і води, що містить SO₂. Вивчено вплив на вихід антоціанів, таких факторів як природа розчинника, час екстракції, розмір часток (подрібненого лушпиння насіння соняшника), рН розчинника, співвідношення розчинник : лушпиння, концентрація SO₂ у воді. Встановлено, що оптимальними умовами отримання антоціанів в даному дослідженні є: концентрація SO₂ в 200 мг/л, час екстракції 5 хв. при температурі 22 °С і співвідношення розчинник : лушпиння 1:20, при цьому розмір часток лушпиння становить 20 мм.

В [18] екстракцію антоціанінів проводять наступним чином: 100 г лушпиння насіння соняшнику обробляють 1000 мл суміші етанол:вода (9 : 1), що містить 1 % HCl при кімнатній температурі в інтервалі від 12 до 24 годин при помірному перемішуванні у

середовищі CO₂. Після фільтрації фільтрат концентрують у вакуумі при температурі, що не перевищує 40 °C і одержують інтенсивно забарвлену рідину.

Авторами [20] також досліджено видалення корисних пігментів з лушпиння насіння соняшнику і встановлено, що вихід продукту найбільше залежить від рН середовища та співвідношення розчинник : порошок (подрібнене лушпиння соняшнику) і досягає свого максимуму приблизно через 2 години.

Відомо [21] виділення антоціанінів з лушпиння насіння соняшнику за допомогою водних розчинів SO₂ різних концентрацій, з подальшим дослідженням термічної стабільності отриманого пігменту в інтервалі температур 65–95 °C і при рН 1,0–5,0. Встановлено, що пігмент найбільш стабільний при рН 3,0.

Завданням дослідження [22] є створення стабільного природного барвника рубінового кольору з лушпиння насіння соняшнику, який був би стабільний у діапазоні рН 1,0–6,0, не зазнавав би помітної втрати кольору при температурах до 100 °C і тривалому впливі сонячного світла. З метою вирішення цього завдання екстракцію антоціанів з лушпиння насіння соняшнику проводили підкисленими водними розчинами карбонових кислот (лимонної, винної, яблучної та молочної), як індивідуально, так і у вигляді суміші розчинів цих кислот. Переважно, звісно, використовувати ті кислоти, які зазвичай використовуються при виробництві харчових продуктів, наприклад лимонна кислота. Встановлено, що на вихід антоціанів впливає час екстракції, температура екстракції і рН екстрагуючого розчину. Отриманий барвник можна використовувати для фарбування харчових продуктів, фармацевтичних препаратів, косметичних засобів, а також текстилю, паперу, шкіри і т.п.

Виходячи з вище зазначеного на даний час перспективним напрямом одержання харчових барвників натурального походження є використання:

по-перше місцевої рослинної сировини, а ще краще відходів її переробки і

по-друге використання методу екстрагування відповідним розчинником або їх сумішшю.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших досліджень в даному напрямку.

В роботі представлено узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання харчових барвників з рослинної сировини.

Напрямок розширення асортименту харчових барвників, що мають природне походження і які не містять канцерогенів та токсичних речовин, представляється особливо актуальним наданий час, а накопичена наукова база знань дозволить вивести на новий рівень розробку економічно прийнятної технології одержання натуральних барвників з рослинної сировини та відходів її переробки.

Список літератури: 1. Булдаков А. Пищевые добавки. Справочник. / А. Булдаков. – Санкт-Пет. : UT, 1996. – 240 с. 2. Лебедева И.С. Пигменты растительного мира / И.С. Лебедева, К.М. Сытнык. – К. : Наукова думка, 1986. – С. 85 – 92. 3. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон. – М. : Мир, 1986. – 422 с. 4. Henriette M.C. Betalains: properties,

sources, applications and stability / M.C. Henriette // Intern. J. Food. Sci. Technol. – 2009. – Vol. 44. – С. 2365 – 2376. 5. Саенко И.И. Бетаинины корнеплодов красной столовой свеклы / И.И. Саенко, О.В. Тарасенко, В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – Выпуск 3. – Т. 18. – 2012. – С. 194 – 200. 6. Переверткина И.В. Влияние голицерина на экстрагирование антоциановых пигментов из растительного сырья / И.В. Переверткина, А.Д. Волков, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – № 2. – 2011. – С. 187 – 188. 7. Ветчинкин А.Р. Естественные органические красящие вещества в пищевой промышленности / А.Р. Ветчинкин // Сб. «Зап. Саратов. план. ин-та». – Вып. 7. – 1940. – С. 79 – 135. 8. Саввин П.Н. Исследование антиоксидантных свойств желеиног мармелада / П.Н. Саввин, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С. 177 – 179. 9. Харламова О.А. Натуральные пищевые красители / О.А. Харламова, Б.В. Кафка – М. : 1979. – 191 с. 10. Патент 2228344 РФ. Способ получения антоцианового красителя из растительного сырья / А.П. Один, А.Д. Хайрутдинова, В.М. Болотов; БИ. – № 3. – 10.05.2004. 11. Переверткина И.В. Оптимизация условий экстрагирования антоциановых красителей из растительного сырья / И.В. Переверткина, А.Д. Волков, Н.Н. Титова, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – № 2. – 2014. – С. 137 – 141. 12. Патент 2426755 РФ. Способ получения антоцианового красителя из выжимок темных сортов ягод / И.В. Прерверкина, Н.С. Колтокова, Н.Н. Титова; БИ. – № 23. – опубл. 25.06.2009. 13. А.с. SU 1744647 A1 G01 N 31/22. Способ количественного определения суммы антоцианинов / А.Д. Рошаль, В.И. Циновый, В.Д. Орлов; Украинский научно-исследовательский институт птицеводства. – № 4640525/13; заявл. 24.01.89; опубл. 30.06.1992. – Бюл. 24. 14. Шанайда М.И. Пигментный склад надземной части Monarda fistulosa L. / М.И. Шанайда, С.М. Марчишин // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2012. – № 2. (9) – С. 31 – 32. 15. Lamort C. Chromatographie et degradation d'anthocyanines de fruits // Rev. ferment. et inds aliment. – 1959. – Vol. 14. – № 2. – С. 70 – 72. 16. Дерканосова Н.М. Разработка способов получения и применения натурального пищевого красителя / Н.М. Дерканосова, В.К. Гинс, О.А. Лупанова, И.И. Андропова // Техника и технология пищевых производств. – № 1 (36). – 2015. – С. 18 – 22. 17. Vaccari A. Anthocyanins of Sunflower / A. Vaccari, P.G. Pifferi, G. Zaccherini // Helianthus annuus, Journal of Food Science. – 1982. – Vol. 47. – С. 40 – 42. 18. Грант US 4156077 A. Process for obtaining a dye substance of vegetal origin / Pier G. Pifferi; Pifferi Pier G.– № 05/737,768; заявл. 01.11.1976; опубл. 22.05.1976. 19. Gao L. Extraction of Anthocyanin Pigments from Purple Sunflower Hulls / L. Gao, G. Mazza // Journal of Food Science. – 1996. – Vol. 61. – С. 600–603. 20. Pier G. Pifferi. The anthocyanins of sunflower, nternational / A. Vaccari, P.G. Pifferi // Journal of Food Science & Technology. 1983. – Vol. 18. – С. 629–638. 21. Mok C. Heat Stability of Sunflower-Hull Anthocyanin Pigment / C.Mok, N.S. Hettiarachchy // Journal of Food Science. – 1991. – Vol. 56. – С. 553–555. 22. Грант US6132791 A. Natural red sunflower anthocyanin colorant with naturally stabilized color qualities, and the process of making / Gregory J. Fox; Barkley Seed, Inc.– № US 09/263,628; заявл. 05.03.1999; опубл. 17.10.2000.

Bibliography (transliterated): 1. Buldakov A. Pishchevye dobavki. Spravochnik. / A. Buldakov. – Sankt-Pet. : UT, 1996. – 240 p. 2. Lebedeva I.S. Pigmenty rastitel'nogo mira / I.S. Lebedeva, K.M. Sytnyk. – Kyev: Naukova dumka, 1986. – P. 85 – 92. 3. Britton G. Biohimiya prirodnyh pigmentov / G. Britton. – Moscow: Mir, 1986. – 422 p. 4. Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications and stability / M.C. Henriette // Intern. J. Food. Sci. Technol. – 2009. – Vol. 44. – P. 2365 – 2376. 5. Saenko I.I. Betaininy korneplodov krasnoj stolovoj svekly / I.I. Saenko,

O.V. Tarasenko, V.I. Dejneka, L.A. Dejneka // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – Vypusk 3. – T. 18. – 2012. – P. 194 – 200. **6.** Perevertkina I.V. Vliyanie golicerina na ehkstragirovanie antocianovykh pigmentov iz rastitel'nogo syr'ya / I.V. Perevertkina, A.D. Volkov, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – No. 2. – 2011. – P. 187 – 188. **7.** Vetchinkin A.R. Estestvennye organicheskie krasyashchie veshchestva v pishchevoj promyshlennosti / A.R. Vetchinkin // Sb. «Zap. Sarat. plan. in-ta». – Vyp. 7. – 1940. – P. 79 – 135. **8.** Savvin P.N. Issledovanie antyoksydantnykh svoystv zheleznogo marmelada / P.N. Savvin, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – 2008. – No. 4. – P. 177 – 179. **9.** Harlamova O.A. Natural'nye pishchevye krasiteli / O.A. Harlamova, B.V. Kafka – Moscow: 1979. – 191 P. **10.** Patent 2228344 (RF). Sposob polucheniya antocianovogo krasitelya iz rastitel'nogo syr'ya / A.P. Odin, A.D. Hajrutdinova, V.M. Bolotov; BI. – No. 3. – 10.05.2004. **11.** Perevertkina I.V. Optimizaciya uslovij ehkstragirovaniya antocianovykh krasitelej iz rastitel'nogo syr'ya / I.V. Perevertkina, A.D. Volkov, N.N. Titova, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – No. 2. – 2014. – P. 137 – 141. **12.** Patent 2426755 (RF). Sposob polucheniya antocianovogo krasitelya iz vyzhimok temnykh sortov yagod / I.V. Prerverkina, N.S. Koltokova, N.N. Titova; BI. – No. 23. – 25.06.2009. **13.** A.s. SU 1744647 A1 G01 N 31/22. Sposob kolichestvennogo opredeleniya summy antocianinov / A.D. Roshal', V.I. Cinovyj, V.D. Orlov; Ukrainskij nauchno-issledovatel'skij institut pticevodstva. – No. 4640525/13; zayavl. 24.01.89; opubl. 30.06.1992. – Byul. 24. **14.** SHanajda M.I. Pigmentnij sklad nadzemnoj chastini Monarda fistulosa L. / M.I. SHanajda, S.M. Marchishin // Aktual'ni pitannya farmaceutichnoї i medichnoї nauki ta praktiki. – 2012. – No. 2. (9) –

P. 31 – 32. **15.** Lamort C. Chromatographie et degradation d'anthocyanines de fruits // Rev. ferment. et inds aliment. – 1959. – Vol. 14. – No. 2. – P. 70 – 72. **16.** Derkanosova N.M. Razrobotka sposobov polucheniya i primeneniya natural'nogo pishchevogo krasitelya / N.M. Derkanosova, V.K. Gins, O.A. Lupanova, I.I. Andropova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – No. 1 (36). – 2015. – P. 18 – 22. **17.** Vaccari A. Anthocyanins of Sunflower / A. Vaccari, P.G. Pifferi, G. Zaccherini // Helianthus annuus, Journal of Food Science. – 1982. – Vol. 47. – P. 40 – 42. **18.** Grant US 4156077 A. Process for obtaining a dye substance of vegetal origin / Pier G. Pifferi; Pifferi Pier G.– No. 05/737,768; zayavl. 01.11.1976; opubl. 22.05.1976. **19.** Gao. L. Extraction of Anthocyanin Pigments from Purple Sunflower Hulls / L. Gao, G. Mazza // Journal of Food Science. – 1996. – Vol. 61. – P. 600–603. **20.** Pier G. Pifferi. The anthocyanins of sunflower, international / A. Vaccari, P.G. Pifferi // Journal of Food Science & Technology. 1983. – Vol. 18. – P. 629–638. **21.** Mok C. Heat Stability of Sunflower-Hull Anthocyanin Pigment / C.Mok, N.S. Hettiarachchy // Journal of Food Science. – 1991. – Vol. 56. – P. 553–555. **22.** Grant US6132791 A. Natural red sunflower anthocyanin colorant with naturally stabilized color qualities, and the process of making / Gregory J. Fox; Barkley Seed, Inc.– No. US 09/263,628; zayavl. 05.03.1999; opubl. 17.10.2000.

Надійшла (received) 17.08.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Папченко Вікторія Юрївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, заступник директора з наукової роботи, м. Харків; тел.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Кузнецова Лариса Миколаївна – кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, науковий співробітник, м. Харків; тел.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

Папченко Вікторія Юрьевна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины, заместитель директора по научной работе, г. Харьков; тел.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Кузнецова Лариса Николаевна – кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины, научный сотрудник, г. Харьков; тел.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

Papchenko Victoria Yuryevna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Deputy Director for Science, Kharkov; tel.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Kuznetsova Larisa Nikolaevna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Researcher, Kharkov; tel.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

УДК 547.53

S. I. BUKHKALO, O. I. OLKHOVSKA**SELECTION EVIDENCE-BASED METHODS FOR EFFECTIVE USE OF ALTERNATIVE ENERGY**

The paper discusses the possibility of the development of science-based concept of integrated processes complex enterprises energy mix (alternative energy and polymer wastes). A review of the literature and the necessary articles written on the subject: as technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly; types and methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified; identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results. The results of studies of complex innovative projects conducted as inter-university cooperation. The features of the main projects participating EU Energy Week (environmental safety and scientifically grounded processes). Recognized as the most effective direction of resources and energy saving.

Key words: environmental safety, alternative energy, complex projects, polymer wastes, estimation criteria, scientifically grounded processes

Introduction. We have written this article alternative energy, solar and wind power plants, project development for all those who are engaged in the power studies and baseness. In this, phase of work in NTU «KhPI» – studies the possibility of increasing the economic efficiency of alternative energy sources. A review of the literature and the necessary articles written on the subject: 1. As technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly. 2. Types and methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified. 3. Identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results.

Energy is a fundamental input for economic systems. Current economic activity depends overwhelmingly on fossil fuels including oil, coal, and natural gas. These fuels are non-renewable. Renewable sources such as hydroelectric, wind, and solar power currently provide less than 10% of global energy. In just a few decade solar and wind power has developed from alternative energy sources to a new fast growing industrial branch. The history of industrial civilization is a history of energy transitions. In less developed, agrarian economies, people's basic need for food calories is provided through simple forms of agriculture, which is essentially a method of capturing solar energy for human use [1–5]. Solar or wind energy stored in firewood or other biomass energy meets other basic needs for home heating and cooking.

As economies develop and become more complex, energy needs increase greatly. Historically, as supplies of firewood and other biomass energy proved insufficient to support growing economies in Europe and the United States, people turned to hydropower (also a form of stored solar energy), then to coal during the nineteenth century, and then to oil and natural gas during the twentieth century. Since the tsunami last year and the resulting Fukushima nuclear plant disaster in Japan, grid instability has been a major issue while renewable energy installations have grown rapidly. In an effort to tie together both a need for more residential-side energy generation and smooth out grid stability, Kyocera has introduced a new home energy management system that integrates solar panels for power generation and a lithium-ion battery for power storage, all overseen and regulated with its energy software [3].

A review of the literature alternative energy.

Each stage of economic development has been accompanied by a characteristic energy transition from one major fuel source to another. Today, fossil fuels – coal, oil and natural gas – are by far the dominant energy source in industrial economies, and the main source of energy production growth in developing economies (see Fig. 1) [1]. But the twenty-first century is already seeing the start of the next great transition in energy sources – away from fossil fuels towards renewable energy sources. This transition is motivated by many factors, including concerns about environmental impacts (particularly climate change), limits on fossil fuel supplies, prices, and technological change. Solar energy comes in three basic forms [2]: low temperature solar thermal; solar electric or photovoltaic (PV); high-temperature solar thermal energy.

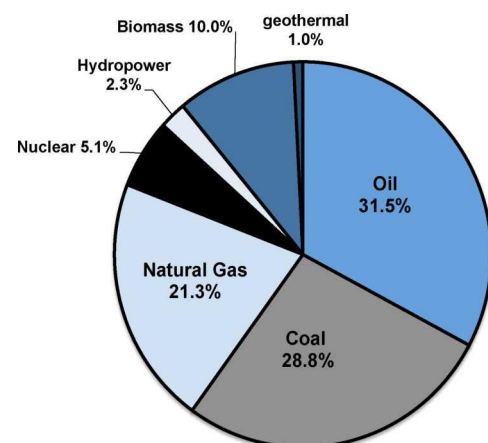


Fig. 1 – Global Energy Consumption by Source, 2011
Source: International Energy Agency (IEA 2013)

Like biomass and hydropower, wind power has been used since ancient times. On the best sites, modern electricity production from wind is very close to cost parity with sources like coal and nuclear power. But there is a big difference between wind power cost on the best sites and on less suitable sites. Wind power is generated by the energy in moving air, and available energy varies with the cube of wind velocity [1].

© S.I. Bukhkalov, O.I. Olkhovska, 2015

The authors then estimate the infrastructure that would be necessary to supply all energy worldwide from WWS in 2030. Table 1 presents their results, based on the assumption that 90% of global energy is supplied by wind and solar, and 10% by other renewables. The effi-

ciency of a solar collector depends on the ability to absorb heat and the reluctance to lose heat once absorbed. Figure 2 presents principle of energy flows in a solar collector [3]

Table 1 – Infrastructure Requirements for Supplying All Global Energy in 2030 from Renewable Sources

Energy Source	Percent of 2030 Global Power Supply	Number of Plants/Devices Needed Worldwide
Wind turbines	50	3,800,000
Wave power plants	1	720,000
Geothermal plants	4	5,350
Hydroelectric plants	4	900
Tidal turbines	1	490,000
Rooftop solar PV systems	6	1.7 billion
Solar PV power plants	14	40,000
Concentrated solar power plants	20	49,000
TOTAL	100	

Source: Jacobson and Delucchi (2011) [2].

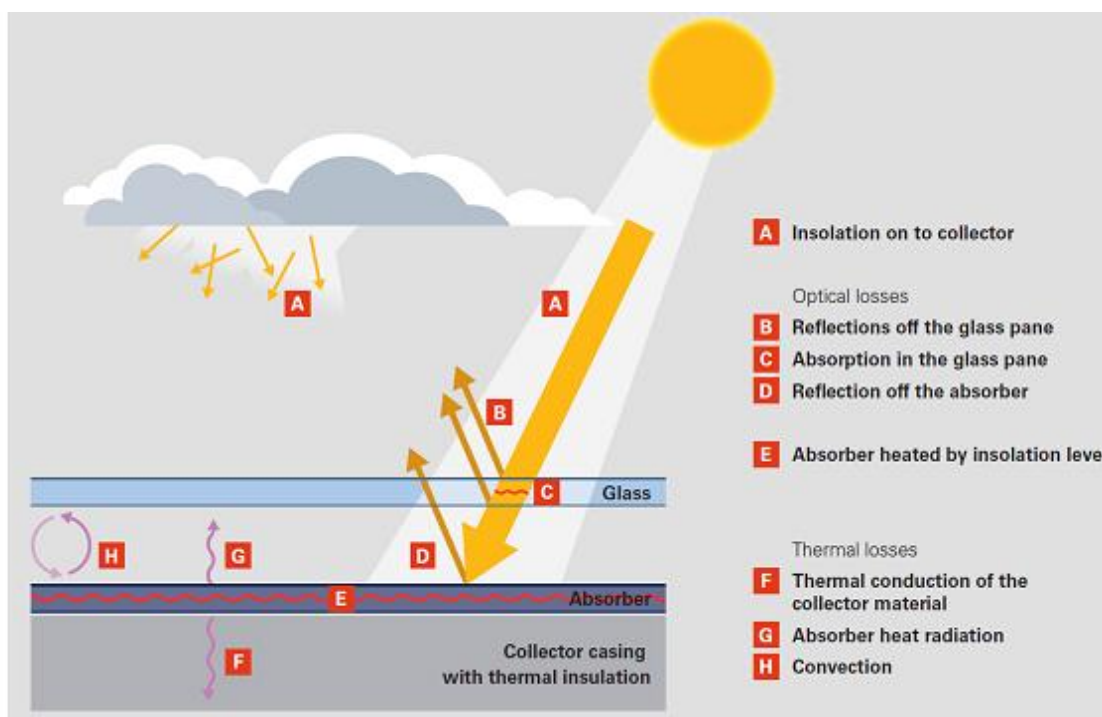


Fig. 2 – Principle of energy flows in a solar collector [3]

A simple way to calculate the efficiency is to use equation 1 [4]:

$$\eta_c = \eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (1),$$

where η_c – collector efficiency; G – total (global) irradiance on the collector surface [W/m^2]; T_m – mean collector fluid temperature [$^{\circ}C$]; T_a – temperature of the ambient air [$^{\circ}C$].

A review of the experimental research alternative energy together with the students. Most renewables are less available and/or have higher costs than fossil fuels used in the recent past. The costs of renewable en-

ergy resources are attributable in part to inherent characteristics, particularly their low net energy ratios, intermittent availability, and capital intensity.

Development of new technology will reduce cost but may not make renewable energy cost competitive with market prices of fossil fuels in the near future unless fossil-fuel externalities are considered. The speed of the transition to renewable energy will be highly influenced by policy choices; potential policies include increasing energy research and development expenditures, feed-in tariffs, and renewable energy targets.

These questions was designed together with the students, as complex and innovative projects in the student scientific society – is the third stage of the work in NTU «KhPI». Attraction to address environmental problems in

Ukraine public student organizations in the process of learning in higher education will allow them to prepare in the future society of Ukraine to the organized collection of various types of waste.

Our work is focus on evidence-based choice of integrated energy of different origin – alternative energy (AE) (Figure 3 – 9) and energy waste. This will reduce,

primarily, the total amount of waste to be disposed of in landfills or polluting harmful emissions.

This approach allows using the resource potential of these types of waste, and creating conditions for compliance with legal, health and environmental, economic and organizational aspects of the problem of waste management in general.

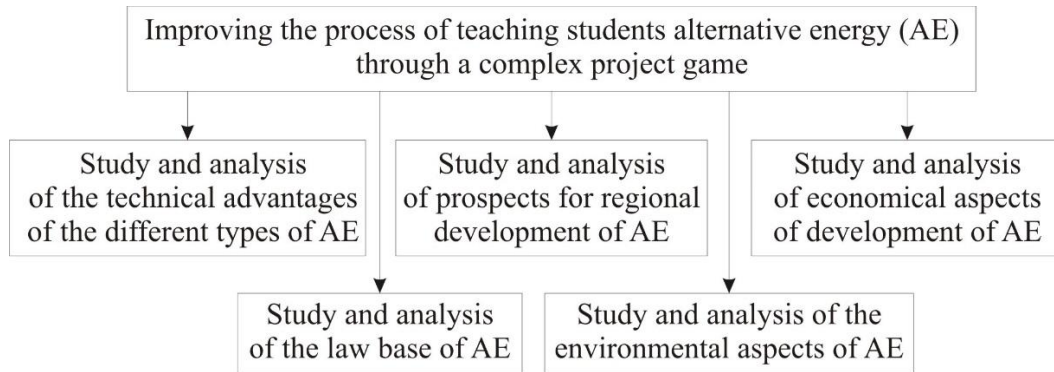


Fig. 3 – Improving the process of teaching students

While working to develop the principle of evaluating the effectiveness of the use of funds expended primarily for the construction of a particular object of alternative energy. For example, the methodology to calculate the allocation of public funds for the expansion of the subsequent reinvestigation innovation construction by

depreciation and profits, which are formed in the process of the wind power plant (Figure 3).

The total number of articles, papers in international and other conferences, study guide, tutorials, and guidelines for students – more than 30 are prepared and published.

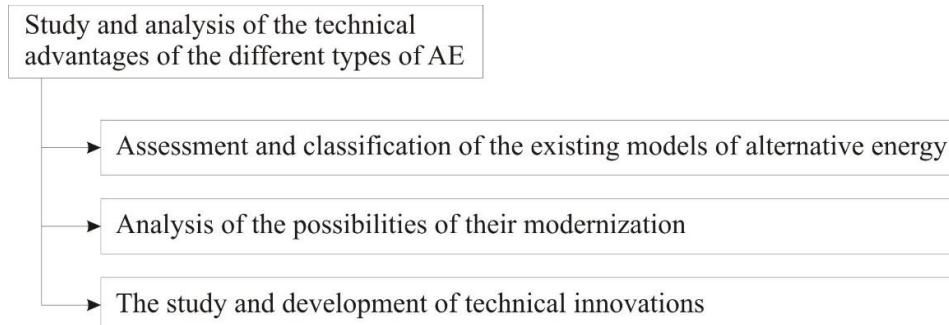


Fig. 4 – Study and analysis the process of teaching students

The global system of education is in a state of crisis, which is cause by both internal and external to its factors. For Ukraine, this transition to a market economy, a high level of unemployment among university graduates, especially in the economic crisis, sharply exacerbated the

problems and opportunities for young people to find their niche in the job market, highlighted lack of preparation of graduates for the real organizational and technical activities.

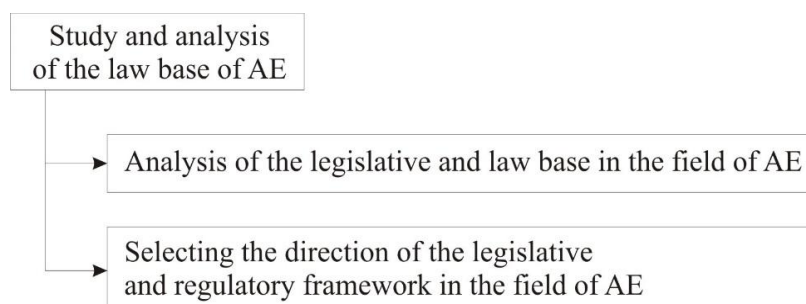


Fig. 5 – Study and analysis of the law base of AE

The problem of learning the practical skills of the students in higher education, even in the most modern of techniques, it is very difficult to solve. Creating the conditions for training students for the acquisition of the necessary competencies for life will contribute to the

competitiveness of graduates in the labor market; the key competence can facilitate their participation in the development of the democratic principles of society.

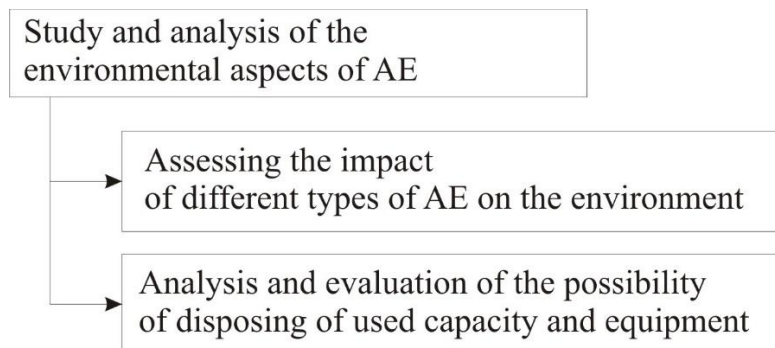


Fig. 6 – Study and analysis of the environmental aspects of AE

Ways and means to the development of solar and wind energy and the environment are widely used in the EU. This is linking to the development effectiveness environmental management and legislation.

Such experience is required at the stage of Ukraine training students in high school. University graduates, getting on the company as experts will have a modern legal framework, national programs of the EU.

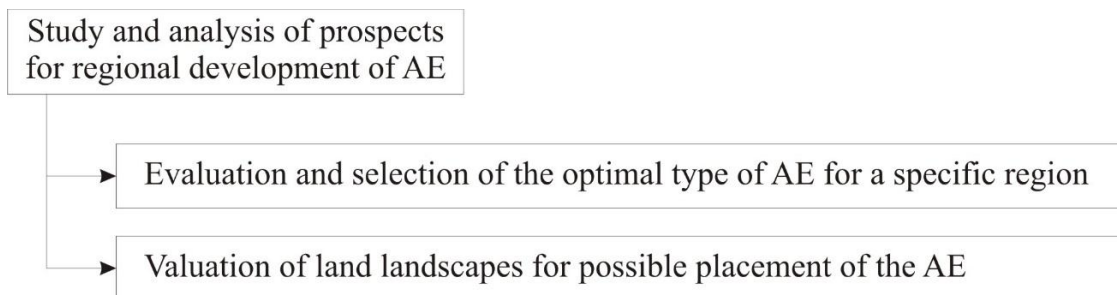


Fig. 7 – Study and analysis of prospects for regional development of AE for students

Education students should be associated with the reform of the environment at different levels, to identify

and achieve goals in the short and long term.

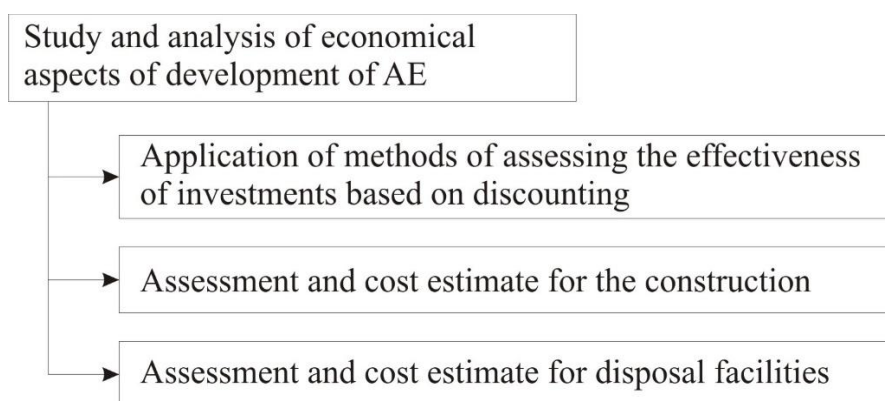


Fig. 8 – Study and analysis of economic aspects development of AE

Background to the project:
Out of the methods of alternative energy, the most promising in terms of economic efficiency of business is to direct the use of solar and wind energy. This will ex-

pand the resource base and improve the energy efficiency of their use as raw material.

To achieve these goals, and the prevention of pollution by millions of tons of waste fuel and energy needs to

be addressed and one of the main issues of this problem – efficiency of business. the choice of methods and mechanisms to improve the

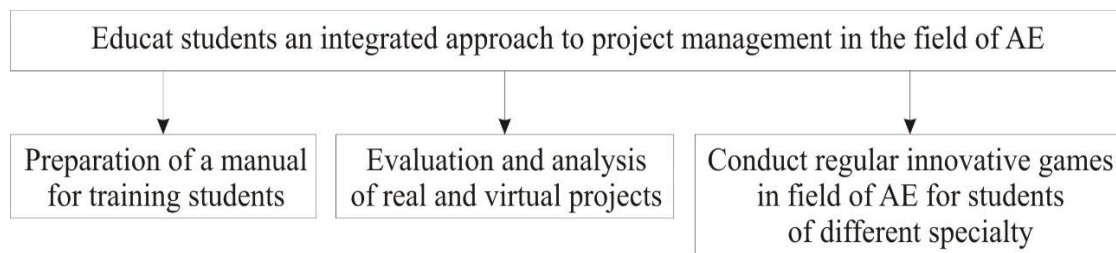


Fig. 9 – Study and analysis of management

Description of the problem to be solved:

The problem of learning the practical skills of the students in higher education, even in the most modern of techniques, it is very difficult to solve. Creating the conditions for training students for the acquisition of the necessary competencies for life will contribute to the competitiveness of graduates in the labor market; the key competence can facilitate their participation in the development of the democratic principles of society.

Ways and means to the development of solar and wind energy and the environment are widely used in the EU. This is linked to the development effectiveness environmental management and legislation. Such experience is required at the stage of Ukraine training students in high school. University graduates, getting on the company as experts will have a modern legal framework, national programs of the EU.

Education students should be associated with the reform of the environment at different levels, to identify and achieve goals in the short and long term. Our work is focused on evidence-based choice of integrated energy of different origin. This will reduce, primarily, the total amount of waste to be disposed of in landfills or polluting harmful emissions.

This approach allows to use the resource potential of these types of waste, and create conditions for compliance with legal, health and environmental, economic and organizational aspects of the problem of waste management in general. While working to develop the principle of evaluating the effectiveness of the use of funds expended primarily for the construction of a particular object of alternative energy. For example, the methodology to calculate the allocation of public funds for the expansion of the subsequent reinvestigation innovation construction by depreciation and profits, which are formed in the process of the wind power plant.

In order to integrate Ukraine into the EU and for the realization of our project to the following questions:

- 1) classification of wind power plants in terms of investment;
- 2) classification of wind power plants in terms of economic efficiency;
- 3) the classification of solar energy in terms of investment;
- 4) classification of solar sources energy in terms of economic efficiency

5) classification of types of polymer waste as an alternative energy source;

6) analysis of the experience of wind, solar and polymer waste systems for use in Ukraine.

The problem of wastes utilization and recycling is present as complex research and analysis of energy- and resource saving processes for treatment of polymer wastes of various origin [6–11].

Energy is a fundamental input for economic systems. Current economic activity depends overwhelmingly on fossil fuels including oil, coal, and natural gas. These fuels are non-renewable. Renewable sources such as hydroelectric, wind, and solar power currently provide less than 10% of global energy.

Many sources of renewable energy are available, and have been used for centuries. Most renewables are less available and/or have higher costs than fossil fuels used in the recent past. The costs of renewable energy resources are attributable in part to inherent characteristics, particularly their low net energy ratios, intermittent availability, and capital intensity. Development of new technology will reduce cost but may not make renewable energy cost competitive with market prices of fossil fuels in the near future unless fossil-fuel externalities are considered.

The speed of the transition to renewable energy will be highly influenced by policy choices. Potential policies include increasing energy research and development expenditures, feed-in tariffs, and renewable energy targets. Public policy can also aid in providing capital for renewable energy projects, and in providing a robust electricity grid for moving energy long distances.

Discussion questions for students:

1. In general, how do renewable energy sources differ from fossil fuels, i.e. what are some common characteristics of renewable energy sources that are different from characteristics of fossil fuels used in the past?

2. Explain the renewable energy sources principle in your own words. How would this apply to developing a portfolio of renewable energy sources in your home region?

3. Is energy conservation likely to be more important in a renewable energy economy than it has been in the past? Explain.

4. Hydropower is currently the largest source of renewably generated electricity in the world, and there is potential for expansion. In some parts of the world, a

renewable energy portfolio could be based on hydropower and energy conservation alone. Yet hydropower is also controversial, chiefly because of associated negative externalities. Describe some of these. Do you think more hydropower should be developed in the world?

5. How would you decide whether or not to develop a particular hydro project?

Список літератури: 1. Timmons D. The economics of renewable energy / D. Timmons, Jonathan M. Harris and Brian Roach // Global Development And Environment Institute, Tufts University. 2014. – P. 52. 2. Joshua Earnest, Tore Wizelius. Wind power plants and project development. 2011. – P. 484. 3. Technical guide – Solar thermal systems, Viessmann GmbH, 2009. 4. Solar district heating guidelines. Fact sheet 7.1, page 1 of 15, www.solar-district-heating.eu 5. Buoyancy Effects on Thermal Behavior of a Flat-Plate Solar Collector, Jianhua Fan & Simon Furbo, Dep. of Civil Engineering – Technical University of Denmark, 2008, www.aseanenergy.info/Abstract/31029901.pdf 6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, О.А. Северин, О.І. Ольховська, А.В. Серіков, М.М. Зипунніков. – К. : «Центр учбової літератури», 2013. – 352 с. 7. Бухкало С.І. Исследование методов переработки отходов термопластов и композиционных материалов на их основе. Отчет о НИР, НТУ «ХПИ», – Харьков, № ГР 01850021487, 1990. 8. Бухкало С.І. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направленная модификация вторичного полиэтлена ; дис. ... канд. техн. наук. – М., 1988. 9. Бухкало С.І. Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості / Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. – Вип. 45. Т. 3. – С. 76–79. 10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні приклади) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, А.Є. Денисова, І.М. Демидов, П.О. Капустенко, О.П. Арсеньєва, О.В. Білоус, О.І. Ольховська. – К. : «Центр учбової літератури», 2015. – 468 с. 11. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу / Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. :НТУ «ХПИ». № 7 (1116), с. 103–108.

6. Why does public policy have such a prominent role in promoting renewable energy use, and in accelerating the transition to renewable energy?

7. What public policy approaches do you think will be most effective?

Brian Roach // Global Development And Environment Institute, Tufts University. 2014. – P. 52. 2. Joshua Earnest, Tore Wizelius. Wind power plants and project development. 2011. – P. 484. 3. Technical guide – Solar thermal systems, Viessmann GmbH, 2009. 4. Solar district heating guidelines. Fact sheet 7.1, page 1 of 15, www.solar-district-heating.eu 5. Buoyancy Effects on Thermal Behavior of a Flat-Plate Solar Collector, Jianhua Fan & Simon Furbo, Dep. of Civil Engineering – Technical University of Denmark, 2008, www.aseanenergy.info/Abstract/31029901.pdf

6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, О.А. Северин, О.І. Ольховська, А.В. Серіков, М.М. Зипунніков. – К. : «Центр учбової літератури», 2013. – 352 с. 7. Бухкало С.І. Исследование методов переработки отходов термопластов и композиционных материалов на их основе. Отчет о НИР, НТУ «ХПИ», – Харьков, № ГР 01850021487, 1990, 103 с. 8. Бухкало С.І. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направленная модификация вторичного полиетлена ; дис. ... канд. техн. наук. – М., 1988, 153 с. 9. Бухкало С.І. Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості / Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. – Вип. 45. Т. 3. – С. 76–79. 10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні приклади) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, А.Є. Денисова, І.М. Демидов, П.О. Капустенко, О.П. Арсеньєва, О.В. Білоус, О.І. Ольховська. – К. : «Центр учбової літератури», 2015. – 468 с. 11. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу / Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. :НТУ «ХПИ». № 7 (1116). P. 103–108.

Надійшла (received) 22.09.2015

Bibliography (transliterated): 1. Timmons D. The economics of renewable energy / D. Timmons, Jonathan M. Harris and

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховская Оксана Игоревна – ст. преподаватель кафедры менеджмента и налогообложения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховська Оксана Ігорівна – ст. викладач кафедри менеджменту та оподаткування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Olkhovska Oksana Igorivna – Senior Lecturer of Department of Management and Taxation, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 004.4

С. И. БУХКАЛО, В. Н. СОЛОВЕЙ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ В СТАТИЧЕСКОМ КОАГУЛЯТОРЕ

Проведен первый этап эксперимента с целью выбора методов моделирования процессов коагуляции в статическом коагуляторе. Показано, что расчет и проектирование технологической схемы коагуляции на базе статических флокуляторов требуют предварительного экспериментального определения параметров коагуляции данной дисперсной системы в модельном аппарате с мешалкой. Определены конструкционные параметры, гидродинамические характеристики и потребляемая мощность модели, что позволяет воспроизвести режим работы производственного флокулятора и сделать необходимые выводы.

Ключевые слова: насосный эффект, решетчатый турбулизатор, коагуляционный смеситель, камера хлопьеобразования, среднеквадратичный градиент скорости.

Введение. Процессы измельчения и диспергирования твердых материалов имеют большое значение в химической и пищевой промышленности. Благодаря диспергированию нерастворимых компонентов удается интенсифицировать целый ряд химических и массообменных процессов. В различных промышленных технологических процессах требуется разделение жидкой и твердой фаз (сгущение, фильтрование, центрифугирование, флотация, очистка воды от взвешенных частиц). При этом могут возникать затруднения, обусловленные малым размером частиц и высокой агрегативной и седиментационной устойчивостью системы. Интенсификация этих процессов во многих случаях может быть достигнута за счет объединения частиц в агрегаты под действием коагулянтов и флокулянтов.

Постановка задачи и анализ литературных данных. Под коагуляцией понимают процесс слипания одинаковых по химической природе частиц, приводящий к образованию более крупных частиц – агрегатов. Различают два вида устойчивости дисперсных систем: седиментационную и агрегативную. Под седиментационной устойчивостью понимают способность системы сохранять неизменным во времени распределение концентрации частиц по высоте. Дисперсные системы являются в общем случае седиментационно неустойчивыми. После прекращения перемешивания частицы в них начинают седиментировать, что приводит к разделению системы на две части: осадок и отстой. Если плотность частиц совпадает с плотностью среды, то концентрация частиц на всех уровнях является одинаковой и не меняется во времени. Таким образом, дисперсная система с равномерным распределением частиц седиментационно устойчива. Под агрегативной устойчивостью дисперсных систем понимают способность частиц не слипаться. Все водные дисперсии гидрофобных частиц (слабо взаимодействующих с водой) агрегативно неустойчивы. Частицы, находящиеся в броуновском движении, при столкновении друг с другом коагулируют, а образовавшиеся в результате этого агрегаты седиментируют. Увеличение интенсивности броуновского движения частиц при повышении температуры, перемешивание дисперсной системы, приводящее к увеличению частоты столкновений частиц, увеличивают скорость коагуляции. Во всех случаях,

при использовании любых коагулянтов, условия смешения реагента с водой и условия образования частиц, т.е. хлопьеобразование, имеют решающее значение для последующего процесса разделения фаз [1].

При введении в воду коагулянта – сернокислого алюминия, ион Al^{3+} подвергается гидролизу, проходя через серию промежуточных соединений в результате реакций с гидроксильными ионами и полимеризации [2]. Эти соединения существуют в течение короткого промежутка времени и имеют положительный заряд, они легко адсорбируются на поверхности частиц, обеспечивая их эффективную дестабилизацию. Следовательно, используемый при коагуляции смеситель должен работать в таком режиме, чтобы коагулянт вступал в контакт с максимальным числом частиц до того момента, когда закончатся реакции гидролиза и полимеризации.

Анализ различных конструкций смесителей показал, что данному требованию наиболее соответствует трубчатый смеситель, в котором установлены с определенным шагом решетки-турбулизаторы, набранные из плоских пластин [3]. При этом третья по ходу потока решетка выполнена из полых стержней, в которых просверлены отверстия для ввода коагулянта во многих точках поперечного сечения трубы.

Гидродинамический режим в стационарном смесителе характеризуется следующими параметрами:

1. Среднеквадратичный градиент скорости

$$G_{CT} = \sqrt{\varepsilon / \nu} . \quad (1)$$

2. Мощность, затрачиваемая на перемещение жидкости

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H . \quad (2)$$

3. Скорость диссипации энергии

$$\varepsilon = N / (V \cdot S) . \quad (3)$$

4. Потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений

$$\Delta H = \xi_T \frac{L_c W^2}{l 2g} \tag{4}$$

Подставляя данные уравнений (2) и (4) в уравнение (3) и с учетом значения $Q = W \cdot \pi \cdot d_{CT}^2 / 4$ получим выражение (5) $\varepsilon_{CT} = \xi \cdot W^3 / (2l)$; в приведенных уравнениях: Q – объемный расход суспензии; L_c – длина смесителя; l – шаг установки турбулизаторов; ξ_T – коэффициент сопротивления решетки [4]; W – среднерасходная скорость; V – объем смесителя. При живом сечении решетки 0,5, размере ячейки 0,015 м, среднерасходной скорости 0,4 л/с, время смешения составляет 4,5 с [3].

После дестабилизации частиц продуктами гидролиза коагулянта, столкновения между частицами за счет относительной пульсационной скорости приводит к образованию их агрегатов (микрофлокул). Затем при объединении микрофлокул образуются более крупные агрегаты – флокулы с возможностью дальнейшего захвата первичных частиц. Увеличение размера флокул осуществляется при медленном перемешивании в камере хлопьеобразования – трубчатом аппарате с размещенными в нем решетками. Процесс хлопьеобразования проводится с постоянно уменьшающейся величиной G по мере того как растут флокулы. Зачастую принимают следующий режим перемешивания: в первом, втором и третьем отделениях камеры величина G равна соответственно 90 с^{-1} , 50 с^{-1} и 20 с^{-1} . Такой режим хлопьеобразования уменьшает возможность разрушения крупных хлопьев и позволяет получить плотные хлопья.

Перед разработкой промышленной схемы коагуляции приходится проводить многочисленные исследования по выбору типа коагулянта или флокулянта и его дозы, определению оптимального значения среднеквадратичного градиента скорости и продолжительности процесса.

Статистический трубчатый смеситель и камера хлопьеобразования являются аппаратами непрерывного действия и проведение пробного коагулирования требует большого количества исходной дисперсной смеси и создания достаточно громоздкой экспериментальной установки.

Наиболее удобным для проведения пробной коагуляции является аппарат с мешалкой периодического действия. При этом гидродинамический режим его работы должен быть максимально близок к работе статических трубчатых аппаратов. В этом случае должно сохраняться приблизительное равенство расхода жидкости через мешалку (насосный эффект) v_n и расход жидкости в статическом смесителе v_c ; равенство жидкости, затрачиваемой на перемешивание $N_m = N_c$ и одинаковое время полного перемешивания $\tau_m = \tau_c$.

Основным конструктивным элементом решетки-турбулизатора является крестовина, выполненная из плоских пластин, длина которых равна размеру ячей-

ки решетки. Исходя из этого в механическом смесителе в качестве перемешивающего устройства была выбрана турбинная дисковая мешалка с четырьмя лопатками в виде крестовины с размерами, соответствующими статистическому смесителю (рис. 1). Поскольку поменялись размеры и форма лопаток мешалки по сравнению с традиционными турбинными мешалками, то возникла необходимость в экспериментальном исследовании мощности, потребляемой мешалкой; насосного эффекта; времени циркуляции и времени перемешивания.

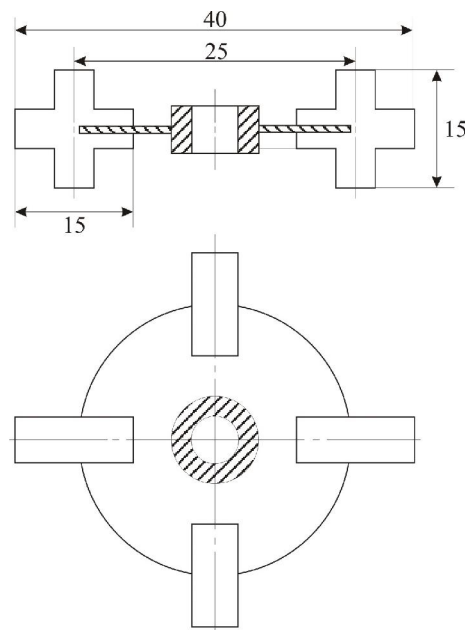


Рис. 1. Основные размеры турбинной мешалки с прямыми лопатками

Исходя из корректного проведения эксперимента принимаем объем $V = 10^{-3} \text{ м}^3$. Тогда диаметр смесителя $D = 108 \text{ мм}$ при высоте $H = D$, диаметр мешалки – $d = (1/3)D \approx 40 \text{ мм}$.

Мощность, расходуемая на перемешивание, измерялась с помощью электрической схемы (рис. 2) и рассчитывалась по уравнению

$$N = (U_{жс} I_{жс} - U_{жс}^2 R) - (U_{вг} I_{вг} - U_{вг}^2 R)$$

где R – сопротивление электродвигателя; $U_{жс}, U_{вг}, I_{жс}, I_{вг}$ – соответственно напряжение и ток при вращении мешалки в воде и воздухе.

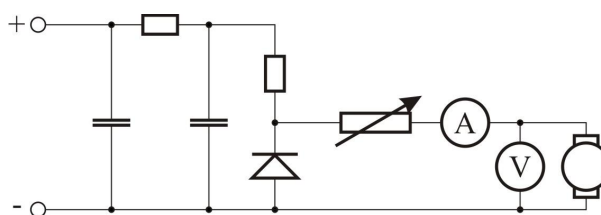


Рис. 2. Электрическая схема для измерения мощности, затрачиваемой на перемешивание

Результаты экспериментальных исследований мощности в виде зависимости $K_N = f(\text{Re}_N)$ представлены в графическом виде на рис. 3.

Определив из графика функции коэффициент мощности K_N , расчет потребляемой мощности проводится по уравнению

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5,$$

где n – число оборотов мешалки в секунду, d_m – диаметр мешалки.

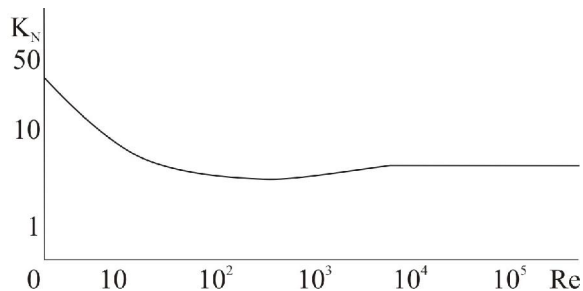


Рис. 3. Зависимости $K_N = f(\text{Re})$ для открытых турбинных мешалок с четырьмя лопатками

Время полного перемешивания определялось путем введения в воду 1 см^3 $0,5 \text{ N}$ раствора КСІ и измерения концентрации индикатора кондуктометрическим методом. В качестве времени перемешивания принималось время, после которого исчезали колебания электропроводности жидкости (рис. 4).

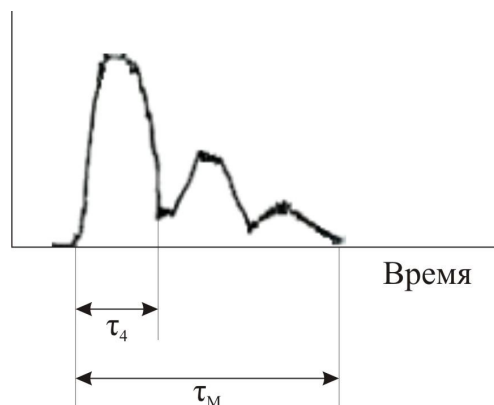


Рис. 4. Зависимость электропроводности жидкости от времени для измерения времени перемешивания τ_m и времени циркуляции $\tau_{\text{ц}}$

Из рис. 4 следует, время полного смешения τ_m и время циркуляции $\tau_{\text{ц}}$ связаны зависимостью

$$\tau_m = 3\tau_{\text{ц}}.$$

Зависимость между временем перемешивания и критерием Рейнольдса для используемой мешалки представлена на рис. 5.

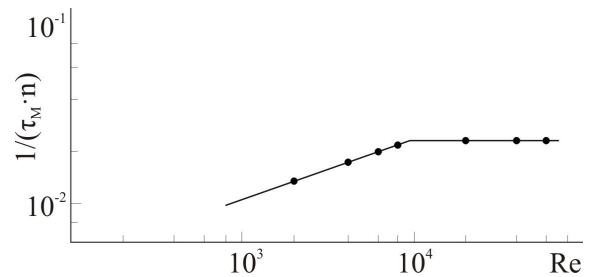


Рис. 5. Зависимость скорости смешения от числа Рейнольдса

Насосный эффект мешалки – объемный расход жидкости через мешалку можно представить в следующем виде:

$$v_n = v / \tau_{\text{ц}}.$$

Экспериментальное и расчетное решение проблемы. В процессе исследования коагуляции конкретной дисперсной системы устанавливаются оптимальные значения скорости вращения мешалки и продолжительность процесса смешения и хлопьеобразования. В качестве примера выберем среднеквадратичный градиент скорости в смесителе $G_{\text{см}} = 770 \text{ с}^{-1}$, что соответствует скорости вращения мешалки $H = 10 \text{ с}^{-1}$, $G_x = 770 \text{ с}^{-1}$, в режиме хлопьеобразования и продолжительности его 5 минут. Тогда расчет статического трубного смесителя и камеры хлопьеобразования проводится в следующей последовательности.

1. Критерий Рейнольдса для мешалки

$$\text{Re}_m = n_m \cdot d_m^2 \cdot \rho / \mu = 10 \cdot 0,04^2 \cdot 10^3 / 10^{-3} = 1,6 \cdot 10^4.$$

2. Мощность, расходуемая на перемешивание после определения коэффициента мощности (рис. 3)

$$N_m = K_N \cdot \rho \cdot n_m^3 \cdot d_m^5 = 6 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,04^5 = 0,6 \text{ Вт}.$$

3. Скорость диссипации энергии

$$\varepsilon_m = N_m / (V_m \cdot \rho) = 0,6 / 10^3 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ Вт/кг}.$$

4. Время окончания перемешивание по рис. 5

$$1/(\tau_n \cdot n_m) = 0,02; \tau_n = 1/(0,02n_m) = 1/(0,02 \cdot 10) = 5 \text{ с}.$$

5. Время циркуляции в соответствии с рис. 4

$$\tau_{\text{ц}} = \tau_n / 3 = 5 / 3 = 1,65.$$

6. Насосный эффект

$$v_n = v_m / \tau_{\text{ц}} = 10^{-3} / 1,65 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

7. Удельный насосный эффект, приходящийся на одну лопасть мешалки

$$v_{y0} = v_n / 4 = 6 \cdot 10^{-3} / 4 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

8. Скорость движения в статическом смесителе при условии $\varepsilon_c = \varepsilon_m$ с учетом уравнения (5)

$$W_c = ((2 \cdot l \cdot \varepsilon_m) / \xi)^{1/3} = ((2 \cdot 0,15 \cdot 0,6) / 3)^{1/3} = 0,4 \text{ м/с}$$

где $\xi = 3$ – коэффициент сопротивления решетки [4].

9. Диаметр статического смесителя (м) при условии $v_c = v_{y0}$, где v_c – удельный расход, отнесенный к площади одной ячейки решетки

$$d_c = \sqrt{4v_{y0} / (\pi \cdot W_c)} = \sqrt{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,4)} = 0,02.$$

10. Длина статического смесителя

$$L_c = W_c \cdot \tau_n = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ м}.$$

11. Скорость диссипации энергии в камере хлопьеобразования при $G_x = 25 \text{ с}^{-1}$ с учетом уравнения (1)

$$\varepsilon_x = G_x^2 \cdot \nu = 25^2 \cdot 10^{-6} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/кг}.$$

12. Скорость движения (м/с) в камере хлопьеобразования

$$W_x = ((2l_x \cdot \varepsilon_x) / \xi)^{1/3} = ((2 \cdot 0,2 \cdot 6,2 \cdot 10^{-4}) / 3)^{1/3} = 0,44.$$

13. Диаметр камеры хлопьеобразования, м:

$$d_x = \sqrt{4v_c / (\pi \cdot W_x)} = \sqrt{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,44)} = 0,065.$$

14. Длина камеры хлопьеобразования, м

$$l_x = W_x \cdot t_x = 0,44 \cdot 300 = 13,2.$$

Определенные параметры соответствуют общепринятым закономерностям процессов коагуляции статическом коагуляторе [5, 6].

Сведения об авторах /About the Authors

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Соловей Валентин Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: bis.khr@gmail.com

Solovej Valentin Nikolaevich – PhD, docent of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: bis.khr@gmail.com.

Выводы.

Таким образом, показан алгоритм расчета и проектирования технологической схемы коагуляции на базе статических флокуляторов, который предполагает предварительное экспериментальное определение параметров коагуляции данной дисперсной системы в модельном аппарате с мешалкой.

Определены конструкционные параметры, гидродинамические характеристики и потребляемая мощность модели, что позволяет воспроизвести режим работы производственного флокулятора.

Предложенный подход может иметь положительный эффект от внедрения выбранных методов моделирования в системе высшего образования Украины и на предприятиях различных отраслей промышленности.

Список литературы: 1. *Vrale L.G. Jorden R.M.* Rapid mixing in water. Journal american water works associate. 1971. v. 63, № 1, p. 45–53. 2. *Letterman R.D., Vanderbrook S.G.* Effect of solution chemistry on coagulation with hydrolyzed AL(3+) Water research. 1983 v. 17, № 1, p. 195–204. 3. *Соловей В.Н.* Разделение водных дисперсий коагуляцией в статических аппаратах. Автореферат дис. канд. техн. наук. Х. 1990. 17 с. 4. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. Госэнергоиздат, 1960. 463 с. 5. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] : учеб. пособие / *Л. Л. Товашнянский* [и др.] ; Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. Харьков : Підручник НТУ «ХПІ», 2013. 432 с. 6. *Б.Г. Покусаев.* Процессы переноса в многофазной среде // Теоретические основы химической технологии. 2007 – т. 41 – № 1 – С. 35–43.

Bibliography (transliterated): 1. *Vrale L.G. Jorden R.M.* Rapid mixing in water. Journal american water works associate. 1971. v. 63, № 1, p. 45–53. 2. *Letterman R.D., Vanderbrook S.G.* Effect of solution chemistry on coagulation with hydrolyzed AL(3+) Water research. 1983 v. 17, № 1, p. 195–204. 3. *Solovej V.N.* Razdelenie vodnykh dispersiy koagulyatsiy v staticheskikh apparatakh. Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk. Kharkiv. 1990. 17 p. 4. *Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii* [Tekst] : ucheb. posobie / *L.L. Tovazhnyanskiy* [i dr.] ; Khar'kovskiy politekhnicheskij in-t, nats. tekhn. un-t. Khar'kiv : Pidruchnik NTU «KhPI», 2013. 432 p. 5. *B.G. Pokusaev.* Protsessy perenosy v mnogofaznoy srede // Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii. 2007 – vol. 41 – No. 1 – P. 35–43.

Поступила (received) 01.09.2015

УДК 519.2

В. В. ЄВЛАШ, З. В. ЖЕЛЕЗНЯК, С. М. ГУБСЬКИЙ, О. Ф. АКСЬОНОВА**ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНОСТАТИЧНОЇ КУЛОНОМЕТРИЇ В ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГІДРОКОЛОЇДІВ**

Запропоновано та обґрунтовано використання методу гальваностатичної кулонометрії для оцінки вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів. Описано послідовність операцій в процедурі пробопідготовки зразків для вимірювання АК, яка є підґрунтям кількісного визначення аскорбінової кислоти на фоні решти харчової матриці.

Ключові слова: аскорбінова кислота, желатин, гальваностатична кулонометрія.

Вступ. Особливу цінність в рішенні проблеми повноцінного харчування різних верств населення відіграють якісні, доступні за ціною продукти із цілим рядом корисних властивостей. До таких продуктів можна віднести желеїні вироби на основі натуральних фруктових соків та желатину, фортифіковані вітаміном С.

Вітамін С (Е 300 – аскорбінова кислота) входить до списку харчових добавок, які дозволено використовувати під час виробництва харчових продуктів в якості антиоксиданту. Кількість харчової добавки Е300 регламентується технологічною інструкцією по виготовленню харчової продукції. В той же час аскорбінова кислота входить до складу преміксів на ряду із іншими вітамінами та мінеральними речовинами. І якщо для харчових добавок існує чітко визначена система перевірки якості, то для преміксів такої системи не існує через відсутність у світовій практиці стандартизованих вимог до їх складу та уніфікованих методів їх підтвердження. Треба зазначити, що розробку уніфікованих методів оцінки показників якості великою мірою здійснено, але не існує загального керівництва, щодо проведення комплексних досліджень. Тому розробка вимог до якості преміксів, складовою яких є аскорбінова кислота, являється однією з найбільш актуальних гігієнічних задач. Але складність полягає у тому, що кількісний та якісний склад преміксів великою мірою залежить від виду харчової продукції, яка підлягає фортифікації. Все вищесказане є підґрунтям для проведення досліджень щодо пошуку досконалої методики кількісного визначення аскорбінової кислоти у харчових продуктах після їх фортифікації.

Аналіз останніх досліджень та літератури. Відомо, що вітамін С або Аскорбінова кислотa (АК) (гамма-лактон 2,3-дегідрол-гулонової кислоти) є водорозчинним вітаміном, який не синтезується в організмі людини і надходить лише з продуктами харчування. АК є антиоксидантом с терапевтичними властивостями, які відіграють значну роль в активації імунного захисту, в остеогенезі, в біосинтезі колагену, в запобіганні згортання крові та в інших метаболічних процесах [1–4].

Методи ідентифікації та кількісного визначення вмісту вітаміну С в харчових продуктах та в харчовій сировині є трудомісткою процедурою, пов'язаною із складністю пробопідготовки, через низький вміст АК в досліджуваному об'єкті, її нестійкістю в розчині через окислення. Цим питанням присвячені багаточисленні

публікації, в тому числі монографії [5–7].

Аналіз літературних джерел свідчить, що для визначення вмісту АК в харчових системах використовують різноманітні фізико-хімічні методи [8]. По-перше, титриметричний метод з 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію або йодатом чи броматом калію; по-друге, спектрофотометричні, які базуються на визначенні АК в УФ області під час реакції йоду з АК; також застосовуються хемілюмінесценція або флуориметричне визначення реакції дигідроаскорбінової кислоти з о-фенілдіаміном. Хроматографічні методи забезпечують більш точні та чутливі результати, особливо з використанням високоефективної рідинної хроматографії з електрохімічним детектуванням [9]. В останній час значно зросло використання електрохімічних методів для визначення вмісту АК. А саме, вольтамперометрії, прямої потенціометрії та кулонометрії. Слід відмітити, що більшість публікацій щодо використання розглянутих вище фізико-хімічних методів стосується простих харчових систем, таких як фруктові соки, рослинна сировина та екстракти. На відміну від них, желеїні вироби зазвичай мають в своєму складі досить високі концентрації гідроколоїдів, наприклад желатини, агару або пектину. В роботах [10–11] було показано, що стандартний метод визначення АК титруванням 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію дає занижені результати відносно референтного методу. Це пояснюється неоднозначним механізмом окиснення АК та необхідністю проведення грамотної пробопідготовки. На значно занижені результати вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів, порівняно із внесеними кількостями АК, вказують і дослідження методом хроматографії [12–13]. Автори пов'язують це із сорбційною взаємодією АК з молекулами гідроколоїдів, зокрема желатину та агару. Аналогічні результати відносно невизначеності кінцевого результату було отримані в роботах титриметричним методом [14].

Вказані публікації свідчать про наявність проблеми визначення АК в харчових матрицях, до складу яких входять гідроколоїди та актуальність розробки адекватної та експресної методики в рамках бюджетного фізико-хімічного методу, що дозволила б контролювати вміст АК в зазначених вище харчових системах.

Мета і постановка задачі дослідження. Метою роботи було обґрунтування методики визначення вітаміну С в водних розчинах гідроколоїдів методом гальваностатичної кулонометрії із подальшою оцінкою можливості визначення вмісту АК в желеїних виробах.

Це передбачало вирішення задач, пов'язаних з розробкою методики кількісного визначення аскорбінової кислоти, яка б мала максимально спрощену процедуру пробопідготовки з максимальною можливістю визначення вмісту АК на фоні решти харчової матриці.

Для розв'язання поставлених задач було обрано метод гальваностатичної кулонометрії, який має значні переваги, оскільки є абсолютним методом – не потребує попереднього калібрування та має доступне апаратне оформлення при достатньо високій статистичній визначеності та чутливості кінцевого результату. Його використання для визначення вмісту АК в різноманітних фармацевтичних субстанціях рослинного походження, а також в аналізі таких продуктів харчування як соки, вина та інші, довели свою ефективність [9].

Матеріали та метод дослідження. В експерименті використовували наступні реагенти з відповідною кваліфікацією: аскорбінова кислота фарм. (Китай), желатин харчовий П-11 (ТМ «Мрія», Україна), калій бромід х.ч., калій йодид ч.д.а., сульфатна кислота х.ч., хлоридна кислота х.ч., дистильована вода.

Модельні розчини желатини з масовою часткою в діапазоні 0,1–3,0% готували ваговим методом наступним чином: до наважки желатини додавалася вода, після чого желатина набрякала протягом 30–40 хвилин. Далі на водяній бані із контролем температури проводилося розчинення желатини при температурі 40–50 °С. Після охолодження розчину желатини до температури 30–40 °С до системи вводилася аскорбінова кислота у вигляді водного розчину, який готувався в день приготування модельних систем. Після чого додавалася певна наважка води виходячи з того, розчин з якою масовою часткою готувався. Далі розчин ретельно перемішувався для рівномірного розподілу АК.

Стандартні розчини аскорбінової кислоти готувалися ваговим методом.

Модельні системи АК-желатина у воді готували додаванням відповідних водних розчинів АК до водних розчинів желатини в пропорціях, які відповідають кінцевому значенню концентрації.

Кулонометрична комірка складалася з двох розділених камер – катодної та анодної, ємністю 10 та 40 мл відповідно, з'єднаних за допомогою скляної мембрани. В якості генераторного використовували пластинчатий платиновий електрод з площею приблизно 2 см². Допоміжним електродом виступав графітовий стержневий електрод. Попередню очистку платинових електродів перед вимірами проводили в три етапи шляхом витримання в розчинах при робочому струмі 5 мА: 1) впродовж 5 хвилин в розчині 0,2 М КВr або КІ; 2) в розчині концентрованої азотної кислоти (1:1) впродовж 5 хвилин; 3) впродовж 15 хвилин в розчині 0,2 М сульфатної кислоти. Між вимірюваннями електроди зберігали в розчині калій броміду або калію йодиду в залежності від виду дослідження.

Вимірювання проводили при силі струму 1–10 мА залежно від концентрації досліджуваного розчину таким чином, щоб час титрування доданої маси зразка знаходився в межах від 150 с до 300 с. Це забезпечує з одного боку, експресність методу, а, з іншого боку, певну

точність виміру часу. В якості джерела стабілізованого струму використовували блок-титратори Т-201М1 (Аналітприлад, Грузія). Вимір величини струму проводили за допомогою комбінованого приладу В7-21 з похибкою, що не перевищувала 0,2 %.

Розчин в комірці перемішували за допомогою електромагнітної мішалки.

Контроль точки кінця титрування здійснювали потенціометричним методом за допомогою пари індикаторних електродів: платинового окисно-відновного ЕПВ-1 та хлорсрібного ЕВЛ-1М3.1 електродів (ЗІП, Білорусь). ЕРС електрохімічної системи вимірювали іономіром 692 pH/Ionmeter (Metroohm, Швейцарія) з похибкою 0,1 мВ. Зазначений пристрій використовували для виміру температури з похибкою 0,1 °С та рН з похибкою 0,002 одиниці з використанням комбінованого скляного електроду з температурним датчиком Pt1000 (Combined LL pH glass electrode with Pt 1000 temperature sensor, № 6.0238.000 Metroohm, Швейцарія).

В якості титрантів використовували бром та йод, які були електрогенеровані з 0,2 М розчину калій броміду в 0,1 М розчині сульфатної кислоти та з 0,1 М розчину калій йодиду в хлоридній кислоті із значенням рН=1,2.

Моніторинг та запис даних титрування (потенціал-час) в електронному вигляді проводили за допомогою програми PicoLog Recorder v.5.24 (PicoScope Ltd., UK). Розрахунки часу кінця титрування та статистичну обробку результатів дослідження здійснювали в програмі Excel пакета Microsoft Office 2010 та Sigma Plot v.11.

Результати досліджень. Для вивчення питання про можливість використання кулонометричного титрування для кількісного визначення загального вмісту АК в досліджуваних розчинах було проведено процедуру валідаційної оцінки вимірів за наступними показниками: специфічність, лінійність та аналітична область методики, межа визначення, правильність та відтворюваність. За цією метою було приготовано модельні водні розчини АК в діапазоні 0,5–1800 мкг/г.

Виходячи з експериментальних даних, щодо кулонометричного титрування модельних та досліджуваних розчинів, розрахунок концентрації АК g (мкг/г) з експериментальних даних здійснювали за наступною формулою (1).

$$g = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F \cdot m_p} \quad (1)$$

де I – сила струму, А;
 t – час електролізу, с;
 M – молярна маса досліджуваної речовини, г/моль;
 F – стала Фарадея, Кл/моль;
 n – кількість електронів у напівреакції окислення титранта,
 m_p – маса розчину, г.

Під час визначення часу t враховували час попереднього електролізу генеруючого розчину без проби, що аналізується для того, щоб врахувати вплив домішок в електрогенеруючому розчині. Як було зазначено у роботах [8,10], АК під час взаємодії

із галогенами, що електрогенеруються у комірці, окислюється до дигідроаскорбінової кислоти з переносом двох електронів, що відповідає значенню $n=2$ в формулі (1).

На рис. 1 наведено залежність $Q = f(g)$ для розчинів АК на рівні 9 концентрацій. Як і очікувалося, вказана залежність має лінійний характер з коефіцієнтом кореляції 0,9987, що доводить умову лінійності та можливості кількісного визначення АК в даній аналітичній області у запропонованій методиці.

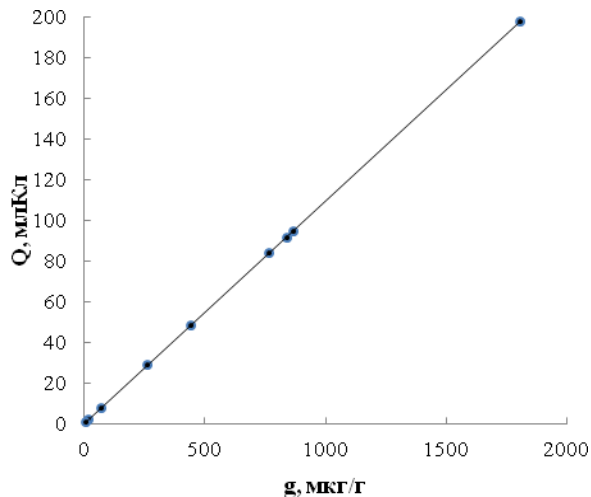


Рис. 1 – Залежність між вмістом АК (g, мкг) та кількістю електрики для електрогенерації титранту бром (Q, мкКл) для модельних водних розчинів АК

Залишкове стандартне відхилення лінійної регресії σ та нахил S кривої $Q-f(g)$ використовували для розрахунку межі виявлення DL та QL межі кількісного визначення за формулою (2).

$$DL = 3\sigma / S, \quad QL = 10\sigma / S \quad (2)$$

В результаті розрахунків за формулою (2) були отримані наступні результати: $DL=2,7$ мкг/г (або $1,5 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³) та $QL=8,1$ мкг/г (або $4,6 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³).

Специфічність оцінювалася способом «введено-знайдено» (табл. 1).

Правильність і відтворюваність оцінювали методом варіювання наважок на трьох рівнях концентрації з використанням трьох наважок на кожному рівні. Було отримано статистично значимі результати з точки зору критерію Фішера.

На рис. 2, а-б, наведено приклади експериментальних кривих титрування АК в водних (а), АК в водно-желатинових розчинах (б) та водного розчину желатини (в). Як видно з рис.2, отримані криві мають класичний вигляд із спадаючою гілкою, що характерна для титрування АК в окисно-відновних реакціях. Титрування водних розчинів АК (графік а) дозволяє отримати чітко детерміновані дані, враховуючи різкий стрибок в точці кінця

титрування, який складає від 1 до 2 секунд із зміною ЕДС (електрорухомої сили) індикаторної системи більш ніж на 250 мВ. Введення желатини робить криву титрування (рис. 2, б) менш чіткою, а хід кривої в районі точки кінця титрування стає менш різким. Крім того вигляд верхньої частини кривої титрування дає можливість зробити висновок про реалізацію процесу окиснення желатини, оскільки вигляд цього фрагменту є ідентичним до вигляду таких саме фрагментів на кривих титрування водних розчинів желатини (рис. 2, в). З урахуванням значної реакційної здатності електрогенерованого бром, було очікуваним окиснення в водних розчинах обох компонентів. Але, як видно з наведеної кривої титрування (рис. 2, в), процес окиснення желатини спостерігається в межах 680-800 мВ, в той час як АК окиснюється при більш низьких потенціалах. Подібний факт дає передумову для реалізації можливості визначення АК в присутності желатини.

Таблиця 1 – Результати кулонометричного визначення вмісту АК в модельних водних розчинах електрогенерованим бромом ($n=5$, $P=0,95$)

Речовина	Введено g_B , мкг/г	Знайдено g_3 , мкг/г	S_r
Аскорбінова кислота	0,47	0,42±0,15	0,256
	4,60	4,45±0,09	0,017
	17,50	17,46±0,04	0,011
	69,48	68,39±0,09	0,016
	260,0	261,2±0,1	0,009
	440,0	442,0±0,6	0,009
	766,3	766,1±0,3	0,002
	864,7	864,0±0,8	0,004
	1806,5	1805,4±1,9	0,007

Слід також відмітити, що визначення вмісту АК в водних розчинах желатини з концентрацією більше ніж 1,5% пов'язано із труднощами, зумовленими утворенням желеподібної структури через 30 хвилин після приготування розчинів, це є відомим фактом [15,16] і пов'язано із утворенням просторової структури за рахунок водневих зв'язків. Спроби помістити до електрохімічної комірки та провести титрування зразку, що вже має просторову структуру з макромолекул желатини не дали відтворюваних та адекватних результатів. Тому рекомендовано при відборі проби від структурованого продукту спочатку нагріти його на водяній бані до температури приблизно 40 °С (розплавити), тим самим зруйнувавши просторову сітку і перевірши його до рідкого стану, а потім використовувати для подальшого визначення АК. Як показали додаткові дослідження, отримані результати щодо вмісту АК, які були визначені до початку процесу желеутворення та після плавлення желе, добре узгоджені, незалежно від кількості переходів з желеподібного стану до рідкого шляхом плавлення досліджуваних систем.

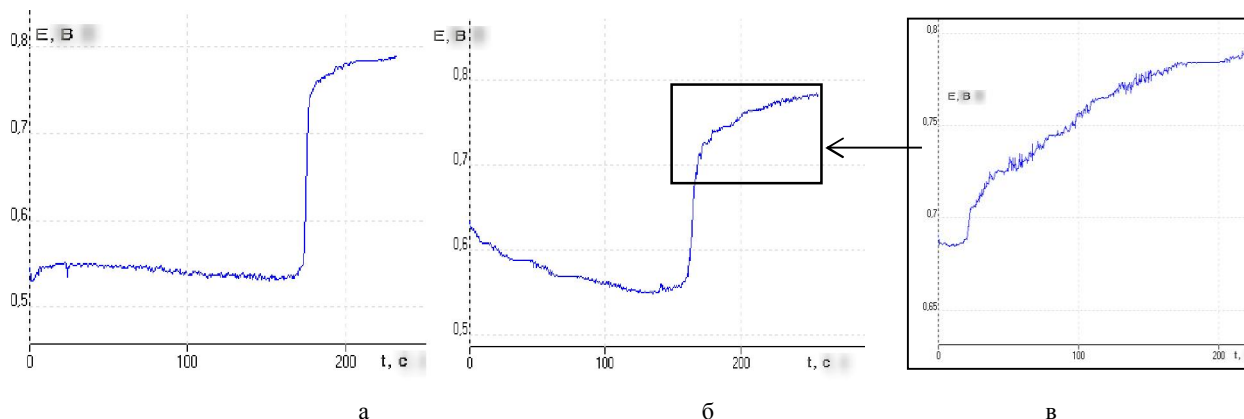


Рис. 2 – Криві кулонометричного титрування (залежність електрорушійної сили (E, В) від часу (t, с), скан з програми PicoLog Recorder): а – розчин АК з концентрацією 76,63 мкг/г (I=9,921 мА, $m_p = 2,030$ г); б – розчин АК з концентрацією 75,01 мкг/г в 3% розчині желатини (I=9,923 мА, $m_p = 2,145$ г); в – розчин 3% желатини (I=9,919, $m_p = 4,140$ г)

Таблиця 2 – Результати кількісного визначення вмісту АК в системах АК-желатина-вода (n=4, P=0,95)

	Введена концентрація АК g_B , мкг/г									
	90,02		250,1		500,0		750,1		1000	
Концентрація желатини	Знайдена концентрація АК g_3 та відносна різниця між величинами δ									
	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$
відсутня	90,2	0,1	249,7	-0,2	499,2	-0,2	750,5	0,1	1001	0,1
0,1%	89,0	-2,1	245,0	-2,0	489,7	-2,1	688,3	-8,2	*	-
1,0%	86,9	-5,1	235,5	-5,8	465,3	-6,9	695,0	-7,3	*	-
3,0%	85,2	-5,3	234,5	-6,2	466,8	-6,2	702,4	-6,4	970,4	-4,3

* - дослідження не проводили

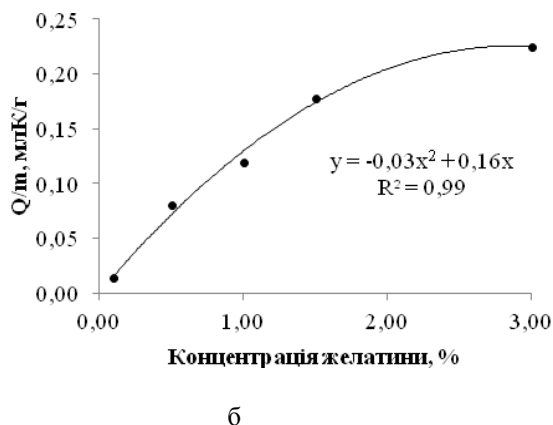
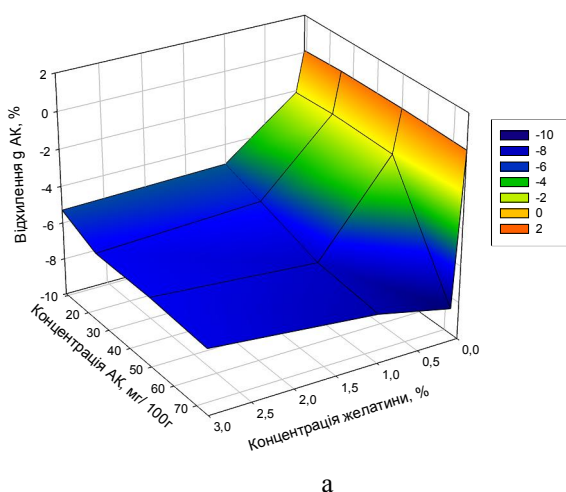


Рис. 3 – Залежність δ_g від концентрацій АК та желатини в водних розчинах (а) та залежність питомої величини електрики, необхідної для титрування одиниці маси від концентрації желатини (б)

Отримані факти дають підґрунтя для розробки методики визначення АК в комерційних продуктах харчування – желейних виробів на основі желатини, якщо враховувати їх агрегатний стан.

В табл. 2 наведено результати визначення вмісту АК в водних розчинах желатини різних концентрацій.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати про систематично занижений результат вмісту АК, отриманого методом кулонометричного титрування, по відношенню до введеного в досліджувану систему. Така тенденція відсутня для водних розчинів АК без желатини.

Як видно з табл. 2, відносна величина похибки

$$\delta_g = (g_3 - g_B) / g_B, \%$$

експериментально визначеної та введеної величин вмісту АК складає від -0,1% до -8,2%.

На рис.3, а приведена залежність відхилення значення вмісту введеної АК від концентрації компонентів системи желатин-вода, включаючи систему без желатини. Для наведеної діаграми характерна нелінійна залежність зростання значення δ_g із збільшенням концентрації желатини та, майже лінійна залежність від концентрації АК. Нелінійний характер залежності величини δ_g від концентрації желатини корелює з величиною кількості електрики, необхідної для титрування одиниці маси желатини. Остання залежність добре апроксимується параболічною залежністю з коефіцієнтом кореляції 0,99. Збільшення похибки визначення вмісту АК в розчинах желатини (рис. 3, а), яка змінюється по тому ж закону що й залежність (рис. 3, б), може свідчити, що незважаючи на факт взаємодії желатини з електрогенерованим бромом при більших потенціалах, ніж ті, що характерні точки кінця титрування АК, окислення желатини впливає на процес кількісного визначення АК.

Подальше вивчення механізму окислення останньої та його математичний опис дасть змогу для удосконалення методики кількісного визначення АК в розчинах желатини, а тим самим і в виробках на її основі. Проте, враховуючи зазначені вище залежності, є можливість розглянути відносну похибку δ_g як систематичну, не вдаючись в хімічний механізм явища, та застосувати апарат нелінійної множинної регресії для її апроксимації в залежності від концентрації компонентів системи на підставі експериментальних даних.

Проведені додаткові розрахунки показали, що найбільш адекватним з точки зору величини стандартного відхилення є наступне рівняння, яке зв'язує δ_g з концентраціями АК g_{AK} та желатини $g_{Ж}$ наступним рівнянням з відповідними коефіцієнти регресії:

$$\Delta g = a_0 + a_1 g_{AK} + a_2 g_{Ж} + a_3 g_{Ж}^2, \quad (3)$$

де коефіцієнти регресії дорівнюють наступним величинам $a_0 = 0,061$; $a_1 = -0,034$; $a_2 = -7,07$;

$a_3 = 1,83$ при величині стандартного відхилення апроксимації 1,71. В рівнянні (3) концентрація АК виражена в мг/100 г розчину.

Для перевірки запропонованого підходу був визначений вміст АК в 0,5% водному розчині желатини з введеною концентрацією 9 мг/100 г розчину. Експериментально була знайдена величина 8,71 мг/100 г, а з урахуванням рівняння (3) розраховуємо величину 9,01 мг/100 г розчину.

Висновки та перспективи досліджень. Отримані данні є суто емпіричним математичним підходом, який не розкриває хімічний механізм явища, але є перспективним підґрунтям для проведення подальших досліджень щодо можливостей використання методу кулонометрії з адаптованою пробопідготовкою для визначення кількості аскорбінової кислоти в желейних виробках.

Список літератури: 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 С. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 P. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 P. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L., Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 P. 5. Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. - Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. 6. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. 7. Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. 8. *Pisoschi A.M.* Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. 9. *Russel L.F.* Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – pp. 32–442. 10. *Letters R.B.* Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – № 1. – P. 1497–1504. 11. *Hernandez Y.* Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. 12. *Journal I., Electrochemical O.F.* Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, № October 2015. P. 105–115. 13. *Fadhel D.* Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahuai Un. 2012. – Vol. 15. – № 3. – P. 88–94. 14. *Nováková L.* HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – № 10. – P. 942–958. 15. *Добровольская Е.В.* Определение аскорбиновой кислоты в модельных системах содержащих структурообразователи полисахаридной природы / *Добровольская Е.В., Вакигуль З.В., Мурликина Н.В., Евлаш В.В.* // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Вип. 2 (5). С. 11–13.

16. *Евлаш В.В.* Апробация методики хроматографического определения аскорбиновой кислоты в пищевых системах с гидроколлоидами / *В.В. Евлаш, Т.О. Кузнецова, Е.В. Добровольская, З.В. Железняк, В.Г. Панченко* // Успехи в химии и химической технологии. 2015. – Т. XXIX, №1. – С.58-60.

Bibliography (transliterated): 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 p. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 p. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 p. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L.,

- Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 p. **5.** Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. **6.** Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. **7.** Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. **8.** Pisoschi A.M. Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. **9.** Russel L.F. Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – p. 32–442. **10.** Letters R.B. Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – No. 1. – P. 1497–1504. **11.** Hernandez Y. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. **12.** Journal I., Electrochemical O.F. Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, No. October 2015. P. 105–115. **13.** Fadhel D. Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahai Un. 2012. – Vol. 15. No. 3. – P. 88–94. **14.** Nováková L. HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – No. 10. – P. 942–958. **15.** Dobrovolska E. Determination of ascorbic acid in the model systems containing structurants polysaccharide / E. Dobrovolska, Z. Vakshul, N. Murlykina, V. Evlash // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Vol. 2 (5). p. 11–13. **16.** V. Evlash. Testing techniques of chromatographic determination of ascorbic acid in food systems with hydrocolloids / V. Evlash, T.Kuznetsova, E.Dobrovolska, Z. Zheleznayk, V. panchenko // Journal Advances in chemistry and chemical technology. 2015. – Vol. XXIX, No. 1. – p. 58–60.

Надійшла (received) 05.02.2015

Відомості про авторів / About the Authors

Євлаш Вікторія Владленівна – доктор технічних наук, професор, Харківської державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (011) 847-83-70; e-mail: v.evlash@hduht.edu.ua.

Evlash Viktoriya Vladlenivna – Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: v.evlash@hduht.edu.ua

Железняк Зінаїда Валерівна – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; e-mail:

Zheleznayk Zinaida Valerivna – Grade student; Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (057) 349-45-61; e-mail: chem_hdyht@gmail.com

Губський Сергій Михайлович – кандидат хімічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 364-03-34; e-mail: s.gubsky@hduht.edu.ua

Gubsky Sergey Mihaylovych – Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry Microbiology and Higyene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: gubsky.kharkov.ua@gmail.com

Аксенова Олена Федорівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.

Aksenova Olena Fedorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.

УДК 666.9-16

О. В. САВВОВА, Г. К. ВОРОНОВ, О. В. БАБІЧ, А. О. ГРИВЦОВА**РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛІТІЙАЛЮМОСИЛІКАТНИХ СТЕКОЛ**

Проаналізовано основні напрямки розробок захисних склокристалічних матеріалів та встановлено перспективність їх застосування як елементів індивідуального бронезахисту. Розроблено модельні літійалюмосилікатні стекла та синтезовано склокристалічні матеріали на їх основі. Встановлено, що визначальним фактором при визначенні впливу фазового складу на температурний коефіцієнт лінійного розширення дослідних матеріалів є наявність та вміст β -сподумену у їх складі. Застосування як елементів індивідуального бронезахисту розроблених склокристалічних матеріалів дозволить знизити термоудар, який виникає при зіткненні снаряду з бронематеріалом.

Ключові слова: захисні склокристалічні матеріали, β -сподумен, температурний коефіцієнт лінійного розширення, елементи індивідуального бронезахисту.

Вступ. На сьогоднішній день широкого використання набувають захисні склокристалічні матеріали, які використовуються у авіа- та ракетобудуванні (обтікачі антенних апаратів, кожухи антен), в машинобудівництві (термостійкі деталі, вузли), теплообмінники, обігрівачі, панелі нагрівальних пристроїв, конструкційні елементи високотемпературних агрегатів, лабораторний і кухонний посуд. Високі термічні, механічні властивості та низька щільність таких матеріалів дозволяють використовувати їх як елементи індивідуального бронезахисту [1]. Саме одержання високоміцних склокристалічних матеріалів з підвищеним рівнем термічних, механічних властивостей та бронестійкості є пріоритетним напрямком для оборонного комплексу України.

Аналіз основних досягнень і літератури. Відомо, що ситали з низьким температурним коефіцієнтом лінійного розширення (ТКЛР) отримують на основі стекел в яких при кристалізації виділяються сполуки з нульовим та негативним ТКЛР (табл. 1) [2].

Кристалічна фаза β -евкриптиту відзначається значною анізотропією теплового розширення, внаслідок якої при нагріванні відбувається безперервна зміна кутів між хімічними зв'язками, а також зміна міжатомних відстаней у ґратці, яке не супроводжується утворенням нових елементів симетрії у структурі матеріалу. При 800 °С його

ТКЛР по вісі c рівний $\alpha = -176 \cdot 10^7$ град⁻¹, по осях a і b $\alpha = +182,1 \cdot 10^7$ град⁻¹. Для сподумену в процесі нагрівання змінюються кути між хімічними зв'язками сусідніх тетраедрів $[AlO_4]$ та $[SiO_4]$ у результаті чого розміщення тетраедрів в межах однієї елементарної комірки змінюється таким чином, що параметр « a » зменшується, а параметр « c » збільшується.

Широко відомі склади на основі боросилікатних стекел TEMPAX, BOROFLOAT, PYREX (фірма Schott, Німеччина), які використовуються як оглядові вікна технічних та побутових приладів, що працюють при високих температурах [3]. Однак, показники механічних властивостей є недостатніми для їх використання в умовах дії значних термічних та механічних навантажень.

Захисні термостійкі ізоляційні вироби одержують на основі радіопоглинаючої цельзіанової склокераміки ВКП-3Л, ВКП-4Л та ПК-1 (ООО «Керапен», Росія) з $\alpha = (29 \div 47) \cdot 10^{-7}$ °С⁻¹ [4]. Для виготовлення циліндричних склокерамічних волноводів широкого використання набула склокераміка (ДВНЗ УДХТУ, Україна) з $\alpha = (29 \div 47) \cdot 10^{-7}$ °С⁻¹, яка містить як основну кристалічну фазу β -цельзіан [5].

Стекла, які вміщують BeO у кількості 9,3 мас. % при термообробці при температурі 1250 °С впродовж 1,5 годин кристалізуються з вмістом берилу, який характеризується низьким ТКЛР [6].

Таблиця 1 – ТКЛР кристалічних фаз, які входять до складу ситалів

Кристалічні фази	Температурний інтервал, °С	ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, град ⁻¹
β -евкриптит $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	20–700	-90
титанат алюмінію $Al_2O_3 \cdot TiO_2$	20–1000 25–1000	-64 -19
α -кордієрит $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$	100–200 25–700	6 26
β -сподумен $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$	20–1000	9
берил $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	25–800	26 (вісь a) 29 (вісь c)
β -цельзіан $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	20–100	27

© О. В.Саввова, Г. К. Воронів, О. В. Бабіч, А. О.Гривцова, 2015

Ситали такого типу мають високу температуру деформації, значну механічну міцність та твердість. Оксид берилію має здатність розсіювати іонізуюче випромінювання високих енергій, має високий коефіцієнт уповільнення теплових нейтронів, і тому склокераміка на його основі застосовується як вакуумний матеріал в ядерних реакторах. Однак сировина та шихта для варки таких стекол є токсичною. Тому при виробництві захисних бронеситалів найбільш доцільною є розробка склокристалічних матеріалів, які вміщують як основну кристалічну фазу β -сподумен.

Фірмами Corning Glass Works (США) [7] та Schott (Німеччина) [3] в літійоалюмосилікатних системах розроблені термостійкі ситали (ZERODUR K20, ROBAX) з ТКЛР від негативного до $\alpha = 20 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, які використовуються в побутових виробках та термостійкому обладнанні (табл. 2).

Тривалий час на ФДУП «ОНВП «Технологія»» (Росія) успішно проводяться розробки та впроваджуються у виробництво матеріали для антенних обтічників. Під керівництвом Суздальцева Є.І. розроблена зміцнена склокераміка ОТМ-357-У, яка характеризується високими експлуатаційними властивостями [8]. Фірмою ООО «Керапен» (Росія) розроблені термостійкі радіопоглинаючі матеріали та радіопрозорий склокристалічний матеріал СО115 М для елементів оптичних систем [4] (табл. 2). Серед вітчизняних розробок склокристалічних матеріалів на основі алюмосилікатних стекол відомі роботи НВП "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ", які спрямовані на розробку сподуменових ситалів на основі скла 8к з $\alpha = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, але вони спрямовані на виготовлення каталізаторів для окислення аміаку [9].

На сьогодні технологічні розробки щодо елементів бронезахисту на основі високоміцних склокристалічних матеріалів відсутні. Тому актуальним є розвиток даного напрямку для України, який буде полягати у розробці захисних склокристалічних матеріалів.

Постановка мети та методика дослідження. Метою даної роботи є розробка модельних стекол та склокристалічних матеріалів на їх основі, а також дослідження впливу їх кристалізаційної здатності на ТКЛР.

Наявність кристалічної фази в дослідних стеклах після випалу було встановлено за допомогою рентгенофазового аналізу на установці «ДРОН-3М». Характер та кількість кристалічної фази в стеклах та матеріалах встановлювали петрографічним методом на оптичному мікроскопі МІ-2е зі збільшенням $25 \div 1200$ раз. Відносне подовження матеріалу при нагріванні ($\Delta t_{\text{н}} - t_{\text{к}}$) визначали на вертикальному кварцовому дилатометрі.

Експериментальна частина. Колективом співробітників кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» для досягнення поставленої мети були проведені дослідження і одержані наступні експериментальні дані.

Для встановлення області існування стекол як основи для синтезу літійоалюмосилікатних матеріалів як елементів індивідуального бронезахисту було обрано систему $\text{R}_2\text{O} - \text{LiF} - \text{CaF}_2 - \text{RO} - \text{RO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$, де $\text{R}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}, \text{Li}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}$; $\text{RO} - \text{CaO}, \text{MgO}, \text{ZnO}, \text{MnO}$; $\text{RO}_2 - \text{ZrO}_2, \text{TiO}_2, \text{SnO}_2, \text{CeO}_2$; $\text{R}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3, \text{B}_2\text{O}_3$. В дослідній системі було обмежено область та синтезовано склади модельних склокристалічних матеріалів серії СП як основи для одержання захисних сподуменових склокристалічних матеріалів. Слід зазначити, що кристалізація β -евкрипиту у складах літійоалюмосилікатних стекол при термообробці буде негативно позначатися на їх механічних властивостях.

Тому основною кристалічною фазою при одержанні високоміцних склокристалічних матеріалів повинен бути саме β -сподумен.

Для одержання об'ємно закристалізованої структури було обрано традиційні каталізатори кристалізації $\text{TiO}_2, \text{ZrO}_2, \text{SnO}_2$ та фториди з різним механізмом дії. Особливістю складів модельних стекол є наявність P_2O_5 та ZnO , що пояснюється їх здатністю до формування тонкокристалічної взаємозв'язаної структури. Разом з цим наявність P_2O_5 у структурі модельних стекол дозволяє зменшити деформацію зразка та напруг, які виникають при поглинанні енергії удару.

Введення до складу дослідних стекол визначеного вмісту оксидів натрію та калію дозволить суттєво знизити їх температуру варки та термічної

Таблиця 2 – Характеристики закордонних термостійких склокристалічних матеріалів

Експлуатаційні властивості	Термостійкі склокристалічні матеріали			
	ZERODUR K20	ROBAX	CO 115 M	ОТМ-357-У
Щільність ρ , кг/м ³	2,53	2,5	2,46	2,4–2,55
ТКЛР $\alpha \cdot 10^7$, $^\circ\text{C}^{-1}$	$20 - 700$ 20,0	3,0	$0 - 280$ 2,8	$20 - 900$ 17,0
Міцність на згин $\sigma_{\text{згин}}$, МПа	–	–	166,0	137,0
Модуль Юнга E , ГПа	83,0	92,0	90,0	69,0
Коефіцієнт Пуассона μ	0,25	0,2	0,28	0,28
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	1,6	–	1,71	1,6

обробки, а також, поряд з введенням V_2O_5 , дозволить зменшити їх щільність, що є важливою умовою одержання технологічних полегшених склокристалічних матеріалів.

Вибір режимів термічної обробки для даних скломатеріалів базувався на основних принципах проектування ситалів. Одержані склокристалічні матеріали серії СП за скляною технологією в умовах низькотемпературної термічної обробки (I стадія $620\text{ }^\circ\text{C}$ з тривалістю 5 год., II стадія $800\text{--}1150\text{ }^\circ\text{C}$ з тривалістю 5 год.) характеризуються протіканням об'ємної тонкодисперсної кристалізації з вмістом високоміцних кристалічних фаз β -сподумену та його твердих розчинів (табл. 2). Винятком є лише стекла СП-3 та СП-4, які вміщують флюорит та нефелін.

Синтезовані скломатеріали характеризуються значеннями ТКЛР в температурному інтервалі $20\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha = (22,4\text{--}74,5) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$ (табл. 3).

Визначальним фактором забезпечення низьких значень ТКЛР модельних стекел поряд з вмістом у їх структурі оксидів цинку, цирконію та бору є

кристалізація алюмосилікатів літію в процесі термічної обробки у кількості $50\text{--}80$ об. % (рис.1).

Для стекел СП-3 та СП-4 зниження вмісту SiO_2 до $37\text{--}40$ мас. % та наявність Na_2O до $9,8\text{--}10,6$ мас. %

позначається на підвищенні значень показнику ТКЛР. Завдяки наявності β -сподумену у структурі стекел СП-1, СП-2 та СП-5, СП-6, СП-7, СП-8 та СП-9 характеризуються $\alpha = (20,78\text{--}27,6) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$.

Враховуючи необхідність одержання захисних невартисних склокристалічних матеріалів як елементів індивідуального бронезахисту вміст оксиду літію повинен бути в межах $6,0\text{--}8,0$ мас. %. Для одержання бездефектного склокристалічного матеріалу з підвищеною стійкістю до термоудару можуть бути обрані як основа скломатеріали з вмістом β -сподумену у кількості $60\text{--}80$ об. % з показниками

$\alpha = (20,78\text{--}25,2) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$.

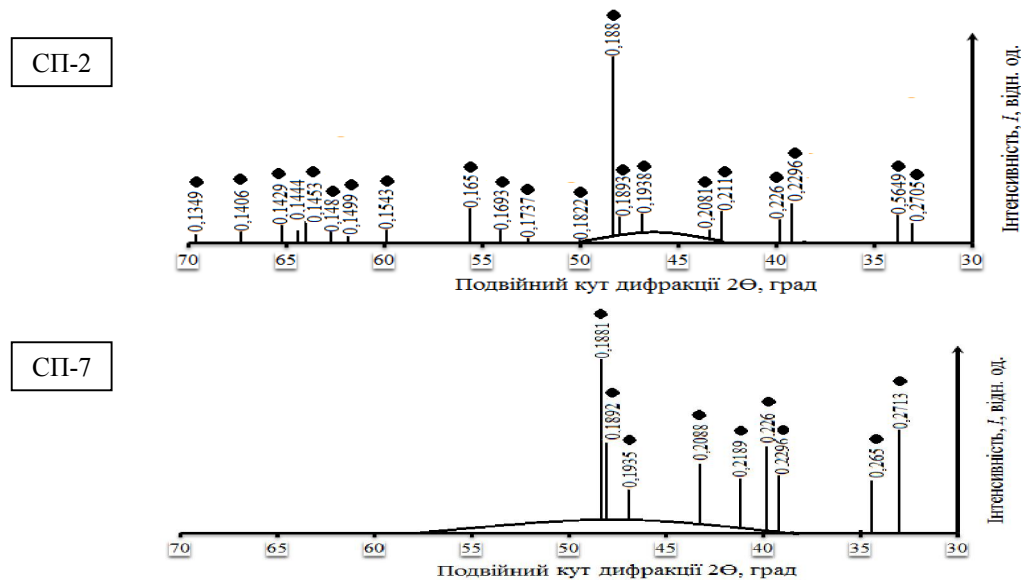


Рисунок 1 – Дифрактограми дослідних скло матеріалі ● $\beta\text{-LiAlSi}_2\text{O}_6$ ● $\text{Li}_{0,6}\text{Al}_{0,6}\text{Si}_{2,4}\text{O}_6$

Таблиця 3 – Значення ТКЛР для дослідних скломатеріалів серії СП

$t_n - t_k$, $T_g, T_{дил.}, ^\circ\text{C}$	Дослідні скломатеріали								
	СП-1	СП-2	СП-3	СП-4	СП-5	СП-6	СП-7	СП-8	СП-9
	Значення коефіцієнта ТКЛР ($\alpha \cdot 10^{-7}$), град $^{-1}$								
20–100	6,59	-13,70	42,69	47,71	11,25	15,6	14,4	9,73	9,73
20–200	24,23	4,35	64,83	62,42	39,2	28,87	23,3	33,5	6,13
20–300	26,5	9,15	71,75	75,94	36,43	32,3	35,02	33,8	40,9
20–400	29,08	17,28	73,13	83,91	31,71	39,06	33,8	29,22	31,86
20–500	22,9	20,6	56,88	74,47	24,2	39,88	35,63	26,23	30,39
20–600	-	22,4	-	-	20,1	27,6	30,7	24,5	20,78

Висновки досліджень і перспективність подальшого розвитку у даному напрямку: 1. Розроблено склокристалічні матеріали, які можуть бути використані як основа при одержанні бронееlementів та досліджено вплив їх кристалізаційної здатності на ТКЛР.

2. Встановлено, що визначальним фактором при визначенні впливу фазового складу на ТКЛР дослідних матеріалів є наявність та вміст β -сподумену.

3. Одержані склокристалічні матеріали в умовах низькотемпературної термічної обробки характеризуються об'ємною тонкодисперсною закристалізованою структурою з вмістом високоміцних кристалічних фаз β -сподумену та його твердих розчинів.

4. Застосування як елементів індивідуального бронезахисту розроблених склокристалічних матеріалів дозволить знизити термоудар, який виникає при зіткненні снаряду з бронематеріалом. Одержані експериментальні дані вказують на перспективність подальших досліджень у напрямку створення захисних склокристалічних матеріалів для індивідуального бронезахисту.

Список літератури: 1. Саркісов, П. Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов [Текст] / П.Д. Саркісов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 1997. – 218 с. 2. Яцишин, Й. М. Технологія скла: підручник для вищих навчальних закладів [Текст]. В 3 ч. Ч.1. Фізика і хімія скла. / Й. М. Яцишин. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2001. – 188 с. 3. Krause, D. Lov thermal expansion glass ceramic [Text] / Dieter Krause, Hans Bach. – Springer-Verlag Berlin Herdelberg, – 2005. – 248 p. 4. Шелков, Е. М. Многофункциональный керамический строительный материал – керпен [Текст] / Е. М. Шелков, В. С. Бакунов, В. А. Кочетков, А. В. Наденный, Б. С. Черепанов, // Строительные материалы. – 2004. – № 11. – С.10 – 11. 5. Голєус, В. И. Стеклокерамика цельзаноного состава с реакционно формируемой структурой [Текст] / В. И. Голєус, А. В. Носенко, Н. Ю. Ильченко, Е. В. Пономарчук, А. О. Карасик // Вестник НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. №18. – С. 71 – 75. 6. Бережной, А. И. Ситаллы и фотоситаллы [Текст] / А. И. Бережной. – М.: Машиностроение, 1966. – 348 с. 7. Pat. 201 5274581, USA, IPC C03 C10/00. High strength glass-ceramics having lithium disilicate and beta-spodumene structures [Text] /

George Halsey Beall, Qiang Fu, Lisa Anne Moore, Linda Ruth Pinckney, Charlene Marie Smith; Corning Inc. – № 14/474708; appl. 02.09.2014; publ. 01.10.2015. 8. Пат. 33014 А, Україна, МПК В01J 23/76. Катализатор для окислення аміаку [Текст] / Трет'яков О. С.; Челпанов І. П.; Жигайло Б. Д.; Сердюк А. І.; Голєус В. І.; Носенко О. В.; Ильченко Н. Ю.; Науково-виробниче підприємство "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ". – № 98105298; заявл. 07.10.1998; опубл. 15.02.2001. 9. Пат. 2222504 Россия, МПК⁷ С 03 С 10/12, С 04 В 35/19. Способ получения изделий из спеченного стеклокристаллического материала литийалюмосиликатного состава [Текст] / Суздальцев Е. И., Видулин В. В., Русин М. Ю., Харитонов Д. В., Рожкова Т. И., Сулова М. А.; заявитель и патентообладатель Федер. гос. унитар. предприятие «Обнинск. науч.-произв. предприятие «Технология». – № 2002116905/03; заявл. 24.06.2002; опубл. 27.01.2004. – 12 с.

Bibliography (transliterated): 1. Sarkisov, P.D. Napravlenaja kristallizacija stekla – osnova poluchenija mnogofunkcional'nyh steklokristallicheskih materialov [Текст] / P.D. Sarkisov. – М.: RHTU im. D.I.Mendeleeva, 1997. – 218 s. 2. Jashhishyn, J.M. Tehnologija skla: pidruchnyk dlja vyshhyh navchal'nyh zakladiv [Текст]. V 3 ch. Ch.1. Fyzyka i himija skla. / J.M. Jashhishyn. – L'viv: Vydavnyctvo NU «L'viv'ska politehnika», 2001. – 188 s. 3. Krause, D. Lov thermal expansion glass ceramic [Text] / Dieter Krause, Hans Bach. – Springer-Verlag Berlin Herdelberg, – 2005. – 248 p. 4. Shelkov, E. M. Mnogofunkcional'nyj keramicheskij stroitel'nyj material – kerpen [Текст] // E. M. Shelkov, V. S. Bakunov, V. A. Kochetkov, A.V. Naddennyj, B. S. Cherepanov, // Stroitel'nye materialy. – 2004. – № 11. – S.10 – 11. 5. Goleus, V.I. Steklokeramika cel'zianovogo sostava s reakcionno formiruemoj strukturoj [Текст] / V.I. Goleus, A.V. Nosenko, N.Ju. Il'chenko, E.V. Ponomarchuk, A.O. Karasik // Vestnik NTU «HPI». – 2001. – Вып. №18. – С. 71 – 75. 6. Berezhnoj, A.I. Sitally i fotositally [Текст] / A.I. Berezhnoj. – М.: Mashinostroenie, 1966. – 348 s. 7. Pat. 201 5274581, USA, IPC C03 C10/00. High strength glass-ceramics having lithium disilicate and beta-spodumene structures [Text] / George Halsey Beall, Qiang Fu, Lisa Anne Moore, Linda Ruth Pinckney, Charlene Marie Smith; Corning Inc. – № 14/474708; appl. 02.09.2014; publ. 01.10.2015. 8. Пат. 33014 А, Україна, МПК В01J 23/76. Катализатор для окислення аміаку / Трет'яков О. С.; Челпанов І. П.; Жигайло Б. Д.; Сердюк А. І.; Голєус В. І.; Носенко О. В.; Ильченко Н. Ю.; Науково-виробниче підприємство "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ". – № 98105298; заявл. 07.10.1998; опубл. 15.02.2001. 9. Пат. 2222504 Россия, МПК⁷ С 03 С 10/12, С 04 В 35/19. Способ получения изделий из спеченного стеклокристаллического материала литийалюмосиликатного состава [Текст] / Суздальцев Е. И., Видулин В. В., Русин М. Ю., Харитонов Д. В., Рожкова Т. И., Сулова М. А.; заявитель и патентообладатель Федер. гос. унитар. предприятие «Обнинск. науч.-произв. предприятие «Технология». – № 2002116905/03; заявл. 24.06.2002; опубл. 27.01.2004. – 12 с.

Надійшла (received) 25.11.2015

Відомості про авторів

Савцова Оксана Вікторівна – д-р техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доц. каф. технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Savvova Oksana – Doctor of engineering science, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Воронов Геннадій Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Voronov Gennadij – Candidate of engineering science, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Бабіч Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», асистент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

Babich Olena – Candidate of engineering science, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

Гривцова Анастасія Олександрівна – студент; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-68-78; e-mail: anastasiya_grivcova@mail.ru

Gryvtsova Anastasiya – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: anastasiya_grivcova@mail.ru

УДК 666.293

О. В. САВВОВА, О. І. ФЕСЕНКО, Є. В. БАБІЧ**АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ БІОАКТИВНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПО ТИТАНУ ДЛЯ ДЕНТАЛЬНОЇ ІМПЛАНТОЛОГІЇ**

Розглянуто основні види існуючих матеріалів для дентальних імплантатів та визначено актуальні напрямки розробок інноваційних матеріалів для зубопротезування. Встановлено перспективність використання композиційних матеріалів для заміни втрачених зубів з експлуатаційними властивостями наближеними до природної кістки. На основі діючих стандартів сформульовані вимоги до склокристалічних покриттів по титану для дентальної імплантології, обрано систему і склади модельних стекел та розраховано основні їх структурні показники. Визначено, що використання склокристалічних покриттів по титану як біоактивної складової при одержанні дентальних імплантатів дозволить скоротити термін зрощування та підвищити механічні властивості системи «імплантат-кістка».

Ключові слова: дентальна імплантологія, імплантат, композиційні матеріали, склокристалічні покриття по титану, гідроксиапатит.

Вступ

Одним із інноваційних напрямків розробки матеріалів і технологій у сучасному суспільстві є забезпечення комфортних умов життєдіяльності людини. Невід'ємним аспектом реалізації цього напрямку є збереження та відновлення цілісності здорового організму людини. Відновлення втрачених функцій організму, зокрема, опорно-рухового апарату може бути реалізовано шляхом ендопротезування неорганічними матеріалами зі структурою та складом наближеними до кісткової тканини.

На сьогодні основна увага приділяється створенню імплантатів для кісткового ендопротезування та дентальної імплантології. Однак необхідність заміни кісткової тканини кінцівок та суглобів є характерною лише для людей похилого віку, дітей з вродженими вадами та постраждалих [1]. При цьому, проблема заміни втрачених зубів є характерною для більшості людей, незважаючи на їх вік, матеріальне становище та місце у суспільстві [2].

Найбільш розповсюдженими методами відновлення втрачених зубів є використання мостових коронок [3]. Однак даний метод потребує знищення цілісності як мінімум двох сусідніх здорових зубів. На противагу цьому методу у останні десятиліття все більшого використання набуває дентальна імплантологія [4], що не потребує для відновлення втрачених зубів пошкодження сусідніх. Дана технологія полягає у введенні у кісткову тканину щелепи людини металевого імплантату, фіксації імплантату та прикріплення до нього за допомогою абатменту металокерамічної коронки.

На сьогоднішній день використовуються різні види матеріалів для створення дентальних імплантатів (табл.1). Так широкого застосування набули металеві імплантати, які забезпечують високий рівень механічних властивостей, однак, мають низький рівень біоактивності. Найчастіше як металеві імплантати використовуються титан та кобальт-хром-молібденові сплави. Останні дослідження свідчать про токсичність кобальт-хром-молібденових сплавів, що є неприпустимим при використанні матеріалу як імплантату [5]. Це вказує на доцільність використання біоінертного та нетоксичного титану [6].

Відомі біоактивні керамічні матеріали на основі фосфатів кальцію характеризуються високою біосумісністю та максимально наближаються за своїм складом до натуральних зубів людини. Головний недолік таких матеріалів полягає у незначній механічній міцності, що не дозволяє їх використання під дією значних навантажень.

Використання як дентальних імплантатів міцної алюмооксидної кераміки і розчинних біостекел обмежується їх незначною схильністю до пружної деформації та крихкістю у порівнянні з металами. Тому керамічні дентальні імплантати в даний час використовуються рідко, а імплантати з біологічно активних стекел застосовуються в основному для встановлення в лунки видалених зубів для профілактики прогресуючої атрофії і деформації альвеолярних відростків [5].

Серед матеріалів для дентальної імплантології особливе місце посідають композиційні матеріали, які поєднують у собі біоактивні властивості покриттів та механічні властивості системи «метал-покриття».

Відомі плівкові покриття (ZrO_2, SiO_2) [7], є біоінертними та характеризуються незначною товщиною, що не дозволяє досягти необхідного рівня біохімічного зчеплення в системі «імплантат-кістка». Використання біоактивного матеріалу на основі фосфатів кальцію є обмеженим з огляду на різницю значень температурного коефіцієнту лінійного розширення титану та нанесеного покриття.

На противагу цьому склокристалічні покриття (СКП) по металам забезпечують високу адгезійну здатність поряд з визначеними механічними та медико-біологічними властивостями. Більшість розроблених СКП використовуються у відновлювальній ортопедії та характеризуються строками зрощування від 3-х до 6-ти місяців [8].

Тому необхідним є створення склокристалічного матеріалу, який забезпечить необхідні міцностні властивості та рівень біоактивності для формування міцного апатитоподібного шару впродовж 1-го місяця.

Особливістю експлуатації дентальних імплантатів є те, що вони працюють в умовах значних циклічних статичних та динамічних навантажень. Під час жувального циклічного

навантаження можна очікувати збільшення напруги в матеріалі імплантату до $200 \div 500$ МПа при впливі сили в $400 \div 1000$ Н [5]. Вплив багаторазово повторюваного змінного навантаження різко знижує міцність матеріалів. При циклічних навантаженнях руйнування матеріалу відбувається в результаті поступового розвитку тріщин, що обумовлено особливостями молекулярного і кристалічного будови речовини.

Одержання біоактивних склокристалічних покриттів по сплавах титану для дентальної імплантології може здійснюватися шляхом керування процесами структуро- та фазоутворення при низькотемпературному короткотривалому, одно стадійному режимі термічної обробки за рахунок протікання процесу тонкодисперсної об'ємної кристалізації покриттів з наявністю біоактивних фаз фосфатів кальцію та кристалічних фаз з підвищеними механічними властивостями (воластоніту, лейцити), досягнення рівня розчинності покриттів, необхідного для формування апатитоподібного шару на їх поверхні у фізіологічному середовищі в умовах *in vitro* для забезпечення міцного зв'язку в системі «імплантат-кістка».

Наявність гідроксиапатиту (ГАП) та фторапатиту (ФАП) у визначеному співвідношенні

дозволить сформувати структуру матеріалу близьку до структури зубів. Наявність Кристалів ФАП буде значно зміцнювати структуру матеріалу. Однак, кількість кристалічної фази ФАП не повинна перевищувати 10 % від загальної кількості кристалічної фази. Для забезпечення визначеного рівня резорбції кількість кристалічної фази повинна знаходитися в діапазоні 30-40 мас. %.

Поряд з цим для зменшення терміну зрощування дентального імплантату з щелепою важливим є забезпечення визначеного рівня біоактивності, що є запорукою створення міцного біохімічного зв'язку імплантат-кістка у скорочений термін (один місяць).

Використання біоактивного склокристалічного покриття по титану дозволить вирішити вказані задачі, а саме, підвищити механічні властивості композиту за рахунок поєднання жорсткості металевої основи і біоактивні характеристики покриття для забезпечення скорочення терміну резорбції матеріалу. Тому дентальна імплантологія потребує розробки нових вітчизняних більш ефективних та технологічних матеріалів, що характеризуються екологічністю, високими експлуатаційними властивостями та низькою собівартістю, що і склало актуальність даної роботи.

Таблиця 1 – Характеристики властивостей матеріалів для дентальної імплантології та природних зубів людини

Властивості	Метали		Композити		Керамічні та скломатеріали			Природні зуби людини
	Титан	Co-Cr-Mo	СКМ*	СКМ*	Спечений ГАП	Алюмо-оксидна кераміка	Біоскло	
Представник	BT1-00	BUGODENTCCS vac	Біоситалл «КФ»	АП-10	Остеограф/LD	Bioloх	Biogran	Дентин
Країна розробки та виробництва	Україна	Росія	Росія	Україна	Росія	Німеччина	Росія	–
Механічні властивості								
Щільність $\rho \times 10^{-3}$, кг/м ³	4,5	8,35	2,2÷2,7	–	3,156	3,85÷3,99	1,8÷2,9	2,9÷3
ТКЛР $\alpha \cdot 10^{-7}$, град ⁻¹	89	139÷145	75÷80	130	110÷140	60÷90	140÷150	
Модуль Юнга E, ГПа	110,25	235	100	100	35÷120	380÷410	40÷140	40÷84
Твердість за Бріннелем, ГПа	0,103	0,36	–	–	–	–	–	–
Твердість за Віккерсом, ГПа	–	–	5÷6,8	5,44	3÷7	12÷18	4÷4,5	3,4÷3,7
Мікротвердість за Віккерсом, ГПа	–	–	–	–	–	–	3,4	5,7
Міцність на стиск, МПа	–	–	100÷2600	130	270÷900	3000÷5000	800÷1200	250÷400
Міцність на вигин, МПа	–	–	130	–	80÷250	–	42	120÷180
Експлуатаційні властивості								
Вид біосумісності	біоінертні	біотолерантні	біоактивні					
Токсична дія	не виявляє	можлива	не виявляє					
Тип зв'язку з кістковою тканиною	контактний остеогенез	дискантний остеогенез	зв'язний остеогенез					

* склокристалічні матеріали, основа для отримання склокристалічних покриттів.

Постановка мети та методика дослідження.

Метою роботи є обґрунтування вибору складів склокристалічних матеріалів та покриттів по титану для дентальної імплантології.

За даними авторів [9], для оцінки здатності стекло до кристалізації необхідно встановити значення наступних розрахункових показників: коефіцієнта прозорості (K_{np}), коефіцієнта

кристалічності ($K_{кр}$) [10]. Для оцінки структурної міцності наступні показники f_{Si} [11], та Ψ_B і Ψ_{Al} .

За дослідженням авторів Лісачука Г.В. та ін. [12] встановлено, що для отримання склокристалічних матеріалів необхідно, щоб структурні коефіцієнти скломатеріалів мали такі значення: коефіцієнт прозорості $K_{пр} \geq 2,1$, коефіцієнт кристалічності $K_{кр} \geq 3,5$.

За даними А.А. Аппена [13], забезпечення показників Ψ_B і Ψ_{Al} більше одиниці дозволить створити умови для наявності у структурі стеклокристалічних [BO₄] та [AlO₄]. Наявності у структурі модельних стеклокристалічних тетраедрів сприятиме їх зміцненню та уповільнюватиме процеси вилугування для забезпечення нетоксичності скломатеріалів та можливості їх використання як основи для медичних виробів.

Експериментальна частина.

На базі кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного Технічного Університету «Харківський Політехнічний Інститут» було проведено узагальнення існуючих даних та сформульовано вимоги до імплантатів та критерії синтезу склокристалічних

покриттів, на основі яких проведено подальші дослідження.

Для розробки складів модельних стеклокристалічних матеріалів та покриттів для дентальної імплантології першочерговим етапом є встановлення комплексу вимог до таких матеріалів (табл.2) та розробка критеріїв синтезу до вихідної скломатриці, яка забезпечить необхідні експлуатаційні та фізико-хімічні властивості матеріалу.

З урахуванням накопиченого досвіду та комплексу вимог до склокристалічних покриттів для дентальної імплантології основи було обрано вихідну систему R₂O – RO – CaF₂ – R₂O₃ – P₂O₅ – SiO₂, де R₂O – Na₂O, K₂O, Li₂O; RO – CaO, ZnO; R₂O₃ – B₂O₃, Al₂O₃ та, R₂O₃ – B₂O₃, Al₂O₃ та, в області визначених концентраційних меж обрано модельні стекла з співвідношенням фазоутворюючих компонентів CaO/P₂O₅ = 1,67 для кристалізації біоактивних фаз гідроксиапатиту (ГАП) і фторапатиту (ФАП), та співвідношенням K₂O/Al₂O₃ = 0,94 і при вмісті SiO₂ від 45 до 60 мас. % для кристалізації високоміцної фази лейцити.

Таблиця 2 – Вимоги до склокристалічних покриттів для дентальної імплантології

Параметр	Вимоги	Стандарт
Хімічні властивості		
Розмір кристалів, мкм	≤ 5	ISO 6474
Розчинність у дистильованій воді, %	≤ 0,5	ГОСТ Р 52770-2007
Розчинність у буферному розчині лимонної кислоти, %	< 100 %	ГОСТ ISO 10993-14-2011
Загальна кількість важких металів у складі матеріалу	≤ 0,005	ASTM F 1538-03
Механічні властивості		
Мікротвердість за Вікерсом, МПа	≥ 5600 ÷ 6200	ГОСТ 9450-76
Тріщиностійкість K _{1с} , МПа·м ^{1/2}	3,0	ГОСТ ISO 51736 - 2001
Міцність на стиск, МПа	97 ÷ 160	ГОСТ 4651-82
Адгезійна міцність, МПа	≥ 10	ISO 13779-2:2008
Міцність на вигин, МПа	≥ 50	ГОСТ Р 51736-2001.
Модуль Юнга, МПа	10 – 22	
Технологічні властивості		
ТКЛР10 ⁻⁷ (25-600) ,град ⁻¹	90 – 110	ГОСТ ISO 51736 - 2001
Властивості поверхні		
Вільна енергія поверхні мДж/м ²	≥ 45	ASTMD7334-2013
Морфологія поверхні (R _a), мкм	1 ÷ 10	ГОСТ 2789-73
Утворення апатитоподібного шару	Утворює	ISO/FDIS 23317:2007
Медико-біологічні властивості		
Класифікація за характером контакту з організмом	Імплантат, що контактує з тканиною та кісткою	ДСТУ ISO10993-1: 2004
Класифікація за тривалістю контакту	Постійний контакт	ДСТУ ISO 10993-9:2004
Випробування на системну токсичність	Не виявляє	ДСТУ ISO 10993-11: 2004 ДСТУ ISO 10993-5:2004
Відносна площа новоутвореної кістки (ум.од.)	44,6	ДСТУ ISO 10993-6: 2011
Індекс остеоінтеграції, %	42,8	

Критерії вибору складів стеклокристалічних:

1) протікання тонко дисперсної об'ємної кристалізації для утворення хімічно стійкої фази гідроксиапатиту, фторапатиту та лейцити у кількості 35 ÷ 40 об. % в умовах низькотемпературної

коротко тривалої одностадійної термічної обробки впродовж 1,0 ÷ 1,5хв;

2) в'язкість розплавів стеклокристалічних при температурі розм'якшення $T_f = 10^6 \div 10^7 \text{ Па} \cdot \text{с}$;

3) кут змочування розплавами стекел поверхні титану в межах $20 \div 40^\circ$ при температурах випалу $650 \div 750^\circ\text{C}$;

4) термічний коефіцієнт лінійного розширення в межах $(90 \div 110) \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$ для забезпечення міцного зчеплення титанової основи та покриття.

Саме при низькотемпературній кристалізації у склі першими з'являються кристалічні фази, які найбільш легко змочуються склом, і, як наслідок, найбільш міцно зв'язані зі склом. При тривалих високотемпературних витримках відбувається перекристалізація в стабільні фази наявності яких дозволить забезпечити необхідні функціональні властивості склокристалічних матеріалів.

Введення до складу модельних стекел $\text{SiO}_2 \leq 60$ мас. % призводить до зменшення вірогідності переходу вільного кварцу у кристоболіт. Введення оксиду бору та флюориту, як флюсуючих компонентів, позитивно позначається на зниженні температури варки скла та випалу покриття, що є необхідним при створенні якісних склокристалічних покриттів по титану та його сплавам (табл.3).

Зниження температури випалу для борвмісних склопокриттів по титану та його сплавам дозволить уникнути інтенсивного утворення окалини та альфованого шару значної товщини, що починають протікати вже при температурі 882°C , та що призводить до відшаровування склопокриття від металу-основи в процесі експлуатації імплантату.

Для забезпечення високих механічних показників склокристалічних матеріалів та покриттів в умовах циклічних навантажень як каталізатор кристалізації резистивної кристалічної фази ГАП було обрано ZnO . Зі збільшенням концентрації оксиду цинку у складі стекел у сформованій кристалічній фазі спостерігається зниження розміру кристалів. Саме наявність цинку дозволить одержати склокристалічний матеріал з тонкодисперсною структурою, з розміром кристалічних фаз ≤ 1 мкм, що приведе до зміцнення структури матеріалу та підвищення його реакційної здатності.

Таблиця 3 – Хімічний склад обраних модельних стекел

Відзнаки хімічного складу	Хімічний склад скломатеріалів, мас. %					
	Маркування модельних стекел					
	FAR 1	FAR 2	FAR 3	FAR 4	FAR 5	FAR 6
$\text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3$	14	17	14	15	15	14
$\text{K}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$	1,6 / 1,7					
$\text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5$	15	15	26	15	20	21
$\text{CaO} / \text{P}_2\text{O}_5$	1,67					
$\text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O}$	12	9	9	11	9	10
$\text{CaF}_2 + \text{ZnO}$	11	3	3	7	3	7
$\text{B}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$	48	56	48	52	53	48

Результати проведених досліджень і обговорення результатів.

Для обраних складів модельних стекел був проведений розрахунок основних та спеціальних розрахункових структурних коефіцієнтів (табл.4).

Розрахунок значень структурних коефіцієнтів $\Psi_B \geq 1$ та $\Psi_{Al} \geq 1$ усіх модельних скломатеріалів

свідчить про переважне положення в них бору і алюмінію в чотири координованому стані та забезпечує їх визначену здатність до вилугування, згідно з ГОСТ Р 52770-2007 Обрані склади характеризуються значення коефіцієнту $f_{\text{Si}} 0,26 \div 0,30$, що, згідно з класифікацією біоактивності Н.В. Свенської [14], свідчить про їх високу реакційну здатність.

Значення $K_{\text{кр}} > 3,5$ свідчить про те, що сумарний вміст оксидів-модифікаторів у складі розплаву є достатнім для утворення структуро сформованих сиботаксичних груп, які є зародками кристалічної фази, тимчасом як $K_{\text{кр}} \geq 2,1$ сприятиме нуклеації при охолодженні та росту кристалів при подальшій термообробці.

Таблиця 4 – Значення розрахункових структурних коефіцієнтів модельних стекел

Розрахункові коефіцієнти	Значення розрахункових коефіцієнтів					
	Маркування модельних стекел					
	FAR 1	FAR 2	FAR 3	FAR 4	FAR 5	FAR 6
$\text{R}_2\text{O} / \text{P}_2\text{O}_5$	3,29	3,11	1,58	3,2	2,13	2,2
f_{Si}	0,27	0,3	0,26	0,28	0,28	0,26
Ψ_{Al}	4,48	3,27	4,56	3,83	3,86	4,52
Ψ_B	2,06	1,39	1,48	1,69	1,43	1,77
Коефіцієнт кристалічності, $K_{\text{кр}}$	7,3	8,3	8,7	7,8	8,48	7,95
Коефіцієнт прозорості, $K_{\text{пр}}$	2,42	2,24	2,4	2,32	2,32	2,41

Значення структурних коефіцієнтів прозорості $K_{\text{пр}}$ та кристалізаційної здатності $K_{\text{кр}}$ модельних стекел в межах $2,24 \div 2,42$ та $7,3 \div 8,7$ відповідно дозволить одержати на їх основі склокристалічні матеріали з високим ступенем механічної міцності.

Висновки досліджень і перспективність подальшого розвитку у даному напрямку:

1. Проведено аналіз науково-технічної та патентної літератури та встановлено перспективність розробки склокристалічних покриттів по титану для дентальної імплантології. На основі накопиченого досвіду у напрямку створення матеріалів та покриттів для дентальної імплантології визначено основні вимоги до їх властивостей. Визначено критерії синтезу склокристалічних покриттів по титану з підвищеними фізико-механічними властивостями та терміном резорбції до одного місяця.

2. Обґрунтовано вибір вихідної системи $\text{R}_2\text{O} - \text{RO} - \text{CaF}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ для одержання біоактивних склокристалічних покриттів по титану, стійких при статичних та динамічних навантаженнях.

3. Проведено розрахунок основних та спеціальних розрахункових структурних коефіцієнтів для . Забезпечення значення показників в межах $f_{\text{Si}} = 0,26 \div 0,30$, $\Psi_{Al} \geq 1$, $\Psi_B \geq 1$, $K_{\text{кр}} = 7,3 \div 8,7$, $K_{\text{пр}} = 2,24 \div 2,42$ свідчить про можливість одержання на основі обраних модельних стекел нетоксичні склокристалічні матеріалів з високою біоактивністю.

Список літератури: 1. Вересов А. Г., Путляев В. И., Третьяков Ю. Д. Химия неорганических биоматериалов на основе фосфатов кальция // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева). – 2004. – Т. XLVIII, № 4. – С. 32–46. 2. Боровский Е. В. Клиническая эндодонтия / В. Е. Боровский. – М.: АО «Стоматология», 1999. – 176 с. 3. Кулаков А. А. Зубная имплантация / А. А. Кулаков, Ф. Ф. Лосев, Р. Ш. Гветадзе – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. 4. Биосовместимые материалы и новые технологии в стоматологии: сб. статей Международной конференции / науч. ред. Р. Г. Хафизов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. – 270 с. 5. Параскевич В.Л. Дентальная имплантология. Основы теории и практики. – 2-е изд. / В.Л. Параскевич. – М.: Медицинское информационное агентство, 2006. 6. ГОСТ 19807-91. Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки. – Введ. 01.07.1992. 7. Официальный сайт компании nBIOCOMP <http://www.beneq.com/ru/biosovmestimye-pokrytiya.html>, 25.11.2015 8. Саввова О.В., Шадріна Г.М. Механічні властивості склокристалічних кальційсилікофосфатних покриттів по титану / Кераміка: наука і життя. – Київ: Укрпринтком, 2013. – №2(20). – С. 4–11. 9. Стрoганова Е. Е. Биоматериалы на основе стекла: настоящее и будущее / Е. Е. Стрoганова, Н. Ю. Михайленко, О. А. Мороз // Стекло и керамика. – 2003. – № 10. – С.12–16. 10. Кингери У. Д. Введение в керамику / Кингери У.Д. – М.: Стройиздат, 1967. – 500 с. 11. Павлушкин Н. М. Основы технологии ситаллов / Павлушкин Н. М. – М.: Стройиздат, 1983. – 431с. 12. Стеклокристаллические покрытия по керамике / [Лисачук Г. В., Рыщенко М. И., Белостоцкая Л. А. и др]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – 480 с. 13. Аппен А. А. Химия стекла / А. А. Аппен – М.: Химия, 1974. – 352 с. 14. Свентская Н. В. Силикофосфатные биокомпозиционные материалы с регулируемой поровой структурой для костно-пластической хирургии: Автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.17.11. «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» / Свентская Н. В. – Москва, 2011. – 159 с.

Bibliography (transliterated): 1. Veresov A. G., Putljaev V. I., Tret'jakov Ju. D. Himija neorganicheskih biomaterialov na osnove fosfatov kal'cija // Ros. him. zh. (Zh. Ros. him. ob-va im. D. I. Mendeleeva). – 2004. – T. XLVIII, № 4. – P. 32–46. 2. Borovskij E. V. Klinicheskaja jendodontija / V. E. Borovskij. – M.: AO «Stomatologija», 1999. – 176 p. 3. Kulakov A. A. Zubnaja implantacija / A. A. Kulakov, F. F. Losev, R. Sh. Gvetadze – M.: Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2006. 4. Biosovmestimye materialy i novye tehnologii v stomatologii: sb. statej Mezhdunarodnoj konferencii / nauch. red. R. G. Hafizov. – Kazan': Izd-vo Kazan. un-ta, 2014. – 270 p. 5. Paraskevich V. L. Dental'naja implantologija. Osnovy teorii i praktiki.– 2-e izd. / V. L. Paraskevich.– M.: Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2006. 6. GOST 19807-91. Titan i splavy titanovye deformiruemye. Marki. – Vved.01.07.1992. 7. Oficial'nyj sajt kompanii nBIOCOMP <http://www.beneq.com/ru/biosovmestimye-pokrytiya.html>, 25.11.2015 8. Savvova O. V., Shadrina H. M. Mekhanichni vlastyivosti sklokrystalichnykh kal'tsiysylikofosfatnykh pokryttiv po tytanu / Kераmika: nauka i zhizn'. – Kiev: Ukrprintkom, 2013. – №2(20). – P. 4-11. 9. Stroganova E. E. Biomaterialy na osnove stekla: nastojashhee i budushhee / E. E. Stroganova, N. Ju. Mihajlenko, O.A. Moroz // Steklo i keramika. – 2003. – № 10. – P.12–16. 10. Pavlushkin N. M. Osnovy tehnologii sitallov / Pavlushkin N. M. – M.: Strojizdat, 1983.– 431 p.11. Kingeri U. D. Vvedenie v keramiku / Kingeri U. D. – M.: Strojizdat, 1967. – 500 p. 12. Steklokrystallicheskie pokryttiv po keramike / [Lisachuk G. V., Ryshhenko M. I., Belostockaja L. A. i dr].–Har'kov: NTU «HPI», 2008.– 480 p. 13. Appen A. A. Himija stekla / A. A. Appen – M.: Himija, 1974. – 352 p 14. Svetskaja N. V. Silikofosfatnye biokompozicionnye materialy s regulirujemoj porovoj strukturoj dlja kostno-plasticheskoj hirurgii: Avtoref. dis. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.17.11. «Tehnologija silikatnyh i tugoplavkih nemetalicheskikh materialov» / Svetskaja N. V. – Moskva, 2011.– 159 p.

Надійшла (received) 9.12.2015

Відомості про авторів

Саввова Оксана Вікторівна – доктор технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Savvova Oksana – Doctor of engineering science, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Фесенко Олексій Ігорович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru

Fesenko Olexsii – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", postgraduate student the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: fesenco_alex@mail.ru

Бабіч Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», асистент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

Babich Olena – Candidate of engineering science, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

УДК 666.21

О. В. ШАЛИГІНА, Г. К. ВОРОНОВ, О. П. ОДИНЦОВА**РОЗРОБКА СКЛАДОВИХ МАТОВИХ СКЛОЕМАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ
ДЛЯ БЕЗГРУНТОВОГО ЕМАЛЮВАННЯ**

Пропонуються методи одержання одношарових склоемалевих покриттів з матовою поверхнею. Розглянуті сучасні тенденції розвитку емальовальної галузі та існуючі енергоресурсозберігаючі технології. Описані особливості та шляхи отримання матових склоемалевих покриттів для безгрунтового емалювання. Наведена класифікація ступенів блиску покриттів.

Ключові слова: матовість, склоемалева покриття, склоемалева фрита, тонкодисперсний порошок, кристалізація, блиск, одношарове емалювання, порошкова електростатична технологія.

Вступ.

Розвиток сучасної промисловості, зокрема і в емальовальній галузі, спрямован на підвищення конкурентоздатності продукції за рахунок забезпечення високої якості виробів при одночасному їх здешевленні. Досягнення цих факторів можливе шляхом впровадження енерго- і ресурсозберігаючих технологій, модернізації виробничого обладнання і технологічних процесів, одержанням нових експлуатаційних та естетико-декоративних властивостей. Одним із напрямків розвитку ринку емальованої продукції є розширення колірної гама та текстурних характеристик покриттів. Враховуючи останні тенденції, велику популярність набуває побутова техніка із матовою склоемалевою поверхнею, яка поєднує в собі необхідні експлуатаційні та нові декоративні характеристики.

Ці умови і визначають актуальність виконання даної роботи, метою якої є розробка складу безгрунтового матового склоемалевого покриття для забезпечення захисних та естетико-декоративних характеристик виробів із маловуглецевих сталей. Традиційно склоемалеві покриття, які характеризуються специфічними декоративними ефектами, отримують за класичною шлікерною технологією із застосуванням двошарового емалювання – ґрунтовий шар + покривний шар. Враховуючи світові тенденції розвитку промисловості, які спрямовані на підвищення якості продукції, екологічність та безвідходність виробництва, мінімізацію долі ручної праці та спрощення всіх технологічних процесів. Тому на сьогоднішній день найбільш перспективним є застосування безгрунтових склоемалевих покриттів, які забезпечують одночасно функції ґрунтової та покривної емалі, у поєднанні із енергоресурсозберігаючою порошковою електростатичною технологією їх нанесення – POESTA (Powder Electrostatic Application). Значні переваги технології POESTA обумовлюють її поширення у виробництві побутової техніки (газових та електричних плит, мікрохвильових печей, духових шаф), архітектурно-будівельних панелей, деталей камінів і різноманітних печей та ін.

Постановка задачі.

Розробка покриттів вказаного типу ускладнюється необхідністю одночасного забезпечення вимог до технологічних властивостей склоемалевих порошоків, експлуатаційних та

специфічних естетико-декоративних характеристик безгрунтових покриттів (забарвлення і матовість) – рисунок 1.

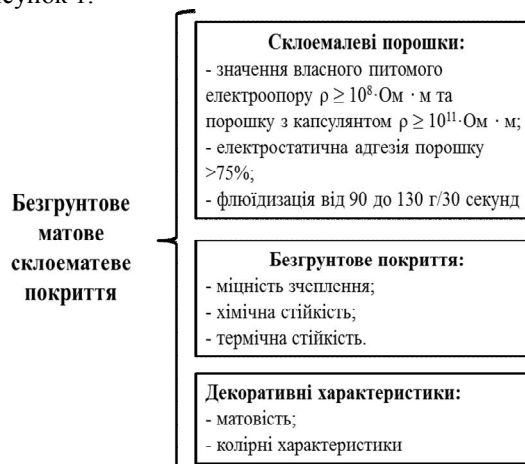


Рисунок 1 – Умови синтезу матових безгрунтових склоемалевих покриттів

Технологія POESTA обумовлює специфічні властивості склоемалевих порошоків, зокрема, підвищені значення питомого електроопору, для забезпечення яких в роботі буде використано дію полілужного та полікатионного ефектів. Прояв вказаних ефектів буде досягнуто шляхом введення в певних співвідношеннях оксидів лужних і лужноземельних металів [1].

Міцність зчеплення склоемалевого покриття зі сталеву основою залежить від складу введеного комплексного активатора зчеплення (КАЗ), який одночасно буде виконувати функції активного забарвлюючого комплексу (АЗК), тобто забезпечувати необхідні колірні характеристики [2]. Експлуатаційні характеристики покриття (хімічна та термічна стійкість) забезпечуватимуться шляхом певного співвідношення складоутворюючих та модифікуючих компонентів у складі склоемалі [3].

Матовість склоемалевих покриттів на сьогоднішній досягається трьома основними методами:

- додаванням тугоплавких наповнювачів на стадії помелу фрит при приготуванні шлікерів;
- поєднанням несумісних систем В-Ті та Zn-Ті,

© О.В. Шалигіна, Г.К. Воронов, О.П. Одинцова, 2015

що передбачає розділення мікрофаз;

- використанням спрямованої кристалізації із структури скла.

Але наведені методи практично застосовують для одержання матових покриттів за традиційною шлікерною технологією при двошаровому емалюванні – ґрунтовий + покривний шар. Тому доцільним є експериментальна перевірка можливості застосування цих методів для одержання безґрунтових матових склоемалевих покриттів за технологією POESTA.

Методика досліджень. Контроль експлуатаційних характеристик склоемалевих покриттів для побутової техніки та властивостей склоемалевих порошоків для технології POESTA здійснювали за галузевими стандартами із використанням відповідних методик [4, 5, 6] – табл. 1.

Таблиця 1 – Вимоги до характеристик склоемалевих покриттів та порошоків при емалюванні деталей побутових плит за технологією POESTA

Склоемалеве покриття		Порошок	
Вимога, стандарт	Значення	Вимога, стандарт	Значення
Хімічна стійкість – розчин холодної лимонної кислоти (EN ISO 28706-1:2012)	мін. клас А + (варочні поверхні, кришки пальників, панель керування, духовка шафа)	Питомий електроопір порошку із гідрофобним капсулянтм, Ом·м [6]	$\geq 10^{11}$
Ступінь блиску (EN ISO 2813)	допуск, різниця у вимірі: ± 4 на блиск 0-30; ± 6 на блиск 30-70; ± 8 на блиск 70-100 (варочні поверхні, панель керування)	Власний питомий електроопір, ρ_v , Ом·м [5]	$\geq 10^8$
Термостійкість [4]	нагрів до: кришки пальників, ґратки – 380 °C ($\times 5$); плити – 200 °C ($\times 5$)	Тонина помелу [5]	3 – 80 мкм; до 10 мкм $\leq 5\%$
Міцність зчеплення (EN 10209An.D)	мін. 3 бали	Флюїдизація, г/30 сек (ISO 8130-5)	90–150
Товщина покриття [4]	кришки пальників $\leq 0,6$ мм; ін. деталі $\leq 0,4$ мм	Електро-статична адгезія, % [5, 6]	> 75

Матовість – явище оптичне, пов'язане з присутністю безлічі площин розділу, від яких світло відбивається і розсіюється. Для склоемалевих покриттів матовість характеризується ступенем блиску. У відповідності до ГОСТ 52663–2006 та ISO 2813 за ступенем блиску покриття класифікуються на: інтенсивно-матові (від 1 до 10 % блиску); матові (11 – 30); напівматові (31 – 50); сатинові (51 – 70); яскраво-сатинові (71 – 90); глянцевої (> 90 % блиску) [7]. За даним нормативним документом, який регламентує методи визначення блиску покриттів, блиск характеризується як відношення світлового потоку, що відбивається в дзеркальному напрямку від зразка до приймача, до світлового потоку, що відбивається в дзеркальному напрямку від скла з показником заломлення 1,567. На практиці прийнято класифікувати покриття до групи матових від показника світловідбиття < 70 %.

Матовість поверхні обумовлена наявністю складних оптичних ефектів, пов'язаних із механізмом світловідбиття для блискучих, матових та напівматових поверхонь – рис. 2 [8].

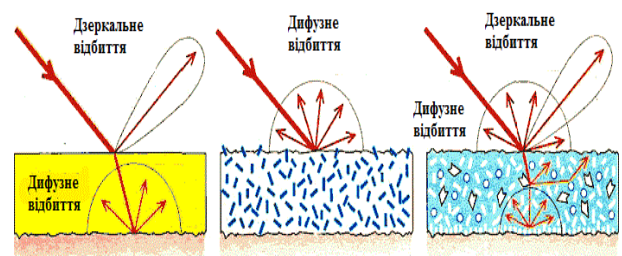


Рисунок 2 – Дзеркальне та дифузне відбиття склоемалевого покриття

Матеріали та результати досліджень.

Одним із способів одержання матової поверхні є додавання тугоплавких наповнювачів (ТПН) на стадії помелу. При цьому, ефект матування залежить від швидкості розчинення ТПН в склоемалі – основі під час випалу, що в свою чергу, обумовлюється структурою і розмірами часток ТПН, складом фрити-основи та умовами випалу покриття. Експериментальні дослідження проводили із урахуванням обмежувальних факторів, пов'язаних із додаванням надмірної кількості ТПН:

- існує вірогідність утворення грубої поверхні та неповне розплавлення склоемалі під час випалу;
- можливість значного збільшення (зменшення) поверхневого натягу емалевого розплаву до «стягнення» або до стікання склоемалі;
- підвищення температури випалу покриття, для безґрунтових емалей можлива втрата адгезійної здатності покриття.

В якості фрити-основи обрано раніше розроблену колективом лабораторії скла та емалей безґрунтову склоемаль ESB 9, призначену для одержання за технологією POESTA одношарових темнобарвлених покриттів [9]. Склоемалева фрита характеризується необхідним комплексом властивостей, які відповідають вимогам як до порошоків, так і до склоемалевих покриттів для

побутової техніки: міцність зчеплення 1-2 бали, хімічна стійкість – клас А, електроопір порошку з капсулянтном 10^{12} Ом · м – табл. 1.

В якості ТПН обрані пісок кварцовий SiO_2 , глинозем Al_2O_3 , циркон ZrSiO_4 , MgO , ZnO та тальк.

Виготовлено 6 типів композицій: склоемалева фрита-основа – 100 мас. частин + ТПН. В кожному типі композиції змінювали поетапно кількість ТПН 5 мас. ч., 10 мас.ч. та 15 мас. ч. Експериментальні покриття отримували шляхом нанесення композиційних порошоків на сталеві зразки $100 \times 150 \times 0,8$ мм (марка сталі ЕК 2). Випал покриттів здійснювали в електричній муфельній печі при температурі 820°C протягом 4 хв. Експлуатаційні характеристики визначали за методиками, наведеними в табл. 1, ступінь блиску - за допомогою блискоміру ФБ-2, колірні характеристики - візуально. Електроопір порошоків експериментальних комбінацій знаходиться в межах $10^{11} - 10^{13}$ Ом · м, тобто відповідає необхідним вимогам

Покриття із 5-15 мас. ч. SiO_2 в якості ТПН характеризувалися погіршенням міцності зчеплення з 1-2 до 3-4 балів, незмінним кольором та зниженням блиску. При додаванні 5-15 мас. ч. Al_2O_3 критично знизилась хімічна стійкість покриттів та міцність зчеплення із сталеву основою, колір та ступінь блиску залишалися стабільними. Додавання ZrSiO_4 також викликало відсутність міцності зчеплення, хімічна стійкість залишалась незмінною - клас А. Із зростанням вмісту циркону блиск покриття зменшувався, колір змінювався від чорного до чорно-сірого. При введенні вже 5 мас.ч. MgO покриття характеризувалось хімічною стійкістю класу А, слабким блиском, чорно-сірим кольором та недостатньою міцністю зчеплення, а при 10 мас.ч. MgO з'явилася груба шорсткість. Збільшення кількості ZnO від 5 до 15 мас. ч. погіршувало міцність зчеплення, хімічна стійкість залишалася незмінною (клас А), покриття мало слабкий блиск та чорно-зелений колір. Використання тальку надало покриттю грубу шорсткість та чорно-сірий колір. Хімічна стійкість знаходилась поза класифікацією, із збільшенням концентрації до 10-15 мас. ч. покриття не мало міцності зчеплення із сталеву основою.

Експериментальні дані свідчать про те, що введення усіх ТПН в тій чи іншій мірі впливають на характеристики покриття. Загальна залежність відзначається зменшенням міцності зчеплення склоемалевого покриття із збільшенням концентрації ТПН. Встановлено, що найбільший негативний вплив на міцність системи метал-покриття при введенні 10 % MgO та Al_2O_3 – зчеплення відсутнє. Ступінь блиску знаходиться в певній залежності від кількості введеного наповнювача. Зі збільшенням кількості введеного ТПН, ступінь блиску зменшується, але тим самим це призводить до негативного впливу на експлуатаційні характеристики склоемалевого покриття. Необхідно також відзначити, що всі вказані ТПН змінюють колір покриття: з підвищенням концентрації наповнювача колірні характеристики змінювались у напрямку від чорного

до сірого. Тому на показники світловідбиття, зафіксовані приладом, в значній мірі впливають колірні характеристики, а саме «освітлення» покриття.

На основі проведених досліджень встановлено, що використання даного методу для одержання за технологією POESTA безгрунтових матових покриттів є недоцільним через складність одночасного забезпечення необхідних експлуатаційних та декоративних характеристик.

Наступним методом одержання матового покриття є використання несумісності різних склоемалевих систем. Практичний приклад полягає у змішуванні бор-титанових та цинк-титанових фрит. За теоретичними даними матуючий ефект може бути результатом утворення субмікроскопічних кристалів ZnF_2 , CaF_2 , і апатиту за умови присутності фторидів у складі.

На основі літературних та патентних даних синтезовані серії бор-титанових та цинк-титанових склоемалевих фрит. З метою забезпечення міцності зчеплення склоемалевого покриття зі сталеву основою вводили комплексний активатор зчеплення (КАЗ), який одночасно виконує функції активного забарвлюючого комплексу (АЗК). КАЗ, до складу якого входять CO , CuO , MnO_2 , Fe_2O_3 , був раніше розроблений в лабораторії скла та емалей [2]

Експериментальних комбінацій отримували змішуванням склоемалевих фрит у співвідношенні 1:1. Склад бор-титанової фрити з найменшим вмістом TiO_2 відповідав складу цинк-титанової фрити з найбільшим вмістом ZnO . За таким же принципом синтезовані і наступні композиції, тобто зі збільшенням TiO_2 в одній фриті, в іншій вміст ZnO зменшувався. Нанесення здійснювали за двома режимами: 2 C\2F та 1 C\1F, тобто на грунт та як безгрунтового. Характеристики отриманих покриттів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Експериментальні властивості склоемалевих покриттів

Композиції склоемалевих порошоків	Характеристики композиційних покриттів			
	Оптичні			Експлуатаційна
	На грунт	Безгрунтового	Колір	Міцність зчеплення, бал
1 BT 1/1– 50 % ZT 1/1– 50 %	слабкий блиск	слабкий блиск	чорний	4
2 BT 1/2– 50 % ZT 1/2– 50 %	слабкий блиск	слабкий блиск	чорний	4
3 BT 1/3– 50 % ZT 1/3– 50 %	блиск	блиск	чорний	4
4 BT 1/4– 50 % ZT 1/4– 50 %	блиск	блиск	чорний	4

Всі варіанти експериментальних композицій не забезпечили необхідного ступеню блиску. Безгрунтові покриття не мали достатньої міцності зчеплення зі сталеву основою, що не відповідає

заданим вимогам (табл. 1). Це може бути пояснено тим, що кількість склофази, в якій повинні протікати корозійні процеси була недостатньою. Колір отриманих покриттів залишився чорним.

Наступним етапом роботи було встановлення можливості отримання безгрунтових матових склоемалевих покриттів та на основі склокристалічних фрит. Відомо, що більшість матових покриттів синтезовані в фосфатних та цинк-силікатних системах із використанням методу спрямованої кристалізації P_2O_5 , TiO_2 , ZnO із структури скла.

Передумовою кристалізації є наявність або утворення зародків і здатність їх до зростання, що реалізується в результаті дифузії часток і їх формування в кристали в скляній матриці. Для склоемалей це можливо в інтервалі між температурами випалу і твердіння, тобто при 820 – 500 °С і в'язкості в інтервалі $10^3 - 10^9$ Па·с. При нижчих температурах зародкоутворення, дифузія і зростання кристалів дуже малі (слабкі), при вищих температурах зародки кристалів, які утворилися, знову будуть розчинятися в розплаві [7].

Основна група склокристалічних покриттів включає алюмофосфатні стекла. При температурах вищих за область їх розм'якшення кристалізуються корунд або кристоболіт. Додавання забарвлюючих оксидів покращує ефект матування. При виробництві таких покриттів необхідно контролювати вузькі технологічні параметри, щоб забезпечити якість продукції. Фрити, матування яких обумовлене спрямованою кристалізацією, можуть мати тенденцію до розтріскування або містити дефект мішури [8].

На основі літературних та патентних даних були синтезовані фрити в фосфатній та боросилікатній системах, які при певному їх співвідношенні повинні забезпечити отримання безгрунтового матового склоемалевого покриття шляхом спрямованої кристалізації.

Варку експериментальних фрит проводили в шамотних тиглях в лабораторній електричній печі з силітовими нагрівачами. Тривалість варки експериментальних складів становила 40-60 хвилин при температурі 1100–1300 °С. Готовність розплаву визначали пробую на нитку. Готові розплави виливали у воду, в результаті чого була отримана склоемалева фрита. Отримані фрити подринювали до порошоків з розміром частинок 5–70 мкм. Максимальна температура варки алюмофосфатної фрити – 1100 °С, цирконійфосфатної – 1120 °С, боросилікатної – 1280 °С.

Змішування склоемалевих порошоків для отримання композиції проводили у співвідношенні: 60 % алюмофосфатної, 10 % цирконійфосфатної, 30 % боросилікатної.

Отримані значення електроопору експериментальних фосфатних порошоків і відповідно композиції з них занадто низькі, що не відповідає заданим вимогам (табл. 1). Це може пояснюватися тим, що фосфатні стекла є напівпровідниками і не

можуть бути використані для технології електростатичного нанесення навіть при обробці капсулянтами.

На основі проведеного експерименту встановлена неможливість одержання безгрунтових матових склоемалевих покриттів за технологією POESTA, що обумовлено високою електропровідністю фосфатних склоемалевих порошоків.

На основі проведених досліджень щодо перевірки можливостей отримання матових склоемалевих захисних покриттів за трьома методами був обран нетрадиційний метод, який полягав у синтезі склокристалічної композиції, однією із складових якої є склокристалічна фрита, яка в інтервалі температур випалу покриттів забезпечує необхідний рівень їх матовості і характеризується високими показниками власного питомого електроопору ($\rho \geq 10^8$ Ом·м), а другою складовою є високо реакційна склофрита – основа, відповідальна за колірні характеристики та міцність зчеплення матової композиції із тонколистовою маловуглецевою сталлю.

Висновки.

Для досягнення мети даної роботи, яка полягає в розробці складу та технологічних параметрів одержання за технологією POESTA безгрунтового матового склоемалевого покриття для забезпечення необхідних експлуатаційних та естетико-декоративних характеристик сталевих поверхонь побутової техніки, встановлені основні шляхи отримання матових покриттів за традиційною шлікерною технологією та проведені дослідження щодо можливості їх застосування для порошкового нанесення за технологією POESTA.

За методом, що передбачає введення ТНП на стадії приготування порошку отримано покриття, які не відповідають необхідним експлуатаційним і декоративним характеристикам. Встановлено, що зі збільшенням концентрації ТНП зменшується ступінь блиску покриттів, але водночас це призводить зниження міцності зчеплення склоемалевого покриття зі сталеву основою.

Отримання матового покриття шляхом синтезу склоемалевих фрит в В-Ті та Zn-Ті системах не забезпечило склоемалевим покриттям заданого ступеню блиску. Також безгрунтові покриття не мали достатньої міцності зчеплення зі сталеву основою, що не відповідає заданим вимогам (табл. 1).

За методом, що передбачає застосування механізму спрямованої кристалізації при поєднанні боросилікатної і фосфатної систем були отримані покриття, які в найбільшій мірі відповідали заданому ступеню блиску. Але їх отримання можливе лише за умови шлікерного нанесення. Значення електроопору експериментальної порошкової композиції на основі фрит боросилікатної і фосфатної систем занадто низькі ($\rho = 10^6$ Ом·м - 10^8 Ом·м), навіть при обробці капсулянтами. Це визначає неможливість їх застосування для отримання матового безгрунтового покриття за технологією POESTA.

Список літератури: 1. Химическая технология стекла и ситаллов / Артамонова М.В., Асланова М.С., Бужинский И.М. и др. // ред. Н.М. Павлушкин – Стройиздат, 1983. – 432 с. 2. Шалигіна О.В. Безгрунтові коричневі склоемалеві покриття для побутової техніки / О. В. Шалигіна, О. П. Одинцова // Шоста Університетська наук.-практ. студ. конф. магістрантів НТУ «ХПІ», 27–29 березня 2012 р. : тези допов. – Х. : НТУ «ХПІ», 2012. – С. 31. 3. Шалыгина О.В. Однофриттные безникелевые стеклоэмалевые покрытия, получаемые по технологии POESTA / Шалыгина О.В., Одинцова А.П., Брагина Л.Л., Миронова Г.И. // Стекло и керамика. – М., 2014. – № 6. – С. 38 – 42. 4. Quality requirements for enameled hot water tanks (boilers) / European enamel authority. – 4 Edition. – Hagen: DEV, 2013. – 138 p. 5. Pemco Enamel Manual / ed. Lips K. – [2nd ed.] – Bruges: Pemco Brugge. – 2008. – 274 p. 6. Pagliuca S. Porcelain (Vitreous) Enamel / Pagliuca S., Faust W. – Mantova: Tipografia Commerciale srl. – 2011. – 870 p. 7. ГОСТ Р 52663-2006. Материалы лакокрасочные. Метод определения блеска лакокрасочных покрытий, не обладающих металлическим эффектом, под углом 20 °, 60 ° и 85 °. – Введен 01.01.08. 8. Художественное эмалирование: / Под ред. Э.Бреполь. - Л.: Машиностроение, 1986. 9. Брагина, Л.Л. 104251 Безгрунтова склоемаль коричневого кольору [Текст] / Брагина Л.Л., Шалигіна О.В., Анненков В.З., Худяков В.І., Гузенко М.М., Одинцова О.П., Купріяненко К.І., Споленак Боян, Манасьян П.А. // Патенты и изобретения : Изобретения, 2014.

Bibliography (transliterated): 1. *Himicheskaya tehnologiya stekla i sitallov* / Artamonova M.V., Aslanova M.S., Buzhinskiy I.M. i dr. // red. N.M. Pavlushkin – Stroyizdat, 1983. – 432 s. 2. *Shaligina O.V. Bezgruntovi korichnevi skloemalevi pokrittya dlya pobutovoyi tehniki* / O. V. Shaligina, O. P. Odintsova // Shosta Universitetska nauk.-prakt. stud. konf. magistrantiv NTU «HPI», 27–29 berez. 2012 : tezi dopov. — H. : NTU«HPI», 2012. – P. 31. 3. *Shalygina O.V. Odnofritnyie beznikellevyie stekloemalevyie pokryitiya, poluchaemyie po tehnologii POESTA* / Shalygina O.V., Odintsova A.P., Bragina L.L., Mironova G.I. // *Steklo i keramika*. – M., 2014. – No. 6. – P. 38 – 42. 4. *Quality requirements for enameled hot water tanks (boilers)* / European enamel authority. – 4 Edition. – Hagen: DEV, 2013. – 138 p. 5. *Pemco Enamel Manual* / ed. Lips K. – [2nd ed.] – Bruges: Pemco Brugge. – 2008. – 274 p. 6. *Pagliuca S. Porcelain (Vitreous) Enamel* / Pagliuca S., Faust W. – Mantova: Tipografia Commerciale srl. – 2011. – 870 p. 7. *GOST R 52663-2006. Materialy lakorasochnyie. Metod opredeleniya bleska lakorasochnyih pokryitii, ne obladayuschih metallicheskim effektom, pod uglom 20 °, 60 ° i 85 °.* – Vveden 01.01.08. 8. *Hudozhestvennoe emalirovanie: / Pod red. E.Brepol.* – L.: Mashinostroenie, 1986. 9. *Bragina, L.L. 104251 Bezgruntova skloemal korichnevogo koloru [Tekst]* / Bragina L.L., Shaligina O.V., Annenkov V.Z., Hudyakov V.I., Guzenko M.M., Odintsova O.P., Kupriyanenko K.I., Spolenak Boyan, Manasyan P.A. // *Patentyi i izobreteniya : Izobreteniya*, 2014.

Надійшла до редакції (received) 15.12.2015

Відомості про авторів

Шалигіна Оксана Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: 707-68-78; e-mail: shalyginao@googlemail.com

Shalygina Oksana Vladimirovna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of technology ceramics, refractories, glass and enamels ; tel.: 707-68-78; e-mail: shalyginao@googlemail.com

Воронів Геннадій Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Voronov Gennadiy Konstantinovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of technology ceramics, refractories, glass and enamels ; tel.: 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Одинцова Олександра Павлівна – аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: 707-68-78; e-mail: odincovaaleksandra@mail.ru

Odincova Aleksandra Pavlovna – graduate student, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", graduate student at the Department of technology ceramics, refractories, glass and enamels ; tel.: 707-68-78; e-mail: odincovaaleksandra@mail.ru

УДК 378.018.43.02:004

А. О. АГЕЙЧЕВА

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ РЕФОРМУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У СИСТЕМІ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Стаття присвячена дослідженню складових дистанційного навчання та технологічним і методичним аспектам реформування дистанційного навчання у системі вищої освіти. У дослідженні виділено тенденції реформування дистанційного навчання у вищій освіті. Розкриті технологічні та методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти, зокрема: застосування інформаційно-комунікаційних технологій, захист інтелектуальної власності, створення електронних курсів, розробка дидактичних основ дистанційного навчання, підготовка педагогів-координаторів. Визначено напрями реалізації стратегії розвитку дистанційного навчання: розробка теоретичних моделей діагностики та моніторингу якості освіти; розробка системи критеріїв та засобів діагностики та моніторингу якості освіти; розробка організаційно-управлінських моделей і технологій управління якістю освіти.

Ключові слова: система вищої освіти, дистанційне навчання, тенденції реформування, зміст освіти.

Вступ. Система управління дистанційним навчанням у вищій освіті є доцільною й ефективною. На основі аналізу наукових джерел з'ясовано, що в науковій літературі під дистанційним навчанням розуміється індивідуалізований процес набуття знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій.

Метою дистанційного навчання є забезпечення громадянам можливості реалізації конституційного права на здобуття освіти та професійної кваліфікації, підвищення кваліфікації незалежно від статі, раси, національності, соціального і майнового стану, роду та характеру занять, світоглядних переконань, належності до партій, ставлення до релігії, віросповідання, стану здоров'я, місця проживання відповідно до їх здібностей. Дистанційне навчання забезпечує надання освітніх послуг шляхом застосування у навчанні сучасних інформаційно-комунікаційних технологій за певними освітніми або освітньо-кваліфікаційними рівнями відповідно до державних стандартів освіти, за програмами підготовки громадян до вступу у навчальні заклади, підготовки іноземців та підвищення кваліфікації працівників. Проблема впровадження дистанційного навчання привертає значну увагу з огляду на ряд соціально-економічних чинників. У зв'язку з необхідністю забезпечення матеріального добробуту студентів в умовах ринкової дійсності, зростає кількість студентів, які бажають отримати освіту без відриву від основного місця практичної діяльності. Впровадження інноваційних технологій в системі освіти збільшило кількість освітніх установ, що здійснюють підготовку в рамках різних способів, форм і методів навчання. Дистанційна форма навчання надає можливість навчатися в будь-якому освітньому закладі, незалежно від місця проживання та місця розташування освітнього закладу. Організація якісного дистанційного навчання має позитивний вплив на інтелектуальний потенціал держави.

Аналіз стану питання. У дослідженні проаналізовано діяльність щодо впровадження дистанційного

навчання у системі вищої освіти. Установлено, що основними складовими дистанційного навчання є: навчальний процес, профільні курси, специфічні курси, самостійна робота, робота за індивідуальними програмами тощо. Проведене дослідження змісту й технологій зазначених складових дистанційного навчання дозволяє проаналізувати технологічні та методичні аспекти реформування дистанційного навчання.

Аналіз основних досягнень і літератури. Аналіз значної кількості джерел дозволив визначити напрями реалізації стратегії розвитку дистанційної освіти: розробка теоретичних моделей діагностики та моніторингу якості освіти; розробка системи критеріїв та засобів діагностики та моніторингу якості освіти; розробка організаційно-управлінських моделей і технологій управління якістю освіти[1,2]. Моніторинг ефективності використання та впровадження дистанційного навчання в системі вищої освіти вивчали П. Вестерберг, Н. Лісвал, Е. Лумхольд, С. Клара.

Мета дослідження. Виявлення основних тенденцій реформування дистанційного навчання і розкриття технологічних та методичних аспектів реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти.

Постановка проблеми. Необхідність впровадження дистанційного навчання та недостатня розробленість теоретичних та методичних засад обумовлює вибір теми дослідження. Важливість застосування найбільш ефективних педагогічних технологій дистанційного навчання в системі вищої освіти України. Пошук шляхів подальшого розвитку вищої освіти вимагає глибокого і всебічного вивчення досвіду реформування системи дистанційного навчання, аналізу позитивних і негативних результатів цих реформ з урахуванням національної та культурної специфіки країни. Аналіз провідних тенденцій освітніх реформ дозволяє виявити позитивний досвід реформування дистанційного навчання.

Методи дослідження. Порівняльний метод – розкриття реформування дистанційного навчання у системі вищої освіти; аналіз філософських, соціологічних, педагогічних ідей – для з'ясування стану розробленості проблеми, визначення сутності базових

понять дослідження, узагальнення й осмислення основних положень.

Виклад основного матеріалу. Дистанційне навчання повинно сприяти вирішенню таких соціально значущих завдань, як: підвищення рівня освіченості суспільства і якості освіти; реалізація потреб населення в освітніх послугах; задоволення потреб країни в якісно підготовлених фахівцях; підвищення соціальної

і професійної мобільності населення, його підприємницької і соціальної активності, рівня самосвідомості, розширення кругозору; збереження і примноження знань, кадрового і матеріального потенціалів, накопичених українською вищою школою; розвиток єдиного освітнього простору в рамках світової спільноти, що припускає забезпечення можливості отримання освіти в будь-якій точці освітнього простору; рішення геополітичних завдань; підвищення якісного рівня освіти за рахунок більш активного використання наукового та освітнього потенціалу провідних університетів, академій, інститутів, галузевих центрів підготовки та перепідготовки кадрів, інститутів підвищення кваліфікації, інших освітніх установ; можливість отримання як базової, так і додаткової освіти паралельно з основною діяльністю; розширення освітнього середовища в Україні для найбільш повного задоволення потреб і прав людини в галузі освіти; інтеграція та удосконалення системи освіти. Створення умов для безперервної освіти – забезпечення принципово нового рівня доступності освіти при збереженні його якості.

Упровадження електронних, інформаційних або дистанційних освітніх технологій не повинне означати ліквідацію класичних освітніх технологій. Стратегічна мета дистанційної освіти – вільний доступ до можливості отримання освіти будь-якого рівня за місцем свого проживання або професійної діяльності. Досягнення цієї мети здійснюється за рахунок розповсюдження знань за допомогою інформаційних технологій. Великий та незбагнений досвід вітчизняної педагогіки дає можливість побудувати дистанційне навчання, враховуючи шведський прогресивний досвід. У цілому розвиток дистанційного навчання в Україні містить усі досягнення і принципи як сучасної, так і зарубіжної педагогіки. Позитивною тенденцією сучасних освітніх процесів є їх спрямованість на інтеграцію культур, упровадження та використання сучасних освітніх технологій, розширення можливостей особистісного розвитку людини, що і призвело до розвитку дистанційного навчання [3]. Сьогодні дистанційна освіта – поширене явище в багатьох країнах світу, і з кожним роком її популярність зростає. Не існує єдиного визначення для дистанційного навчання. Швидше, існує багато підходів до розуміння цього терміну. Слід також зауважити, що поряд з терміном «дистанційна освіта» уживаються і такі поняття, як заочне навчання, домашня освіта, самостійне вивчення, відкрите навчання, незалежне навчання, екстернат, навчання на відстані тощо. Усі вони належать до однієї проблемної області, проте мають різні відтінки значень. У 80-х роках ХХ ст. по-

ширився термін «дистанційна освіта», основною характеристикою якої є відокремлення викладача від студента, саме в цьому полягає різниця між дистанційною і традиційною освітою. Дистанційна освіта містить 2 підсистеми: дистанційне викладання та дистанційне навчання. Цей вид навчання дозволяє одержати освіту всім категоріям населення. Дистанційне навчання дає можливість негайно застосовувати отримані знання на практиці.

За допомогою дистанційного навчання з'являється можливість встановити баланс між суспільним попитом на освіту та його пропозицією. Враховуючи актуальність дослідження, перспективними напрямками впровадження позитивного досвіду дистанційного навчання у вищі навчальні заклади України є: формування позитивного світогляду педагогічної спільноти щодо доцільності, необхідності і можливості впровадження дистанційних технологій в системі вищої освіти; підготовка педагогічних кадрів для дистанційного навчання; створення центрів дистанційної освіти у вищих навчальних закладах; розробка навчально-методичних комплексів дистанційного навчання; створення локальної телекомунікаційної мережі з виходом в Інтернет; формування експериментальних навчальних груп для адаптації стандартів дистанційного навчання.

Потенціал інформаційно-комунікаційних технологій та нових способів їх застосування є основою реформування дистанційного навчання.

У дослідженні проведено аналіз науково-методичного забезпечення навчального процесу в умовах дистанційного навчання. Установлено доцільність максимального наближення матеріалів дистанційного навчання до практичної діяльності студента, передбачене навчання використанню спеціальної термінології та роботі з приладами. Важливим завданням в рамках організації дистанційного навчання є завдання формування науково-методичного забезпечення декількома способами: придбання у сторонніх осіб, розробляється на замовлення сторонніми організаціями або силами фахівців установи.

Виявлено, що головною в організації дистанційної форми навчання – створення електронних курсів, розробка дидактичних основ дистанційного навчання, підготовка педагогів-координаторів. Проблема в значній мірі вирішується шляхом використання нових технологій інформаційного обслуговування освітніх установ.

У галузі інформаційної підтримки освітнього процесу все більший розвиток одержують електронні бібліотеки, активно вирішується проблема тиражування й доставки в навчальні установи посібників, підручників і програмних продуктів при дистанційному навчанні.

У сфері програмного забезпечення, яке є необхідною умовою дистанційного навчання спостерігається поступовий перехід від інформаційної орієнтації до інтерактивної. Розвиток інтерактивних навчальних програм, доповнюючи засоби й можливості технологій дистанційного навчання, дозволяє збільшити творчу складову сучасної освіти[4].

Захист інтелектуальної власності дослідницьких університетів щодо онлайн-матеріалів дистанційних програм є важливим аспектом організації дистанційного навчання в системі вищої освіти[5]. Визначено, що основними методами захисту інтелектуальної власності у дистанційному навчанні є:

- адміністративно-правовий спосіб захисту прав, що полягає в розгляді та вирішенні суперечки органом державного управління;
- цивільно-правовий спосіб захисту прав, який характеризується тим, що суперечки, пов'язані з порушенням прав інтелектуальної власності.

На основі аналізу процесу реформування дистанційного навчання в університетах, які є лідерами дистанційного навчання, а також вивчення й узагальнення урядових документів, університетських програм розвитку дистанційної освіти, навчальних програм та навчальних матеріалів дистанційних курсів виділено основні тенденції реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти:

- національний характер узагальнення наукових знань, гуманізація, демократизація та відкритість освіти. Інтеграційні процеси досягли такого рівня, що економічні процеси в окремому регіоні викликають ланцюгову реакцію в економіці. У сфері вищої освіти інструментом глобалізації та інтеграційних процесів є національний характер наукових знань. Рівень комунікації між науковими спільнотами такий, що нові знання, нові технології та розвиток на основі цих знань стають надбанням всього людства і впливають на процес розвитку держави незалежно від національних, релігійних та інших особливостей;

- забезпечення загальної комп'ютерної грамотності та створення телекомунікаційного середовища. XXI століття визнається століттям інформаційних технологій. Нові інформаційні технології в освіті пов'язані з інтеграцією комп'ютерного обладнання в усі сфери діяльності людини, що викликало нові проблеми і відкрило нові перспективи перед системою освіти в цілому. Спочатку комп'ютери в системі вищої освіти з'явилися як інструмент проведення наукових досліджень. Однак технологічний прорив, пов'язаний зі створенням персональних комп'ютерів на початку 80-х років, призвів до якісного перелому по відношенню до цифрових технологій. Таким чином, намітилася й активно реалізується тенденція комп'ютеризації освіти;

- удосконалення методичного забезпечення дистанційного навчання. Систематичне розширення вищих навчальних закладів з потенційно цікавим і методично обґрунтованим навчальним матеріалом для освіти. Спостерігаються розбіжності в навчальних планах для студентів, які навчаються в системі дистанційного навчання, у бік їх спрощення і полегшення. У даний час не існує додаткових критеріїв моніторингу програм дистанційного навчання та курсів, крім загальних, які використовуються для оцінювання традиційного навчання. Розвиток дистанційного навчання гальмується через виключно трудомістке створення пакетів прикладних програм, що підтримують інтерактивний процес навчання в рамках му-

льтимедійних технологій;

- міграція професорсько-викладацького складу та розширення впливу англо-американської системи вищої освіти. Зміцнення національних наукових шкіл і розвиток системи вищої освіти, підсилення взаємодії національної системи вищої освіти з дослідницькими проектами та програмами. Економічний розвиток держави, різний рівень освіти, забезпечення прав і свобод громадян, рівень оплати праці, формування відкритого суспільства, інтернаціональний характер науки є складовими концепції розвитку. Необхідним елементом вищої школи є вивчення англійської мови – мови міжнародного наукового спілкування та цифрових комп'ютерних технологій.

Незважаючи на величезну кількість навчальних закладів у світі, попит на ринку освітніх послуг як і раніше перевищує пропозицію. Дистанційне навчання створює рівні можливості для бажаючих здобути освіти, підвищити кваліфікацію, пройти перепідготовку та знайти роботу. Дана система дозволяє отримати вищу освіту паралельно з основною діяльністю людини, розширює можливості навчання за кордоном, отримання вчених ступенів, визнаних міжнародним освітнім співтовариством. Дистанційна освіта передбачає більш широкі перспективи у виборі вишу. Звичайно, рівень необхідності навчання і можливості отримати освіту за допомогою комунікаційних технологій варіюється залежно від економічного розвитку окремо взятої країни. В Україні популярність дистанційного навчання зростає з кожним роком. Дана освітня система, так само як і будь-яка інша, має ряд недоліків та переваг. Популярність дистанційної освіти, крім розвитку технологій, безпосередньо пов'язана із зростанням вартості очного навчання. Вартість Інтернет-освіти значно нижча, крім того, вона варіюється в залежності від спеціальності, форми навчальної програми та виду навчального закладу. Окрім цього, існують різні освітні гранти та стипендіальні програми, що дозволяють безкоштовно або за часткового фінансування навчатися за дистанційною формою. Більше того, у даному випадку відсутні витрати на переліт в країну навчання, на проживання, харчування, медичну страховку. Природно, що з розвитком системи дистанційного навчання, впровадженням нових інформаційних технологій в освіту, розробкою перспективних педагогічних технологій і в залежності від цілого ряду інших факторів технічного, технологічного, соціального та економічного характеру, будуть удосконалюватися і нормативно-правові основи дистанційних освітніх технологій.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.

Здійснено аналіз науково-методичного забезпечення та методів захисту інтелектуальної власності в системі дистанційного навчання.

Досліджено застосування інформаційно-комунікаційних технологій у дистанційному навчанні з метою визначення стану їх впровадження. Сьогодні майже всі університети України мають добре організовану систему дистанційного навчання, яка дає можливість застосовувати інформаційно-комунікаційні технології в навчальному процесі.

Окреслено та охарактеризовано технічну інфраструктуру для організації дистанційного навчання, що має важливе значення для ефективного впровадження та покращення роботи всієї системи.

Розглянуто аспекти інформатизації вищої освіти, враховуючи особливості та можливості дистанційного навчання.

У процесі дослідження виявлені елементи позитивного досвіду організації дистанційного навчання в системі вищої освіти, упровадження яких сприятиме ефективному розвитку дистанційного навчання в українській вищій школі:

- розробка і реалізація державної стратегії розвитку дистанційного навчання;
- надання цільової державної фінансової підтримки університетам, які надають освітні послуги через дистанційну форму;
- спрощення процедури сертифікації освітніх послуг, пов'язаних з дистанційним навчанням;
- створення розгалуженої мережі пунктів доступу до дистанційних курсів;
- регулювання дистанційного навчання і систематичний контроль за його якістю;
- інтеграція бібліотечної мережі в освітній простір, що сприяє ефективному функціонуванню центрів дистанційного навчання;
- створення єдиної мережі навчально-методичної документації, що сприяє мобільності університетського навчання.

Дистанційне навчання характеризується високим професіоналізмом, прагненням до співробітництва, самореалізації й розвитку, що є, по суті, наслідком використання комп'ютерного навчання та сучасних засобів

комунікації. Враховуючи актуальність дослідження, перспективними напрямками впровадження позитивного досвіду дистанційного навчання у вищі навчальні заклади України є: формування позитивного світогляду педагогічної спільноти щодо доцільності, необхідності і можливості впровадження дистанційних технологій в системі вищої освіти; підготовка педагогічних кадрів для дистанційного навчання; створення центрів дистанційної освіти у вищих навчальних закладах; розробка навчально-методичних комплексів дистанційного навчання; створення локальної телекомунікаційної мережі з виходом в Інтернет; формування експериментальних навчальних груп для адаптації стандартів дистанційного навчання.

Проблема вивчення досвіду створення і розвитку дистанційного навчання та можливості використання прогресивних ідей в Україні є актуальною. Перспективи подальшого її дослідження можуть бути пов'язані з вивченням особливостей організації дистанційної освіти, порівнянням вітчизняних і зарубіжних технологій дистанційного навчання; розробками новітніх форм і методів дистанційної освіти. Зазначимо, що сучасні інформаційні технології і комунікаційні системи дозволяють корінним чином змінити роль і призначення освіти, значно розширити комплекс освітніх послуг, а також розробити і застосувати специфічні освітні технології, характерні для дистанційної освіти. При цьому виникає необхідність ретельного дослідження теоретичних основ і практичного досвіду впровадження подібних технологій освіти.

Список літератури: 1. Hillman S. J. University infrastructural needs and decisions in moving towards online delivery programmes / M. G. Corkery, S. J. Hillman // *Journal of Higher Education Policy and Management*. 2010. – No. 32 (5). – P. 467–474. 2. Högskoleverkets Website [Електронний ресурс]. – Retrieved June 5, 2015 – Режим доступу: <http://www.hsv.se/abouttheagency.4.539a949110f3d5914ec8000522.html> 3. Guzman G. Packaging and unpacking knowledge in mass higher education – a knowledge management perspective / G. Guzman, L. F. Trivelato // *Higher Education, Online First™*. 2010. – 31 December. 4. Curran C. Online learning and the university / C. Curran // *Economics of distance and online learning. Theory, practice, and research* / Bramble & S. Panda (eds.). – New York : Routledge, 2008. – P. 26–51. 5. Moloney J. F. Scaling Online Education: Increasing Access to Higher Education / J. F. Moloney, I. B. Oakley // *Journal of Asynchronous Learning Net*. 2010. 14 (1). P. 55–70.

Bibliography (transliterated): 1. Hillman S. J. University infrastructural needs and decisions in moving towards online delivery programmes / M. G. Corkery, S. J. Hillman // *Journal of Higher Education Policy and Management*. 2010. – No. 32 (5). – P. 467–474. 2. Högskoleverkets Website [elektronnyy resurs]. – Retrieved June 5, 2015 – Rezhim dostupu: <http://www.hsv.se/abouttheagency.4.539a949110f3d5914ec8000522.html> 3. Guzman G. Packaging and unpacking knowledge in mass higher education – a knowledge management perspective / G. Guzman, L. F. Trivelato // *Higher Education, Online First™*. 2010. – 31 December. 4. Curran C. Online learning and the university / C. Curran // *Economics of distance and online learning. Theory, practice, and research* / Bramble & S. Panda (eds.). – New York : Routledge, 2008. – P. 26–51. 5. Moloney J. F. Scaling Online Education: Increasing Access to Higher Education / J. F. Moloney, I. B. Oakley // *Journal of Asynchronous Learning Net*. 2010. 14 (1). P. 55–70.

Надійшла (received) 22.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Агейчева А.О. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземних мов Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка +380676611159 euacademy@ukr.net

Агейчева А.А. – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка +380676611159 euacademy@ukr.net

Ageicheva Anna – PhD, Associate Professor foreign languages department, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University +380676611159 euacademy@ukr.net

УДК664.653.122; 664.653.124

В. П. ЯНАКОВ, Л. Н. АНТРОПОВА, О. LANGE**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА В АНАЛИЗЕ КАЧЕСТВА ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Решение проблем хлебопекарного производства даёт возможность реализации высокого технического уровня и повышения рентабельности хлебопекарной продукции (ХП). Предлагаемое решение улучшение качества хлебопекарной продукции и совершенствования технологии производства данного вида пищевой продукции основано на комплексном анализе, корректировке и экспериментальной апробации предлагаемых нововведений. Для исследования трёх факторного пространства изменения качественных показателей хлебопекарной продукции был применен графический метод исследований. За границы изменений показателей были приняты границы статистического изменения в рамках исследуемой рецептуры.

Ключевые слова: анализ, качество, продукция, технология, замес теста, рецептура.

Введение

Вопрос снижения уровня потребления ХП [1] предъявляет некоторые кардинальные требования к хлебопекарному производству:

1. расширение ассортимента изделий;
2. варьирование качественными показателями продукции;
3. учёт национальных вкусовых особенностей потребителей;
4. адекватность технических и технологических решений в реализации применяемого оборудования на изменение применяемого сырья, а также его микроэлементного и витаминного состава.

Быстрое и грамотное решение данных проблем даёт возможность поднять хлебопекарное производство на более высокий технический уровень и повысить в целом рентабельность ХП. В целом цена конечной продукции определяется [2] двумя технологическими операциями: замес теста и выпечка хлебопекарной продукции. Первая является качествоформирующей и наиболее энергозатратной, а вторая качествоопределяющей и наиболее сложной. Базой повышения эффективности процессов перемешивания в тестомесильных машинах (ТМ) служит определение экономической целесообразности и технической эффективности уровня проведения технологической операции замеса хлебопекарного теста.

Цель работы

Связи с этим, целью работы является – определение уровней варьирования технологических факторов при производстве хлебопекарного теста.

Изложение основного материала.

В производстве ХП применение математических методов управления производством возросло и играет, на данный момент, одну из основополагающих составляющих, в стремлении к расширению объёма и ассортимента выпуска ХП. В связи с усложнением технологических процессов и систем воздействия на перемешиваемый материал, возникает необходимость управления базами данных, описывающих энергетику воздействия и качественных преобразований в процессе выпуска ХП [3,4].

Многообразие механического воздействия в процессе перемешивания обуславливает обязательный учёт технических параметров и реологических показателей сырья, полученных и в дальнейшем анализируемых. Особенности механического воздействия [5] на различных стадиях замеса хлебопекарного теста определяются спецификой их применения. Процесс перемешивания, и сопутствующие ему процессы, реализуются только при исходном различии в объёмной концентрации, плотности и состоянии фаз компонентов. При реализации исследований технологической операции замеса хлебопекарного теста возникает ряд трудностей, преимущественно методического характера. Определяющими из них являются измерение и контроль параметров, которые производятся в «экспериментальных точках». Высокий уровень реализации технологического процесса ХП, даёт возможность корректировки хлебопекарного производства.

В целях повышения возможности передачи энергии от перемешивающих устройств определены границы включения вибрации. Полученный уровень однородности хлебопекарного теста, в конечном счёте, определяют протекание дальнейших качествообразующих процессов в тесте, и приводит к получению хлеба заданного качества [6]. Данный подход реализован в таблице 1.

Анализ показанной таблицы 1 даёт возможность определения направления в изготовлении и реализации качества ХП и ориентации в формировании потребительских свойств населения. Рассмотрение составляющих органолептических показателей демонстрирует, непрерывное изменение рецептурных компонентов в массе ХП [7,8]. Оно невозможно без изменения требований стандартов и условий технической реализации технологических операций замеса теста и выпечки.

Обсуждение результатов.

С этой целью был [1, 2] произведён анализ рынка ХП. Оценка качества рынка данного вида пищевых продуктов производилась при помощи двух следующих критериев: коэффициент рациональности ассортимента и комплексный показатель оценки ассортимента ХП. Расчёт и отбор образцов ХП проводился экспертным методом.

© В.П. Янаков, Л.Н. Антропова, О. Lange, 2015

Таблиця 1 – Органолептические показатели ХП

№ п/п	Наименование показателей	Характеристика.
1	Внешний вид.	Отвечает представленной технологии.
2	Форма.	Соответствует хлебной форме, в которой происходила выпечка.
3	Поверхность.	Ровная, без трещин и порывов.
4	Цвет.	От светло-жёлтого до коричневого.
5	Состояние мякиша.	Пропечённый, не влажный на ощупь.
6	Пропечённость.	Эластичный, после легкого продавливания пальцами мякиш должен принимать предыдущую форму.
7	Замес.	Без комков и следов непромеса.
8	Пористость.	Равномерна, без пустот и трещин, не допускается отслоения от мякиша и корки.
9	Вкус.	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса.
10	Запах.	Свойственный данному виду изделий, без постороннего запаха.

Оценка качества ХП производилась по K_p – коэффициенту рациональности ассортимента, формула 1.

Оценка объёма, ассортимента и качества производства ХП по комплексному показателю K оценки ассортимента ХП формула 2.

$$K_p = (K_{ш} \times v_{ш} + K_{г} \times v_{г} + K_{с} \times v_{с} + K_{н} \times v_{н}) / 4 \quad 1)$$

$$K = Q_{дос} / Q_{эт} \quad 2)$$

где, $K_{ш}$, $K_{г}$, $K_{с}$, $K_{н}$ – коэффициенты широты, глубины, стойкости и новизны;

$v_{ш}$, $v_{г}$, $v_{с}$, $v_{н}$ – коэффициенты весомости показателей широты, глубины, стойкости и новизны ассортимента.

$Q_{дос}$ – качество исследуемой продукции;

$Q_{эт}$ – качество эталона.

Анализ приведенных формул (1,2) даёт возможность прийти к выводу — применение критериальной оценки качества ХП является эффективным инструментом научного анализа совершенствования ХП. Определены параметры изменения энергетического воздействия и качественных преобразований в ходе реализации

данного технологического процесса. Данный научный подход имеет чёткую практическую реализацию — расширение ассортимента и рецептуры ХП [9,10]. При разработке новых технологических процессов и анализе ныне существующих технологических операций замеса хлебопекарного теста постоянно возникает задача исследования ряда показателей — массы частиц компонентов рецептуры, качественные показатели применяемой воды, температуры перемешиваемой среды и т.д.

Условия и реализация данного научного направления определяет экономическую эффективность структуры воздействия на сырьё и доведения его до необходимых технологических параметров. Дискретность природы величин, определяющих реализацию технологической операции требует в свою очередь точности: дозирования компонентов, подачи энергии в ходе эксплуатации оборудования и контроля изменения параметров. В целом низкий уровень автоматизации всего технологического процесса ХП, средств измерения и контроля даёт возможность широко варьировать допуск реализации всех технологических операций [11]. Результаты практической реализации технологического процесса выпуска ХП представлены на рисунке 1, как образцы ХП.

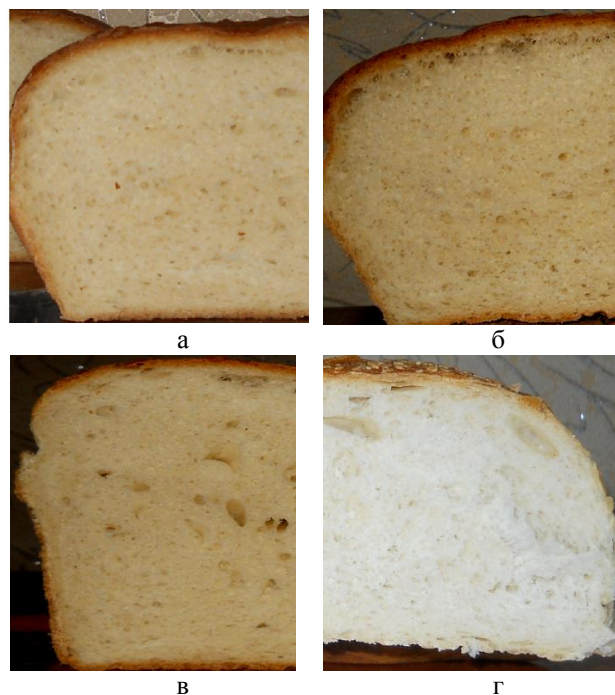


Рис. 1 – Хлебопекарные изделия: а – образец ЧП «Лидер»; б – образец компании «Агро-Сервис»; в – образец ЧП «Паляница», г – образец ФОП «Мелитопольский хлебокомбинат»

Через сложность физических, химических, функциональных и механических свойств составляющих компонентов и готового продукта [1,2], энергетическое воздействие невозможно

спрогнозувати тільки теоретичним путём. Даний вопрос возможно решить применив комплексный анализ теоретического и экспериментального подхода технологического процесса выпуска ХП. В результате анализа рынка выпуска ХП получены следующие составляющие данного сегмента продукции пищевых изделий:

1. ассортимент хлебопекарных предприятий, находящихся вблизи или на территории города Мелитополя Запорожской области Украина
2. хлебопекарные предприятия: ЧП «Лидер», ЧП «АгроСервис», ЧП «Паляница», ФОП «Мелитопольский хлебокомбинат»;
3. доминирование на рынке ХП, выпуск хлеб подовый, формовой и батоны, по своим свойствам идентичные и близкие по качественным, технологическим и товароведческим показателям.

Таким образом, установлено, что исследования ХП методами статистического анализа не ограничивались оценкой только одного параметра. Предложенная методика отметки достигнутых качественных показателей параметров, лежит во взаимозависимости качественных и энергетических показателей технологической операции замеса хлебопекарного теста и выпечки. Следует отметить, что взаимосвязь качества реализации замеса теста и уровня готовой ХП сопряжено со значительными трудоёмкими вычислениями. Поэтому на данном этапе исследований последовательная взаимосвязь технологии подразумевает единство всех составляющих процесса изготовления ХП. Качество сравниваемых образцов ХП проверяли по следующим показателям: пористость (П), (%);

удельный объём $V_{ХП}$, ($\frac{см^3}{100г}$); кислотность ($K_{ХП}$), (°Н). Сравнение и расчет приведенных показателей осуществляли по формулам:

$$П = \frac{V_{ХП} - m_B / \rho_M}{V_{ХП}} \cdot 100. \quad (3)$$

$$V_{ХП} = m / \rho_M. \quad (4)$$

$$K_{ХП} = \frac{V \times 100}{m_1 \times 10}. \quad (5)$$

где, m_B – масса пор ХП, г.;
 ρ_M – плотность безпористой массы мякиша и корки ХП, г/см³;
 $V_{ХП}$ – общий объём выемок ХП, см³;
 m – масса ХП, г;
 V – объём раствора гидроокиси натрия концентрацией 0,1 моль/дм³, с учётом поправочного коэффициента по титру гидроокиси натрия, применённый на титрование, см³;
 m_1 – масса навески ХП, г.

Анализ представленных формул (3-5) даёт возможность подойти к выводу — использование

системного подхода в оценке качества ХП демонстрирует возможность определять эффективность применяемой технологии и оперативно вносить коррективы в энергетическое воздействие оборудования.

Проверкой применяемого технологического процесса производства ХП является оценка конечного продукта производства: уровень рентабельности, объём сбыта, цена реализации и количество остатков товарной продукции ХП. Адекватность экспериментальной проверки теоретических предпосылок в реализации технологической операции замеса теста даёт возможность определить взаимосвязь оптимизирующей модели всего энергетического воздействия ТМ, который возможен в достижении уровня качества в ХП. В результате расчёта и анализа технологического процесса ХП были получены следующие статистические данные, таблица 2.

Таблица 2 – Технологические показатели ХП

№ п/п	Показатели качества ХП	Товаропроизводители ХП			
		ЧП «Лидер»	Компания «АгроСервис»	ЧП «Паляница»	ФОП «Мелитопольский хлебокомбинат»
1.	Пористость (П).	71	73	69	70
2.	Удельный объём ($V_{ХП}$).	269	273	270	274
3.	Кислотность ($K_{ХП}$).	3,1	3,3	3,0	3,4

Применяемые методы достижения качественных показателей ХП и контроля её выходных показателей даёт возможность распределять технические и технологические возможности эксплуатируемого оборудования в зависимости от поставленных целей в сегментации рынка.

Колебания анализируемых параметров пористости (П) составляют 6%, удельного объёма $V_{ХП}$ 15%, кислотности ($K_{ХП}$) 10%. Общее отклонение параметров находится в пределах 31%. Такие изменения параметров выпускаемой ХП носят существенный характер по всему сегменту данного вида ХП рынка. Для анализа трёхфакторного подхода изменения качественных показателей ХП был применен графический метод исследований. За границы изменений показателей были приняты границы статистического изменения в рамках исследуемой рецептуры:

1. пористость (П);
2. удельный объём V_x ;
3. кислотность (K_x).

Функцией отклика приняты: коэффициент корреляции; уравнение аппроксимирующей кривой. Принята мера эффективности оценки качества рынка,

ХП вироботанная при помощи теоретических и экспериментальных исследований. Представленный научный подход продемонстрирован на рисунке 1. На основании анализа графика исследования и оценки качества ХП, возможно сделать вывод — изменение контролируемых параметров выпускаемой ХП пористости (Π), кислотности ($K_{ХП}$), удельного объёма $V_{ХП}$ возможно описать теоретически. Колебания контролируемых параметров находится в пределах 1%-2%.

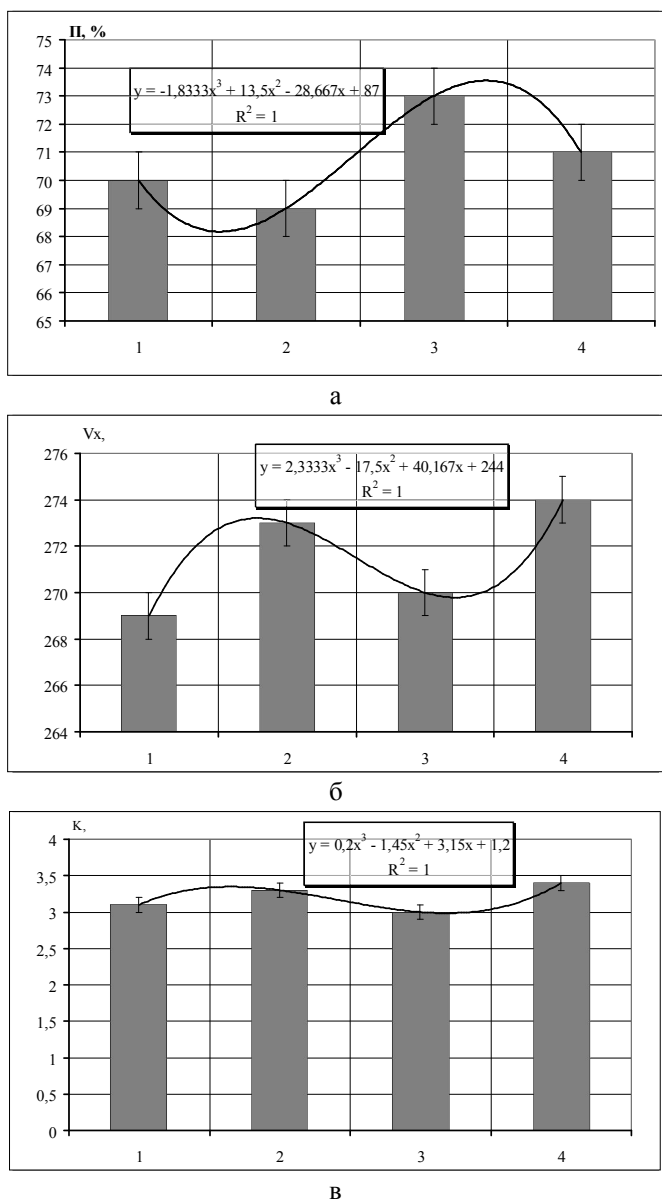


Рис 2 – График исследования и оценки качества ХП: а – пористости (Π); б – кислотности ($K_{ХП}$); в – удельного объёма ($V_{ХП}$)

Предлагаемое решение улучшения качества ХП и совершенствования технологии производства данного вида пищевой продукции основано на комплексном анализе, корректировке и экспериментальной апробации предлагаемых

нововведений, а также основан на следующих подходах:

- учёт современных требований к хлебопекарному производству;
- повышение эффективности технологического процесса выпуска ХП с помощью тестомесильные машины;
- установление экономической и технической эффективности уровня сегмента рынка ХП;
- усложнение технологических процессов и систем воздействия на перемешиваемый материал;
- необходимость управления базами данных, описывающих энергетику воздействия и качественных преобразований в процессе замеса теста.

Выводы

В статье предложено использовать новый научный подход, основанный на объединении в комплексном анализе технологии производства ХП, критериях оценки сегментов рынка и показателях качества ХП. Возможно определение изменения, анализ и контроль параметров технологического процесса ХП в точках экстремумов. Дискретность природы величин, определяющих реализацию технологической операций ХП, даёт возможность варьировать уровень качественной реализации конечной продукции, а также точность дозировки компонентов рецептуры ХП, подачи энергии эксплуатируемого оборудования и контроля изменения параметров, определяющих конечные показатели ХП. Адекватность экспериментальной проверки теоретических расчётов в реализации технологических операциях ХП даёт возможность создания новых видов ХП.

Список литературы: 1. Янаков В.П. Обоснование параметров и режимов работы тестомесильной машины периодического действия: автореф. дис. на соискание наук. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12. – "Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств" / В.П. Янаков. – ДонНУЭТ., 2011. – 20 с. 2. Yanakov V.P. Ways of improving quality of dough during the dough mixing process. "2010 AACC International Annual Meeting": mignar. nauk.-prakt. konf. (Savannah Convention Center, Savannah, Georgia, U.S.A. 24-27 October 2010) / U.S.A. AACC International Annual Meeting – 2010. tez.dop. – С. 50. 3. Latif and T. Masud. Use of Natural Preservative in Bread Making / T. Masud, A. Latif American Journal of Food Technology № 1 (1): 2006 ISSN 1557-4571. – С. 34-42. 4. Utilization of Defferent Wall Materials to Microencapsulate Fish Oil Evaluation of its Behavior in Bread Products / [G. Davidov-Pardo, P. Roccia, D. Salgado, A.E. Leon and R. Pedroza-Islas] American Journal of Food Technology № 3 (6): 2008 ISSN 1557-4571. — С. 384-393. 5. J. Filipovic. The behavior of different fibers at bread dough freezing / J. Filipovic, S. Popov, N. Filipovic Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly № 14 (4) (2008). — С. 257-259. 6. N. Filipovic. Breadmaking characteristics of dough with extrudedcourn / N. Filipovic, S. Simovi, V. Filipovic Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly № 15 (1) (2009). – С. 21-24. 7. Sunday Y.G. Effect of germination on bread-making properties of wheat-fluted pumpkin (Telfairia occidentalis) seed

flour blends / S.Y. Giami Plant Foods for Human Nutrition № 58: 2003. – С. 1–9. **8.** The use of xylanases from different microbial origin in bread baking and their effect on bread qualities / [O. Al-Widyan, M.H. Khataibeh and Khataibeh and Khaled Abu-Alruz] Journal of Applied Sciences № 8 (4): 2008 ISSN 1812-5654. – С. 672–676. **9.** Effect of friction on uniaxial compression of bread dough / [M.N. Charalambides, S.M. Goh, L. Wanigasooriya, J.G. Williams, W. Xiao] Journal of material science № 40 (2005). — С. 3375–3381. **10.** Biaxial deformation of dough using the bubble inflation technique. I. Experimental / [Maria N. Charalambides, Leonard Wanigasooriya, J. Gordon Williams, Sumana Chakrabarti] Reol Acta (2002) № 41: – С. 532–540.

Bibliography (transliterated): **1.** Yanakov, V.P. Justification of parameters and work behavior of a dough mixing machine of periodic movement. The dissertation paper is seeking consideration for a PhD Candidate in Technical Science, spec. 05.18.12 – "Processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical manufacturing" / V.P. Yanakov – Donetsk National University of Economics and Trade after M. Tugan-Baranovsky., – 2011. – 20 p. **2.** Yanakov V.P. Ways of improving quality of dough during the dough mixing process. "2010 AACC International Annual Meeting": mignar. nauk.-prakt. konf. (Savannah Convention Center, Savannah, Georgia, U.S.A. 24-27 October 2010) / U.S.A. AACC International Annual Meeting – 2010. tez.dop. – P. 50. **3.** Latif and T. Masud. Use of Natural Preservative in Bread Making / T. Masud, A. Latif American Journal of Food Technology № 1 (1): 2006 ISSN 1557-4571. — P. 34-42. **4.**

Utilization of Defferent Wall Materials to Microencapsulate Fish Oil Evaluation of its Behavior in Bread Products / [G. Davidov-Pardo, P. Roccia, D. Salgado, A.E. Leon and R. Pedroza-Islas] American Journal of Food Technology № 3 (6): 2008 ISSN 1557-4571. — P. 384-393. **5.** J. Filipovic. The behavior of different fibers at bread dough freezing / J. Filipovic, S. Popov, N. Filipovic Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly № 14 (4) (2008). — P. 257–259. **6.** N. Filipovic. Breadmaking characteristics of dough with extrudedcourn / N. Filipovic, S. Simovi, V. Filipovic Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly № 15 (1) (2009). – P. 21–24. **7.** Sunday Y.G. Effect of germination on bread-making properties of wheat-fluted pumpkin (Telfairia occidentalis) seed flour blends / S.Y. Giami Plant Foods for Human Nutrition No. 58: 2003. – P. 1–9. **8.** The use of xylanases from different microbial origin in bread baking and their effect on bread qualities / [O. Al-Widyan, M.H. Khataibeh and Khataibeh and Khaled Abu-Alruz] Journal of Applied Sciences № 8 (4): 2008 ISSN 1812-5654. – P. 672–676. **9.** Effect of friction on uniaxial compression of bread dough / [M.N. Charalambides, S.M. Goh, L. Wanigasooriya, J.G. Williams, W. Xiao] Journal of material science № 40 (2005). — P. 3375–3381. **10.** Biaxial deformation of dough using the bubble inflation technique. I. Experimental / [Maria N. Charalambides, Leonard Wanigasooriya, J. Gordon Williams, Sumana Chakrabarti] Reol Acta (2002) No. 41: – P. 532-540.

Надійшло (received) 15.09.2015

Відомості про авторів

Янаков Валерій Петрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент, Таврійський державний аграрний університет, каф. обладнання переробних і харчових виробництв, тел.: 067 599 81 34. E-mail: yanakov@ukr.net

Yanakov Valeriy Petrovitch – PhD, Docent, Lecturer, Department of Equipment for Food and Processed Production Industries, Tavria State Agro Technological University, Zaporizhia Oblast, City of Melitopol, Ukraine, tel.: 067 599 81 34. E-mail: yanakov@ukr.net

Антропова Людмила Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, доцент кафедри обладнання харчових виробництв; тел.: 50 697 59 35. E-mail: antropova.42@mail.ru

Antropova Lyudmyla Nikolayevna – PhD, Docent, Lecturer, Department of Equipment for Food and Processed Production Industries, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. I. Tugan-Baranovsky, City of Donetsk, Ukraine, tel: 50 697 59 35. E-mail: antropova.42@mail.ru

Олена Ланже – Program Manager, "JMA Solutions, LLC", Washington D.C., USA, tel. 202 465 8946 E-mail: olena@jma-solutions.com

Olena Lange – Program Manager, "JMA Solutions, LLC", Washington D.C., USA, tel. 202 465 8946 E-mail: olena@jma-solutions.com

УДК 697.244.697.328

В. Е. НИКОЛЬСКИЙ, А. В. ЛОБОДЕНКО, И. Л. РЕШЕТНЯК**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЦИРКУЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ЭРЛИФТНОГО ЭФФЕКТА В АППАРАТАХ ПОГРУЖНОГО ГОРЕНИЯ**

Эффективность использования топлива в теплоэнергетическом хозяйстве Украины при его потреблении и производстве промышленного продукта уступает соответствующему показателю развитых стран. Это значительно снижает конкурентоспособность отечественной продукции. Одним из способов повышения энергоэффективности топливоиспользования в промышленности и коммунальном хозяйстве – применение аппаратов погружного горения (АПГ). В работе на предложенной физической модели рабочего процесса АПГ выполнен комплекс исследований по рециркуляции (как эффективного способа интенсификации тепломассопереноса) с помощью эрлифтного эффекта. Выявлены механизм эрлифтного эффекта и влияние на него пульсирующего противодавления жидкости в ванне изотопленной камеры сгорания.

Ключевые слова: рециркуляция, эрлифт, аппараты погружного горения, тепломассоперенос, интенсификация, энергоэффективность.

Введение.

Контактный теплообмен двух сред является высокоэффективным в связи с устранением термического сопротивления, обусловленного наличием разделительной стенки между двумя теплоносителями. В аппаратах погружного горения, назначением которых является концентрирование, выпаривание, осушка жидкостей, интенсивность контактного теплообмена определяется барботажем высокотемпературных продуктов сгорания через слой жидкости, которая чаще всего представляет собой агрессивные, коррозионные, накипеобразующие соляные растворы [1, 2]. Достоинством АПГ является совмещение в одном процессе и устройстве нескольких функций: генератора тепловой энергии, побудителя движения и перемешивания жидкости (циркуляционного насоса). При этом нагреваемая жидкость выступает в качестве охлаждающей среды для камеры сгорания, что имеет особое значение для цельнометаллических устройств.

Поэтому актуальным является разработка и исследование различных способов повышения эффективности использования топлива на указанном оборудовании. Одним из способов интенсификации тепловой работы АПГ – применение рециркуляции с помощью эрлифтного эффекта.

Цель. Комплексное исследование механизма эрлифтного эффекта на физической модели рабочего процесса АПГ с целью повышения транспортирующей эрлифтной способности и как следствие интенсификации тепломассопереноса, увеличение энергетического КПД АПГ.

Комплексные экспериментальные исследования факторов, влияющих на транспортирующую эрлифтную способность АПГ.

На физической модели АПГ (рис.1) проведены комплексные экспериментальные исследования факторов, влияющих на транспортирующую эрлифтную способность АПГ.

Для оценки массы жидкости $m_{ж}$ (с плотностью $\rho_{ж}$), вовлекаемой в восходящий поток и последующую циркуляцию в эрлифтном устройстве,

исходим из того, что побудителем движения является перепад гидростатических давлений жидкости вне и внутри циркуляционного стакана на отметках H_i , соответствующих заборным отверстиям в циркуляционном стакане и других местах, где обеспечивается доступ жидкости из емкости внутрь циркуляционного стакана:

$$m_{ж,i} = \mu_i f_{\Sigma} \cdot \rho_{ж} \sqrt{2gH_i \left[1 - (\rho_{ж})^{-1} \int_0^1 \rho_{см}(\bar{H}) d\bar{H} \right]}, \quad (1)$$

где μ_i, f_{Σ} – соответственно коэффициент расхода и суммарное сечение для i -го входа жидкости внутрь циркуляционного стакана при условии, что входной канал является лимитирующим сечением для i -го восходящего потока; $\bar{H} = H/H_i$; H – текущая глубина; g – ускорение свободного падения.

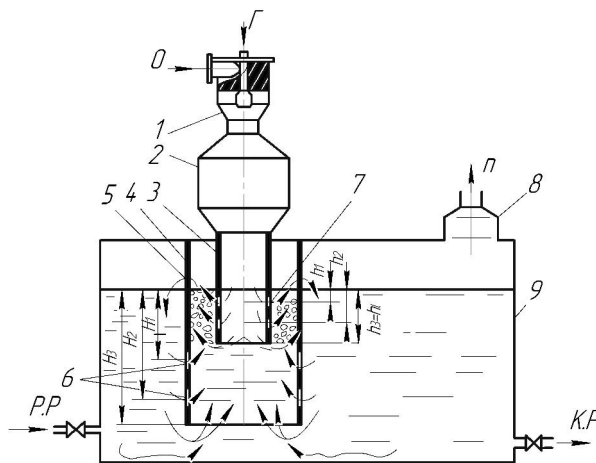


Рис. 1. Расчетная схема аппарата погружного горения: 1 – горелка; 2 – камера сгорания; 3 – выхлопная труба камеры сгорания, погруженная в жидкость, – внутренняя труба эрлифтного устройства; 4 – циркуляционный стакан – наружная труба эрлифтного устройства; 5 – отверстия для выброса газо-парожидкостной смеси плотностью $\rho_{см}$; 6 – отверстия и каналы для забора жидкости; 7 – отверстия и каналы для выхода продуктов сгорания; 8 – паротворник; 9 – корпус с крышкой АПГ; \rightarrow – поток жидкости плотностью $\rho_{ж}$; $- \rightarrow$ – поток продуктов сгорания; \Rightarrow – потоки веществ в газообразном состоянии; Г – горючий газ, О – окислитель; П – пар; в случае АПГ, используемого

как проточный выпарной аппарат: Р.Р – разбавленный раствор, К.Р – концентрированный раствор

Проведенные экспериментальные исследования показали, что при постепенном повышении давления компонентов горения (горючего + окислителя) давление в камере сгорания постепенно повышается, пока не сравняется с давлением жидкости на отметке среза камеры сгорания. Дальнейший рост давлений на входе в горелочное устройство практически не сказывается на давлении в камере сгорания. При этом генерируется турбулентность потока жидкости высокой интенсивности и форсируется тепло- и массообмен вследствие непрерывного быстрого обновления поверхности контакта фаз [2].

В условиях, когда выход продуктов сгорания из камеры сгорания обеспечивается на отметках h_j – (рис.1), где наблюдается разность плотностей жидкости извне и внутри циркуляционного стакана и формируется перепад гидростатических давлений, определяющими являются эти отметки:

$$H_i = h_i + \Delta \quad h_{ij} = h_i + \Delta \quad h_{ij}, \quad (2)$$

где $j = 1$ – соответствует наиболее низкой отметке сечения выхода продуктов сгорания из камеры сгорания (срезу камеры). Очевидно, что в пределах отметок от H_i до $H_i \equiv h_i$ перепад статических давлений не возникает, так как с обеих сторон циркуляционный стакан окружен жидкостью с одинаковой плотностью, $\rho_{ж}$. С учетом изложенного и представляя интеграл в уравнении (1) в виде суммы двух интегралов с пределами в соответствии с (2), и приняв $h = h_i/h_1$ получим:

$$m_{ж,i} = \mu_i \cdot f_{i\Sigma} \cdot \rho_{ж} \sqrt{2gH_i \left[1 - (\rho_{ж})^{-1} \int_0^1 \rho_{см}(\bar{h}_l) d\bar{h}_l \right]}, \quad (3)$$

Здесь $\Omega(H)$ – газосодержание, относительный объем, занятый газовыми (продуктов сгорания) пузырями на глубине H ; тогда:

$$\rho_{см}(H) = (1 - \Omega(H)) \rho_{ж} + \Omega(H) \rho_n,$$

где ρ_n – плотность газа (продуктов сгорания); $\rho_n \ll \rho_{ж}$; $\rho_n/\rho_{ж} \rightarrow 0$.

$$\int_0^1 \rho_{см}(\bar{h}) d\bar{h} = (h_i)^{-1} \cdot \int_0^{h_i} \rho_{см}(H) dH = \rho_{ж} (h_i)^{-1} \cdot \int_0^{h_i} (1 - \Omega(H)) \cdot (4)$$

Подставив (4) в (3) покажем, что выражение в скобках под корнем уравнения (3) представляет собой относительный объем (концентрацию) $\Omega_{П\Sigma}$ газовой фазы в объеме кольцевого пространства эрлифтного устройства сечением f_3 и высотой h_1 .

Для случая, когда массообмен в системе пузыри-жидкость незначителен, при условии, что конденсация водяных паров или, наоборот, насыщение газов водяными парами слабо выражены [3], например, при барботаже водяной колонны воздухом с температурой 573-823К установлено, что удельная объемная пористость контакта фаз почти не меняется по высоте газо-жидкостного слоя [4]. Это свидетельствует о слабом влагопереносе. Если расход продуктов сгорания в единицу времени при нормальных условиях (температуре $T_0 = 273,15K$,

давлении $p_0 = 101,325$ кПа) равен $V_r(1 + \alpha L_{st})$, где V_r – расход горючего, L_{st} – объемное стехиометрическое соотношение окислитель-горючее, α – коэффициент избытка окислителя, то:

$$\Omega_{П\Sigma} = V_r (1 + \alpha L_{st}) \bar{\tau} \theta h_1 f_3 \Phi,$$

где $\bar{\tau}$ – среднее время пребывания пузырей в кольцевом пространстве эрлифта; $\theta = (\bar{T}_{ж} + \Delta T)/T_0$ – поправка к объему газовой фазы с учетом среднего на участке теплообмена температурного напора (газовый пузырь-жидкость) ΔT и средней температуры жидкости $\bar{T}_{ж}$ для выпарных аппаратов с отклонениями не более 1–3%, $\theta = 1,1 + \Delta T/T_0$;

$$\Phi = P_0^{-1} \left[P_0 + h_i^{-1} \cdot \int_0^{h_i} [g \cdot \rho_{см}(h) h + \Delta p_n(h) dh] \right] - \text{ поправка}$$

к объему газовой фазы с учетом среднего времени пребывания газовых пузырей в эрлифте; p_0 , Δp_n – соответственно барометрическое давление и избыточное давление в пузыре диаметром d_n . В соответствии с уравнением Лапласа $\Delta p_n = 4\sigma/d_n$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения. Продукты сгорания в газовом пузыре подчиняются уравнению состояния идеального газа [5].

На основе теоретического анализа и экспериментов (Института технической теплофизики – ИТТФ АН Украины) доказано, что разгонный участок для всплывающих пузырьков ничтожно мал. При практических расчетах можно полагать, что пузырьки диаметром $d_n = 2,8-8,5$ мм с момента отрыва от сопла (от начала образования) движутся со скоростью $W = \text{const}$. Начиная с $d_n \approx 5$ мм, W перестает зависеть от d_n , стабилизируясь на уровне 25–27 см/с.

В условиях барботажного режима при массовом барботаже, когда пузыри имеют форму сплюсненного эллипсоида, скорость их подъема $u(h)$ зависит от физических свойств жидкости и газа, а для одиночных сферических пузырей мелкого и среднего размеров - от их диаметра.

Вместе с тем в указанных случаях скорость пузырей не зависит от тепловой мощности и не меняется по высоте жидкости [5]: $W(h) = u(h) = \text{idem} = u_0$. Тогда для АПГ абсолютный массовый поток циркулирующей жидкости:

$$m_{ж,i} = \mu_i \cdot f_{i\Sigma} \cdot \rho_{ж} \cdot \sqrt{\frac{2gh_1 V_r (1 + \alpha L_{st}) \cdot \theta}{f_3 u_0}}. \quad (5)$$

Если в первом приближении не учитывать связь θ с $V_r (1 + \alpha L_{st})$, то из (5) следует вывод о том, что вовлечение жидкости в движение и циркуляцию отстает от подачи газового потока, а способность последнего транспортировать жидкость не является автомодельной относительно потока продуктов сгорания:

$$T_{ж,i} = m_{ж,i} / \rho_{ж} V_r (1 + \alpha L_{st}) = \mu_i \cdot f_{i\Sigma} \cdot \sqrt{\frac{2gh_1 \theta}{[V_r (1 + \alpha L_{st})] f_3 u_0}}. \quad (6)$$

При этом $T_{ж} > 1$ уменьшается с ростом удельного (в единицу времени) расхода продуктов сгорания. Этим эрлифтные устройства, в частности для АПГ,

отличаются от эжекционных насосов, смесителей, горелок, которые обладают в случае несжимаемых сред практически не зависящей от расхода газа эжектирующей способностью.

Методика расчета.

Для определения суммарного массового потока вовлеченной в движение жидкости $m_{ж}$ и транспортирующей способности газового потока $T_{ж}$ применительно к рассматриваемому аппарату, следует просуммировать соответствующие величины для i -х отметок:

$$m_{ж} = \sum_{(i)} m_{ж,i}; \quad T_{ж} = \sum_{(i)} T_{ж,i}.$$

Учитывая, что для АПГ эффективность топливоиспользования и энергетический КПД, как и удельная (на единицу объема горючего) низшая теплота сгорания, практически не зависят от α , целесообразно транспортирующую способность отнести к единице тепловой мощности:

$$T'_{ж} = m_{ж}/\rho_{ж} \cdot V_{г} Q_{H}^p, \quad (7)$$

где Q_{H}^p - удельная низшая теплота сгорания.

Пологая, что $m_{ж} = m_{ж}^0$ в момент достижения давления в камере сгорания, равного $\rho_{ж} g h_1$ при подаче газового потока $V_{г} = V_{г}^0$; $\alpha = \alpha^0 = 1$; $L_{st} = L_{st}^0 = 9,52$; $Q_{H}^p = (Q_{H}^p)^0 = 35,6$ КДж/м³ (горючее - природный газ), присвоив для этого случая определяющим параметрам индекс "0", то изменение упомянутых режимных факторов ($V_{г}$, α , L_{st}) вызывает изменение вовлеченной в движение массы жидкости в соответствии с выражением:

$$\overline{m_{ж}} = \frac{m_{ж}}{m_{ж}^0} = \sqrt{V_{г} \cdot (1 + \alpha L_{st}) \cdot \overline{\theta}}, \quad (8)$$

и транспортирующей способности по зависимостям:

$$\overline{T_{ж}} = \frac{T_{ж}}{T_{ж}^0} = \sqrt{\overline{\theta} \cdot [V_{г} \cdot (1 + \alpha L_{st})]^{-1}}, \quad (9)$$

$$\overline{T'_{ж}} = \frac{T'_{ж}}{(T'_{ж})^0} = (Q_{H}^p)^{-1} \sqrt{\overline{\theta} \cdot (1 + \alpha L_{st}) \cdot \overline{V_{г}}^{-1}}, \quad (10)$$

где $\overline{\theta} = \theta / \theta^0$; $\overline{V_{г}} = V_{г} / V_{г}^0$; $\overline{(1 + \alpha L_{st})} = (1 + \alpha L_{st}) / (1 + \alpha^0 L_{st}^0)$; $\overline{Q_{H}^p} = Q_{H}^p / (Q_{H}^p)^0$.

Покажем, что при $\alpha = idem$ в условиях фиксированного топлива ($L_{st} = idem$; $Q_{H}^p = idem$) значение θ практически не зависит от $V_{г}$.

Для определения среднего (арифметического, логарифмического) температурного напора ΔT в зависимости от $V_{г}$ воспользуемся результатами исследований ИТТФ – Института газа АН Украины по барботажу неизотермического газового потока в соответствии с которыми:

$$\begin{cases} \Delta T = V_{г} C_{pm} (T'_{nc} - T''_{nc}) / \alpha_F F \approx \chi_1 W_{nc} Q_B^p \alpha_F^{-1} F^{-1}; \\ \alpha_F = \chi_2 W_{пг}^{0,55}; \\ F = 0,66 s Re^{0,53} \Gamma^{0,4} = \chi_3 W_{пг}^{0,53}. \end{cases} \quad (11)$$

где C_{pm} – средняя теплоемкость единицы объема потока продуктов сгорания; α , F - коэффициент теплоотдачи и поверхность теплообмена (контакта фаз) в системе газовый пузырь-жидкость; $T'_{пг}, T''_{пг}$ – соответственно температуры газов на выходе из

камеры сгорания и в газовых пузырях, покидающих барботируемый объем жидкости (в пределе для выпарных аппаратов – температура точки росы); Re – число Рейнольдса для газового (продуктов сгорания) потока, отнесенное к размеру, который соответствует сечению $S=f$, для прохода газосодержащего потока (в данном случае кольцевого сечения между стенками камеры сгорания и циркуляционного стакана - эрлифтного устройства);

$W_{пг}$ – приведенная к сечению S скорость теплоносителя – потока продуктов сгорания; Γ – критерий гидродинамического сопротивления барботируемого слоя; χ_k – коэффициент пропорциональности ($k=1,2, \dots$).

По результатам экспериментальных исследований установлено, что температура продуктов сгорания вдоль оси камеры сгорания при фиксированном α незначительно зависит от тепловой мощности, в частности, при аппроксимации степенной зависимостью $T_{пг} - T''_{пг} = \chi_4 V_{г}^n = \chi_5 W_{пг}^n$ значение $n \approx 0,1-0,15$. Подставив степенные зависимости, связывающие $V_{г}$, $T'_{пг} - T''_{пг}$, α_F , F с $W_{пг}$, в системе уравнений (11), получим:

$$\Delta T = \chi_1 \chi_2^{-1} \chi_3^{-1} \chi_5 W_{пг}^{n-0,08} \approx const; \quad \theta \approx const, \quad (12)$$

т.е. в условиях поддержания коэффициента избытка воздуха температурный фактор практически не зависит от изменения тепловой мощности. С учетом сохранения значения θ при изменении потока продуктов сгорания неизменного состава существенно упрощаются выражения для $\overline{m_{ж}}$, $\overline{T_{ж}}$, $\overline{T'_{ж}}$:

$$\overline{m_{ж}} = \overline{V_{г}}^{0,5}; \quad \overline{T_{ж}} = \overline{V_{г}}^{-0,5}; \quad \overline{T'_{ж}} = \overline{V_{г}}^{-0,5} \quad (13)$$

Зависимость $\overline{m_{ж}}$, $\overline{T_{ж}}$, $\overline{T'_{ж}}$ от $\overline{V_{г}}$ при $\alpha = idem$, $L_{st} = idem$, $Q_{H}^p = idem$ представлена на рис. 2.

Анализ результатов исследований.

Из уравнений (8–10) и (7) следует, что в этом случае с увеличением расхода топлива на аппарат сокращается относительное (на единицу тепловой мощности АПГ) количество циркулирующей жидкости. Это ухудшает равномерность нагрева жидкости в ванне и ослабляет охлаждение камеры сгорания. Для сохранения $T'_{ж} = idem$ в данном АПГ, работающем на определенном топливе, необходимо поддерживать $h_1 \theta (1 + \alpha L_{st}) V_{г}^{-1} = idem$, т.е. глубина затопления должна меняться пропорционально $V_{г}$. Такой же эффект может быть достигнут за счет повышения значения α по мере роста $V_{г}$, что было подтверждено экспериментально (рис. 2). В связи со сложностью поддержания требуемой транспортирующей способности несущего газового потока в широком диапазоне режимных параметров и повышенными гидравлическими сопротивлениями на его подачу были предложены конструкции контактных выпарных аппаратов, где циркуляционное движение жидкости, порождаемое подачей продуктов сгорания (естественная циркуляция), сочетается с вынужденным движением выпариваемой жидкости [5]. В целом физическая модель рассматриваемого явления представляется следующим образом.

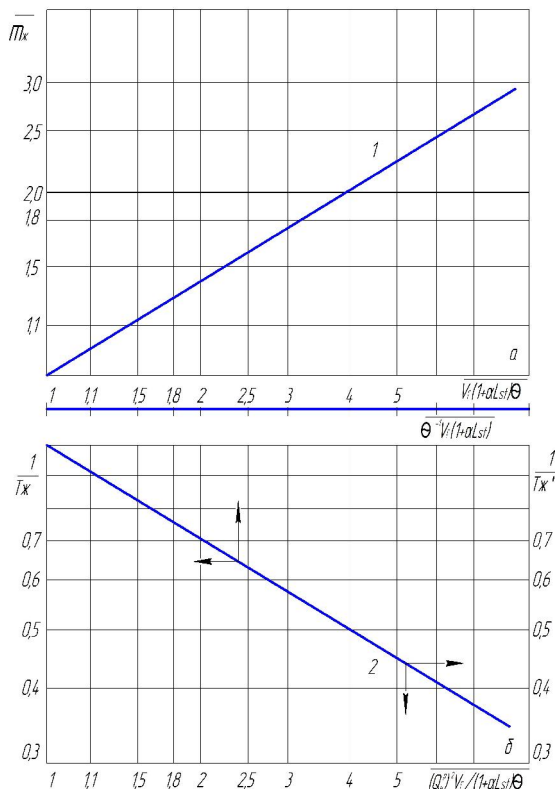


Рис. 2. Зависимость относительного количества жидкости, вовлеченной в движение, $m_{ж}$ (а) и транспортирующей способности $T_{ж}$ и $T'_{ж}$ от относительного расхода горячего газа, подаваемого в АПГ: прямые: 1 – по уравнению (8); 2 – по уравнениям (9) и (10).

Барботаж продуктов сгорания через слой жидкости высотой h_1 в кольцевом пространстве эрлифта сечением f_3 начинается при избыточном давлении в камере сгорания $\Delta P_k \geq h_1 g \rho_{ж}$. При этом начинает падать плотность среды в слое h_1 и возникает эрлифтный эффект – подсос жидкости извне в циркуляционную трубу. Одновременно уровень смеси в кольцевом канале может подняться до уровня $h'_1 \leq h_1 \rho_{ж} / \rho_{см}$. Падение противодействия в кольцевом пространстве ($h'_1 g \rho_{см} \leq h_1 g \rho_{ж}$) приводит к подъему жидкости из входных отверстий стакана, в том числе внутрь камеры сгорания. При этом может быть перекрыт выход продуктов сгорания из камеры, сопровождающийся прекращением эрлифтного эффекта, увеличением противодействия в кольцевом сечении эрлифта и последующим увеличением давления ΔP_k . После этого процесс повторяется

сначала. Такая колебательная природа работы эрлифта подтверждается интенсивными (до 2 кПа) пульсациями давления ΔP_k с частотой менее 1 Гц при $\Delta P_k > h_1 g \rho_{ж}$ после наступления активного процесса барботажа и эрлифтного эффекта. При $\Delta P_k < h_1 g \rho_{ж}$ пульсации давления ΔP_k незначительны (до 0,2 кПа).

Кроме того, при замерах температуры продуктов сгорания в камере сгорания отмечаются вблизи стенок нижних участков резкие низкочастотные (менее 1 Гц) изменения: от температуры ниже температуры воспламенения до высоких значений, превышающих 1400–1600К; предельные зафиксированные колебания 400–1650К.

Выводы.

На основе комплексных исследований установлено, что с увеличением объема продуктов сгорания в АПГ абсолютное количество вовлекаемой в движение жидкости возрастает, а относительная транспортирующая эрлифтная способность понижается. На этой основе предложено для интенсификации теплопереноса в АПГ применение многократной инверсии и модуляции колебаний контактирующих фаз.

Список литературы: 1. Перцев, Л.П. Аппараты погружного горения – эффективный вид тепломеханического оборудования. [Текст] / Л.П. Перцев, В.А. Гусев // Химическое и нефтяное машиностроение. 1988. – № 10. – С. 4. 2. Справочник по теплообменникам. Т.2, разд. 5.3.4. [Текст] / М.: Энергоатомиздат. 1987. – С. 308–313. 3. Гусев, В.А. Применение парогазовых смесей для очистки и обезвреживания поверхностей резервуаров и трубопроводов. [Текст] / В.А. Гусев // Химическое и нефтяное машиностроение. 1988. – № 10, – С. 7–9. 4. Сорока, Б.С. Аппараты погружного горения для эффективного контактного нагрева жидкостей. / Б.С. Сорока, А.С. Лукьянчиков, В.Е. Никольский, В.Ю. Никитин // Обзор информ. ВНИИЭ Газпром, серия Использование газа в народном хозяйстве. – М.: 1989. – вып. 1. – С. 56. 5. Рабинер, Ю.М. Повышение эффективности процесса выпаривания последрозжжевой мелассной барды спиртовых заводов. [Текст] / Ю.М. Рабинер // Автореферат диссертации канд. техн. наук. – М.: МГИПП. 1988. – 25 с.

Bibliography (transliterated): 1. Percev, L.P. Apparaty pogruzhnogo gorenija – jeffektivnyj vid teplohimicheskogo oborudovanija. [Tekst] / L.P. Percev, V.A. Gusev // Himicheskoe i nefthjanoe mashinostroenie. 1988. – № 10. – P. 4. 2. Spravochnik po teploobmennikam. T.2, razd. 5.3.4. [Tekst] / M.: Jenergoatomizdat. 1987. – P. 308–313. 3. Gusev, V.A. Primenenie parogazovyh smesej dlja oчитskij i obezvezhivanija poverhnostej rezervuarov i truboprovodov. [Tekst] / V.A. Gusev // Himicheskoe i nefthjanoe mashinostroenie. 1988. – № 10, – P. 7–9. 4. Soroka, B.S. Apparaty pogruzhnogo gorenija dlja jeffektivnogo kontaktnogo nagreva zhidkostej. / B.S. Soroka, A.S. Luk'janchikov, V.E. Nikol'skij, V.Ju. Nikitin // Obzor inform. VNIIE Gazprom, serija «Isпол'zovanie gaza v narodnom hozjajstve». – M.: 1989. – vyp. 1. – P. 56. 5. Rabiner, Ju.M. Povyshenie jeffektivnosti processa vyparivanija posledrozzhzhevoj melassnoj bardy spirtovyh zavodov. [Tekst] / Ju.M. Rabiner // Avtoreferat dissertacii kand. tehn. nauk. – M.: MGIPP. 1988. – 25 p.

Надійшла (received) 10.11.2015

Сведения об авторах /About the Authors

Никольский Валерий Евгениевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики, Государственное высшее учебное заведение «Украинский химико-технологический университет», тел. +380967403641 e-mail: vnikolsl@mail.ru

Valery Nikolsky –Candidate of technical Science, Docent,Department of Energetic, State Higher Education Establishment “Ukrainian State Chemical-Technology University”, tel.: (096) 740-36-41, e-mail: vnikolsl@mail.ru

Лободенко Антонина Викторовна – кандидат технических наук, ассистент кафедры машиностроения и инженерной механики, Государственное высшее учебное заведение «Украинский химико-технологический университет»,тел. +380969875775, e-mail: antonina.lobodenko@vandex.ru

Lobodenko Antonina Victorovna – Candidate of technical Science, Assistant of Machine-building and Mechanical Engineering Department, State Higher Education Establishment “Ukrainian State Chemical-Technology University”, tel.: (096) 987-57-75,e-mail: antonina.lobodenko@vandex.ru

Решетняк Ирина Леонидовна – кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики, Государственное высшее учебное заведение «Украинский химико-технологический университет», тел. +380973936843, e-mail: ireshl@mail.ru

Reshetnyak Iryna Leonidovna Docent, Candidate of technical Science,Department of Energetic, State Higher Education Establishment “Ukrainian State Chemical-Technology University”, tel.: (097) 393-68-43, e-mail: ireshl@mail.ru

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів

№ 44 (1153) 2015

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – 124 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ № 5256 від 2 липня 2001 року

Мова статей – українська, російська, англійська.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України (**голова**);

К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);

А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;

Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;

Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;

В. В. СПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;

П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;

С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.;

Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.; О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;

В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.; П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.;

В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.;

В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.; Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.;

Ю. В. ТИМОФІЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Л.М. Улев, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: С.І. Бухкало, канд. техн. наук, проф.

Члени редколегії: М.І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; Ф.Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.;

М.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.; В.І. Мілих, д-р техн. наук, проф.;

О.В. Григоров, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.;

І.Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; С.І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.;

О.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; О.В. Єфімов, д-р техн. наук, проф.;

А.Г. Гурін, д-р техн. наук, проф.; В.І. Ткачук, д-р техн. наук, проф.;

П.О. Капустенко, канд. техн. наук, проф.; О.П. Арсеньєва, д-р техн. наук, проф.;

М.І. Сатаєв, д-р техн. наук, чл.-кор. АН РК; Й. Клемеш, Phd, проф. ун-ту Паннонія, м. Веспрем;

П. Стехлик, Phd, проф., директор Інституту інженерної технології і захисту навколишнього середовища Технологічного університету, професор VUT Брно, Чехія

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № 11 від 25 грудня 2015 р.

УДК 697.329

И. А. БОДНАРЬ, А. Е. ДЕНИСОВА, С.И.БУХКАЛО**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК**

Одним из основных направлений совершенствования систем теплоснабжения является тенденция перехода на низкотемпературные системы отопления на основе применения теплонасосных установок. Предложены системы теплоснабжения с источником тепла грунтовых вод, которые обеспечивают эффективное использование теплонасосных установок. Предложены их методики расчета. Получены расчетные значения глубин скважин H_0 , необходимые для обеспечения эффективной работы предложенных схем, а также значений мощностей электродвигателей $N_{скв}$ насосов, перекачивающих грунтовую воду к теплонасосной установке. Приведены расчетные значения электрической энергии N , потребляемой приводом компрессоров, и коэффициента преобразования тепла μ систем теплоснабжения с источником геотермального тепла грунтовых вод города Одессы, позволяющих оценить эффективность применения предложенных систем на основе применения теплонасосных установок.

Ключевые слова: фреон, теплонасосная установка, глубина скважины, грунтовая вода, энергетическая эффективность, теплый пол.

Введение.

В связи с исчерпанием энергоресурсов нашей планеты, наблюдается дефицит и значительное удорожание органического топлива [1]. В отличие от ископаемых видов топлив нетрадиционная геотермальная энергия не ограничена своими накопленными запасами. Поэтому необходимо развивать и использовать энергосберегающие технологии с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для достижения получения чистого экологического тепла. К таким технологиям относится и использование низкотемпературного тепла грунтовых вод на основе применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения [2].

Грунтовые воды как источник низкотемпературного тепла целесообразно использовать в тех районах, где они оказывают неблагоприятное воздействие на населенные пункты в связи с их подтоплением. Это особенно актуально в зимне-весенний период, когда грунтовые воды циркулируют вблизи поверхности земли. В этот же период наблюдается и дефицит тепловой энергии для систем теплоснабжения. Поэтому актуально в таких населенных пунктах производить отвод грунтовых вод, которые могут быть использованы в качестве низкопотенциального источника тепла для систем теплоснабжения на основе применения ТНУ.

Цель. Исследование энергетической эффективности рассмотренных систем теплоснабжения с одноступенчатой ТНУ и двухступенчатой ТНУ с использованием экологически безопасного фреона R152a с источником низкотемпературного тепла грунтовых вод в интервале температур для г. Одессы $t_{н1} = 4...12$ °С [3] с нагревательными приборами – радиаторами и «теплым полом» для полного покрытия тепловой нагрузки на отопление при температуре наружного воздуха $t_0 = -18$ °С. Анализ значений мощностей электродвигателей $N_{скв}$ насосов, перекачивающих грунтовую воду к теплонасосной установке, в зависимости от глубин заборных скважин, необходимых для обеспечения эффективной работы предложенных систем.

Анализ схем ТНУ для систем теплоснабжения с источником тепла грунтовых вод.

В работе предложена перспективная принципиальная схема двухступенчатой теплонасосной установки (рис. 1), которую целесообразно применять для систем теплоснабжения с источником теплоты низкого потенциала грунтовой воды для г. Одессы, принцип действия которой заключается в следующем. Вода из отопительной тепловой установки 9 поступает в сетевой насос 8, который подает ее для подогрева в конденсаторы 7 и 6, которые включены последовательно по сетевой воде. Благодаря отделению в конденсаторах зоны охлаждения перегретого пара от зоны конденсации и организации противоточного движения рабочего агента и нагреваемой воды удастся повысить температуру нагретой воды на выходе из конденсатора и снизить потерю эксергии от необратимого теплообмена.

В конденсаторе нижней ступени 7 вода нагревается от температуры $t_{в1}$ до некоторой промежуточной температуры $t_{п}$. Затем вода поступает в конденсатор второй ступени 6 и нагревается в нем до температуры $t_{в2}$. Тепло низкого потенциала грунтовых вод передается в испарителе 3 кипящему рабочему агенту, пар которого при давлении P_0 поступает в компрессор 1 нижней ступени, где сжимается до давления $P_{п}$, после чего разделяется на два потока.

Один поток поступает в конденсатор 7, где в процессе отдачи тепла нагреваемой воде конденсируется, другой – в компрессор 2 верхней ступени, где сжимается, до давления $P_{к}$, после чего поступает в конденсатор 6, где нагревает теплоноситель от промежуточной температуры $t_{п}$ до температуры $t_{в2}$. Затем конденсат рабочего агента через дроссельный вентиль 5 поступает в конденсатор 7, а суммарный поток конденсата из конденсатора 7 через дроссельный вентиль 4 подается в испаритель.

Для дальнейшего сравнения энергетической эффективности двухступенчатой ТНУ представлена схема отопления на базе одноступенчатой ТНУ от

источника грунтовых вод земли (рис. 2), в которой низкотемпературный источник тепла (грунтовая вода) отдает свое тепло фреону в испарителе 2, вследствие чего тот закипает, пар которого всасывается компрессором 1, где происходит его сжатие. Затем фреон подается в конденсатор 3, охлаждающийся водой, которая и будем

высокопотенциальным источником тепла, который подается в систему отопления 6, оснащенную сетевым насосом 5. Отдав свое тепло, пар фреона конденсируется и в состоянии жидкого хладагента через дроссельный вентиль 4, где его температура и давление падает, поступает обратно в испаритель.

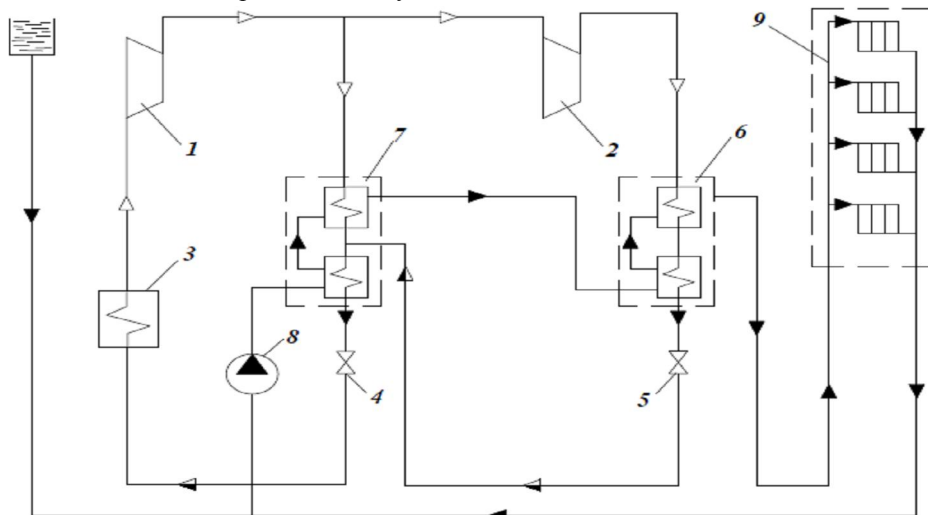


Рис. 1 – Принципиальная схема двухступенчатой ТНУ

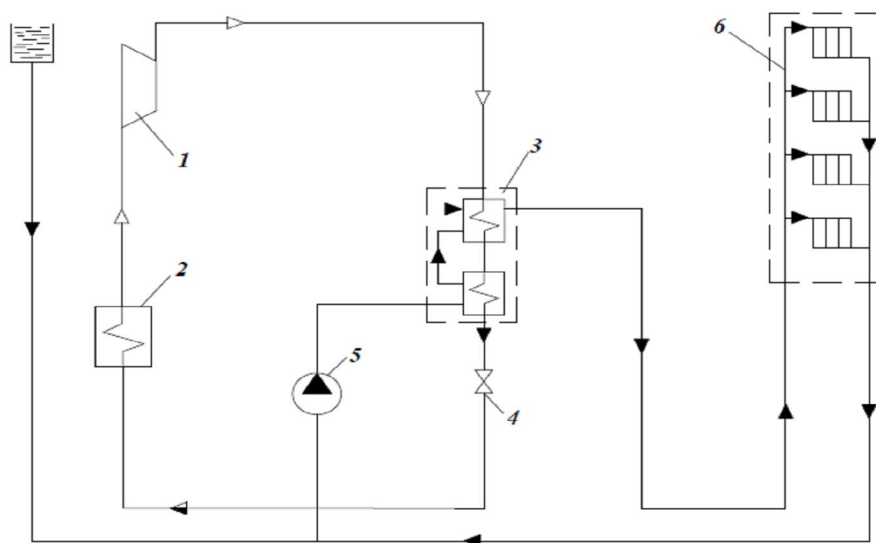


Рис. 2 – Принципиальная схема одноступенчатой ТНУ

Методика расчета ТНУ на базе низкотемпературного источника (грунтовой воды).

Для анализа энергетической эффективности схемы одноступенчатой ТНУ (рис.2) воспользуемся методикой [4], реализованной с помощью программы CoolPack в *p, h*-диаграмме (рис. 3, 4) [5].

Температура испарения фреона t_0 , по которой можно определить энтальпию h_1 и давление P_0 фреона после испарителя

$$t_{и} = t_{н2} - \Delta t_{и}, \tag{1}$$

где $t_{н2}$ —температура низкотемпературного источника тепла, °С; $\Delta t_{и}$ —перепад температур на выходе из испарителя, К.

Температура конденсации фреона t_k , по которой можно определить энтальпию h_3 и давление P_k фреона после конденсатора

$$t_k = t_{в2} + \Delta t_k, \tag{2}$$

где $t_{в2}$ —температура высокопотенциального источника тепла на выходе из конденсатора, °С; Δt_k —перепад температур на выходе из конденсатора, К.

Адиабатный КПД компрессора

$$\eta_a = 0,98(273 + t_0)/(273 + t_k), \tag{3}$$

где t_0 —температура наружного воздуха, °С.

Энтальпия фреона после компрессора

$$h_2 = h_1 + (h_{2a} - h_1)/\eta_a, \tag{4}$$

где h_{2a} —энтальпия фреона после конца адиабатного сжатия, кДж/кг.

Удельная тепловая нагрузка конденсатора
 $q_k = h_2 - h_3$, кДж/кг (5)

Удельная тепловая нагрузка ТНУ
 $q_{тн} = q_k$, кДж/кг (6)

Работа сжатия в компрессоре
 $l_{сж} = h_2 - h_1$, кДж/кг (7)

Удельная энергия, потребляемая электродвигателем
 $W = l_{сж} / (\eta_{э.м} \eta_э)$, кДж/кг (8)

где $\eta_{э.м.}$ —электромеханический КПД компрессора;

$\eta_э.$ —КПД электродвигателя.
 Коэффициент преобразования теплоты
 $\mu = q_{тн} / l_{сж}$ (9)

Массовый расход фреона
 $G_{ха} = Q_{тн} / q_{тн}$, кг/с (10)

где $Q_{тн}$ —тепловая нагрузка ТНУ, кВт.
 Потребление электрической энергии на привод компрессора
 $N = W \cdot G_{ха}$, кВт (11)

Для анализа эффективности применения двухступенчатой ТНУ (рис. 1) воспользуемся следующей методикой [6].

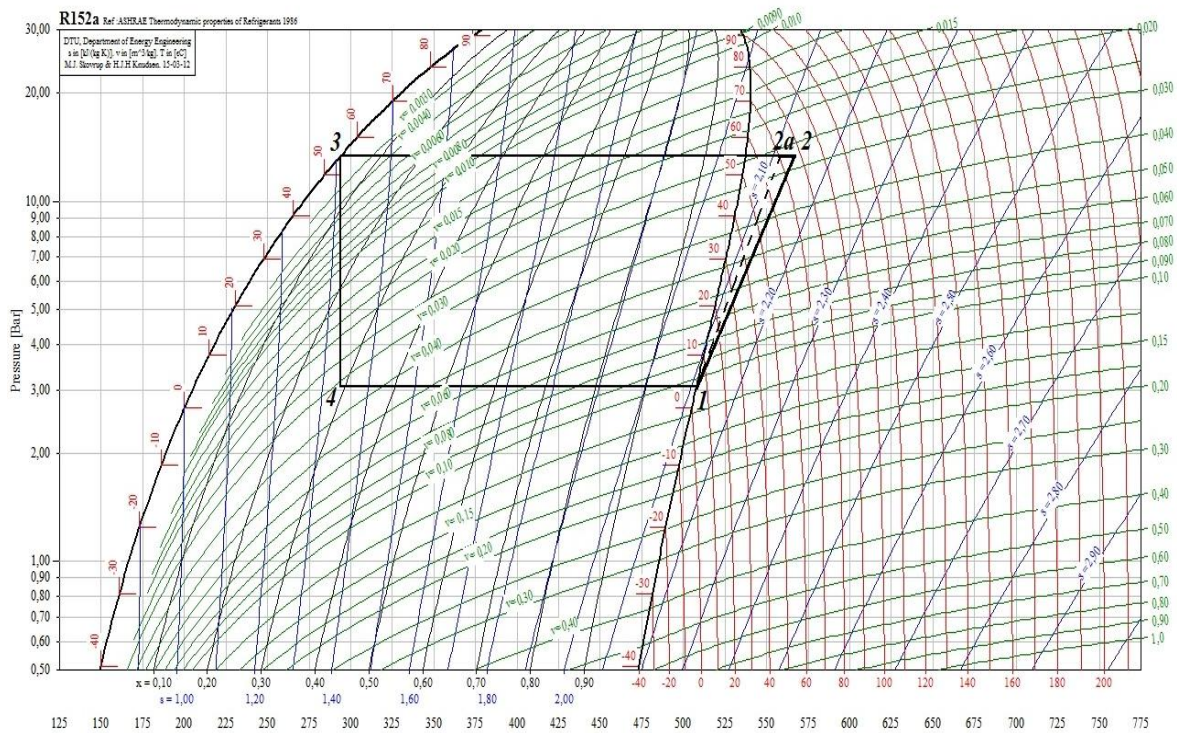


Рис. 3 – Цикл одноступенчатой ТНУ с источником тепла грунтовой воды $t_{н1} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ для систем теплоснабжения с напольным отоплением при $t_0 = -18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Промежуточное давление сжатия
 $P_{п} = (P_{и} \cdot P_{к})^{1/2}$ (12)

При расчете двухступенчатой ТНУ расходы фреона в контурах низкого $G_{ха.низ.}$ и высокого давления $G_{ха.выс.}$ определяются из условия энергетического баланса

$G_{ха.низ.} (h_4 - h_9) = G_{ха.выс.} (h_4 - h_8)$ (13)

где h_4, h_8, h_9 —энтальпии в рабочих точках процесса 4, 8, 9, кДж/кг (рис. 4)

Откуда вытекает отношение расхода фреона в контуре высокого давления $G_{ха.выс.}$ к расходу в контуре низкого давления $G_{ха.низ.}$

$G_{ха.выс.} / G_{ха.низ.} = (h_4 - h_9) / (h_4 - h_8) = (1 + \delta) / 1$ (14)

где δ —доля пара фреона из конденсатора 1-й ступени по отношению к пару из 1-й ступени компрессора.

Энтальпия пара фреона, поступающего во 2-ю ступень компрессора высокого давления

$h_3 = (h_2 + \delta \cdot h_4) / (1 + \delta)$, кДж/кг (15)

где h_2 —энтальпия фреона после 1-й ступени компрессора, кДж/кг

Расход фреона в контуре высокого давления

$G_{ха.выс.} = Q_{тн} / (h_5 - h_7)$, кг/с (16)

где h_5 —энтальпия фреона после 2-й ступени компрессора, кДж/кг

Расход фреона в контуре низкого давления

$G_{ха.низ.} = G_{ха.выс.} / (1 + \delta)$, кг/с (17)

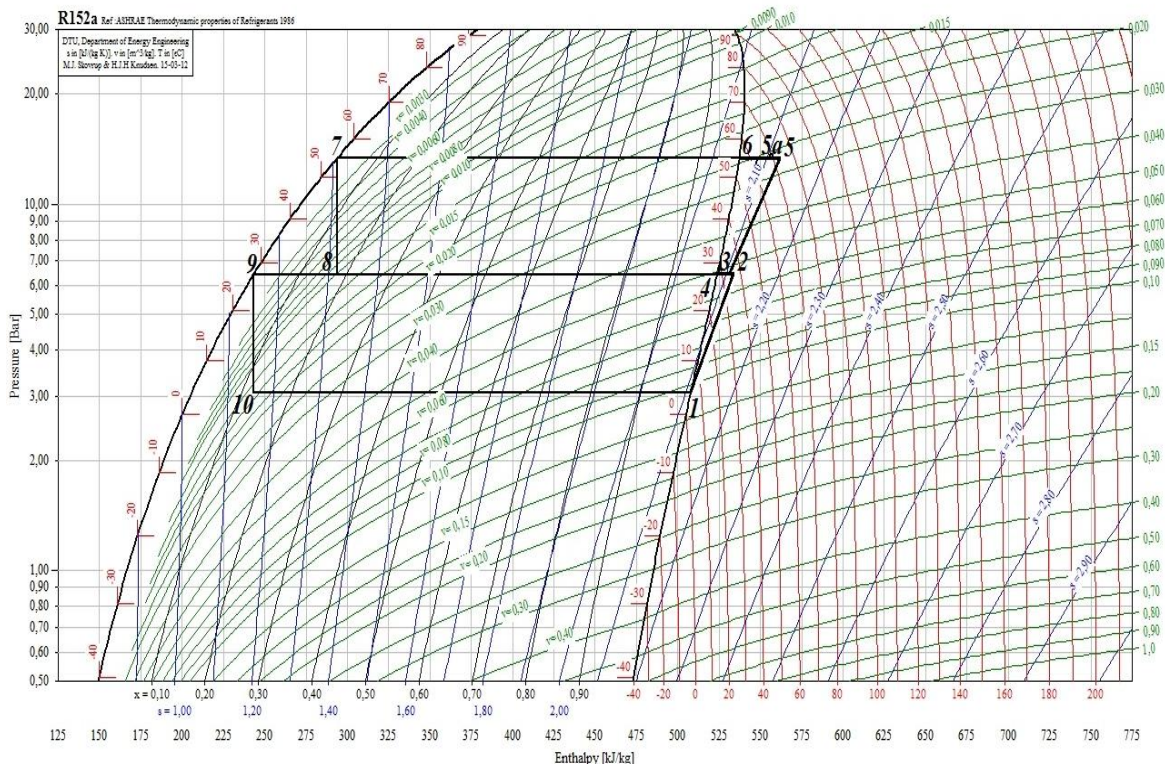


Рис. 4 – Цикл двухступенчатой ТНУ с источником тепла грунтовой воды $t_{н1} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ для систем теплоснабжения с напольным отоплением при $t_0 = -18 \text{ }^\circ\text{C}$

Потребление механической энергии на привод компрессора 1-й и 2-й ступени

$$N_{\text{м}\Sigma} = G_{\text{ха выс.}}(h_5 - h_3) + G_{\text{ха низ.}}(h_2 - h_1), \text{кВт} \quad (18)$$

Потребление электрической энергии на привод компрессора

$$N = N_{\text{м}\Sigma} / \eta_{\text{э.м}}, \text{кВт} \quad (19)$$

Коэффициент преобразования теплоты

$$\mu = Q_{\text{тн}} / N \quad (20)$$

На рис. 5 представлена схема притока грунтовой воды к вертикальной скважине. Такая скважина должна быть обеспечена специальным откачивающим насосом, предназначенным для подачи грунтовой воды к испарителю ТНУ.

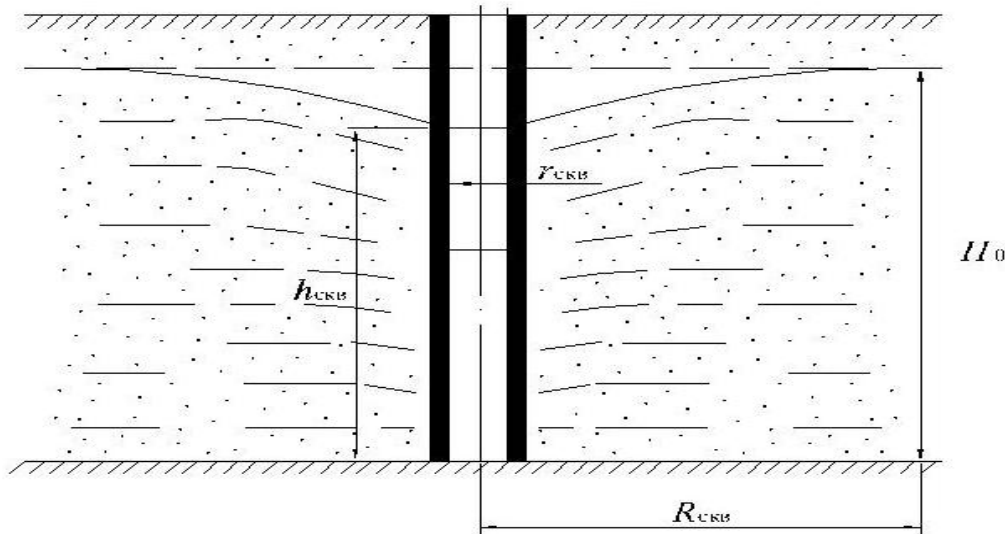


Рис. 5 – Схема притока грунтовой воды к вертикальной заборной скважине

Поступление грунтовой воды по радиальным направлениям в скважину происходит через водопроницаемые по всей высоте стенки. Мощность безнапорного водоносного пласта равна H_0 . На такой высоте от водоупора при отсутствии откачки устанавливается горизонтальный естественный уровень грунтовых вод и до начала откачки движения грунтовых вод нет. После начала откачки уровень грунтовых вод в скважине и вокруг нее в грунте начинает понижаться, а свободная поверхность примет форму, называемую депрессионной воронкой [7].

Объемный расход грунтовой воды, $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_B = 1,36 \cdot k(H_0^2 - h_{\text{СКВ}}^2) / \lg(R_{\text{СКВ}} / r_{\text{СКВ}}) \quad (21)$$

где k – коэффициент фильтрации, $\text{м}/\text{с}$;

H_0 – глубина скважины относительно естественного уровня грунтовых вод, м ;

$r_{\text{СКВ}}$ – радиус скважины;

$R_{\text{СКВ}}$ – радиус влияния скважины.

Тепловая мощность, отбираемая от потока грунтовой воды в испарителе теплового насоса

$$Q_0 = G_B c_p \Delta t, \text{ кВт} \quad (22)$$

где c_p – теплоемкость грунтовой воды, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

Δt – разность между температурой грунтовой воды на входе и выходе из испарителя, К

G_B – массовый расход грунтовой воды, $\text{кг}/\text{с}$

$$G_B = V_B \rho_B \quad (23)$$

Тепловая мощность испарителя одноступенчатой схемы ТНУ

$$Q_0 = G_{\text{ха}} (h_1 - h_4), \text{ кВт} \quad (24)$$

Тепловая мощность испарителя двухступенчатой схемы ТНУ

$$Q_0 = G_{\text{ха низ}} (h_1 - h_{10}), \text{ кВт} \quad (25)$$

Мощность электродвигателя насоса, откачивающего грунтовую воду из скважины и обеспечивающий нужный напор для подачи воды в испаритель

$$N_{\text{СКВ}} = V_B \Delta P / (1000 \eta_k), \text{ кВт} \quad (26)$$

где ΔP – перепад давления, соответствующий H_0 , Па ;

η_k – КПД электродвигателя насоса откачивающего грунтовую воду.

Для расчета энергетической эффективности рассматриваемых схем ТНУ для систем теплоснабжения г. Одессы были приняты следующие исходные данные для систем теплоснабжения с отопительными приборами радиаторами температурный график системы отопления $95-50^\circ\text{C}$ со срезкой на 80°C , для систем теплоснабжения с напольным отоплением температурный график системы отопления $50-45^\circ\text{C}$.

температура грунтовой воды на входе в испаритель ТНУ $t_{\text{н1}} = 4 \dots 12^\circ\text{C}$;

– температура грунтовой воды на выходе из испарителя ТНУ $t_{\text{н2}} = 1 \dots 9^\circ\text{C}$;

– перепады температур на выходе из теплообменников $\Delta t_{\text{н}} = 5 \text{ К}$, $\Delta t_{\text{к}} = 5 \text{ К}$;

– электромеханический КПД компрессора $\eta_{\text{э.м.}} = 0,95$;

– тепловая нагрузка ТНУ $Q_{\text{тн}} = 500 \text{ кВт}$;

– температура наружного воздуха $t_0 = -18^\circ\text{C}$.

Для анализа энергетической эффективности применения рассматриваемых схем ТНУ для систем теплоснабжения г. Одессы с внутримодовой системой отопления с отопительными приборами – радиаторами и напольным отоплением с использованием в качестве низкотемпературного источника тепла грунтовые воды при прочих равных условиях были получены следующие величины (рис. 6, 7).

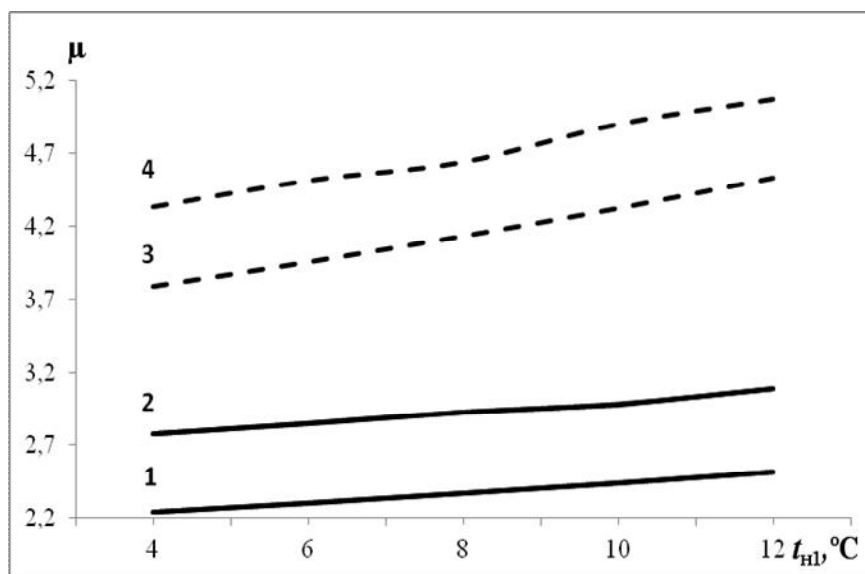


Рис. 6 – Зависимость коэффициента преобразования теплоты μ от температуры грунтовой воды на входе в испаритель $t_{\text{н1}}$: 1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением

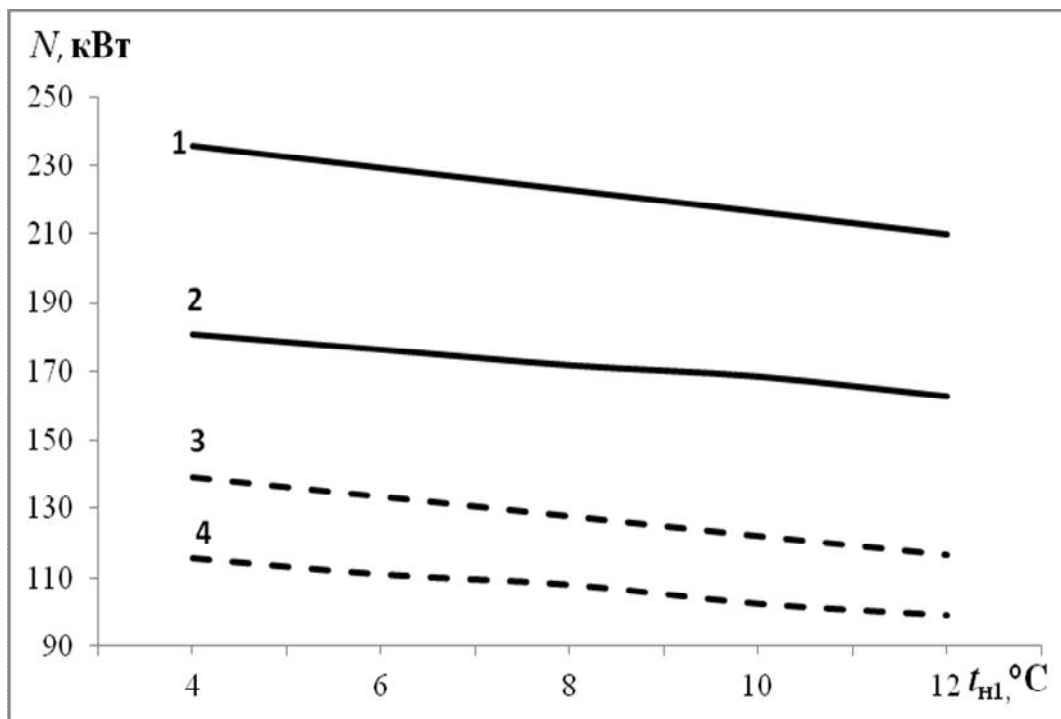


Рис. 7 – Зависимость потребления электрической энергии N от температуры грунтовой воды на входе в испаритель $t_{гв}$: 1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением

В качестве холодильного агента был использован экологически безопасный фреон R152a, который целесообразно применять для повышения эффективности ТНУ за счет его теплофизических свойств [8].

Для поддержания необходимой тепловой мощности испарителя ТНУ и экономии электроэнергии, затрачиваемой на откачку грунтовой

воды насосами из заборных скважин необходим подход к их рациональному размещению [9, 10].

Так в табл. 1 приведены значения необходимых глубин скважин H_0 , обеспечивающих необходимый объемный расход воды, поступающей в испаритель ТНУ, а также суммарные мощности электродвигателей насосов, которые перекачивают грунтовую воду.

Таблица 1 – Показатели в зависимости от температуры грунтовой воды

n, скв.	ТНУ	Показатели	Температура воды на входе в испаритель $t_{гв}$, °C				
			4	6	8	10	12
Одна заборная скважина	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
	1	H_0 , м	214	216	219	221	223
	2	H_0 , м	233	235	236	237	239
	3	H_0 , м	247	249	250	252	254
	4	H_0 , м	254	256	256	258	259
Две заборные скважины	1	$N_{скв}$, кВт	55,5	57,3	59,2	61,1	63,0
	2	$N_{скв}$, кВт	71,9	73,3	74,7	75,7	77,5
	3	$N_{скв}$, кВт	85,1	87,0	88,9	90,8	92,7
	4	$N_{скв}$, кВт	92,9	94,5	95,5	97,5	98,7
	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
	1	H_0 , м	151	153	155	156	158
	2	H_0 , м	165	166	167	168	169
	3	H_0 , м	174	176	177	178	180
	4	H_0 , м	180	181	181	183	183

	1	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	39,2	40,5	41,9	43,2	44,5
	2	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	50,8	51,8	52,8	53,5	54,8
	3	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	60,2	61,5	62,9	64,2	65,6
	4	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	65,7	66,8	67,6	68,9	69,8
	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
Три заборные скважины	1	Q_0 , кВт	277,7	283,9	290,0	296,1	302,2
	2	Q_0 , кВт	330,0	334,3	338,7	341,7	347,2
	3	Q_0 , кВт	369,4	374,9	380,4	385,8	391,1
	4	Q_0 , кВт	391,7	396,1	399,0	404,5	407,7
	1	H_0 , м	124	125	126	128	129
	2	H_0 , м	135	136	136	137	138
	3	H_0 , м	142	144	145	146	147
	4	H_0 , м	147	148	148	149	150
	1	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	32,0	33,1	34,2	35,3	36,4
	2	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	41,5	42,3	43,1	43,7	44,8
	3	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	49,1	50,2	51,3	52,4	53,5
	4	$N_{\text{СКВ}}$, кВт	53,6	54,6	55,2	56,3	57,0

Примечание. Результаты расчетов выполнены при $k = 10^{-6}$ м/с (глина), $r_{\text{СКВ}} = 0,15$ м, $R_{\text{СКВ}} = 100$ м, $h_{\text{СКВ}} = 10$ м. (1 – одноступенчатая ТНУ с радиаторами; 2 – двухступенчатая ТНУ с радиаторами; 3 – одноступенчатая ТНУ с напольным отоплением; 4 – двухступенчатая ТНУ с напольным отоплением).

Анализ результатов расчета.

Анализ зависимостей (рис. 6) для систем теплоснабжения на основе применения ТНУ для г. Одессы показывает, что наиболее эффективной из рассмотренных схем является двухступенчатая ТНУ за счет меньшего потребления электрической энергии приводом компрессоров N (рис. 7).

Также повысить эффективность представленных ТНУ возможно путем изменения внутримодульной системы теплоснабжения на основе напольного отопления. Это достигается за счет меньшей температуры теплоносителя подаваемого во внутримодульную систему дома для достижения комфортных температурных режимов в помещениях, вследствие чего требуется меньшее потребление электроэнергии приводом компрессоров для полного сжатия фреона до его давления конденсации. Это связано с тем, что нагревательным элементом напольного отопления является вся поверхность пола, и теплоотдача при этом происходит с обширной поверхности с относительно менее низкой температурой.

Анализируя показатели (табл. 1) можно сделать вывод, что наиболее рациональным является для поддержания необходимой мощности испарителя рациональное размещение заборных скважин и их количество. В рассмотренном случае использование трех более меньших по глубине скважин по сравнению с одной заборной скважиной, позволяет сэкономить расход электроэнергии ориентировочно в 1,7 раз, что приведет к более быстрой окупаемости рассмотренных систем, хотя капитальные вложения на бурение скважин будут весьма значительными.

Выводы.

Таким образом, традиционное теплоснабжение можно заменить альтернативными методами на основе использования ТНУ.

Для повышения эффективности данных систем необходимо стремиться к уменьшению разности температур между низкотемпературным источником тепла и теплоносителем, подаваемым во внутримодульную систему отопления. А для уменьшения глубины бурения скважин, а следовательно и для экономии электрической энергии на откачку грунтовой воды, необходимо стремиться к увеличению площади поверхности испарителя для максимального охлаждения низкотемпературного источника тепла на выходе из него.

Список литературы: 1. *Badescu, V.* Economic Aspects of using Ground Thermal Energy for Passive House Heating / *V. Badescu.* Renewable Energy (2007). 32. P. 895–903. 2. *James E. Brumbaugh.* Audel HVAC Fundamentals, Volume 3: Air-conditioning, heat pumps, and distribution systems, all new 4th edition / *Brumbaugh James E.* – ISBN: 978-1-118-04649-4, 2011. – P. 696. 3. Температура грунта на различных глубинах. [Электронный ресурс]. URL : <http://neftya.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr> 4. *Боднарь И.А.* Анализ энергетической эффективности теплонасосных установок с использованием тепла грунтовых вод / *И.А. Боднарь, А.Е. Денисова, С.И. Бухало* // Вестник НТУ «ХПИ» № 16 (1059). – С. 36–44. 5. Пакет прикладных программ CoolPack 1.46: URL:http://www.xiron.ru/component/option.com_remository/Itemid,38/func.fileinfo/id,104/, URL : <http://en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx#>. 6. *Султангузин И.А.* Высокотемпературные тепловые насосы большой мощности для теплоснабжения / *И.А. Султангузин,*

А.А. Потапова [Электронный ресурс]. URL <http://alt.rkraft.ru/ru/kb/teplovye-nasosy.html>.

7. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для вузов. – В 2-х кн.: Кн. 2. 2-е изд., перераб. и доп. / Д.В. Штеренлихт – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 367 с. 8. Боднар' И.А. Применение озонобезопасных фреонов в теплонасосных установках с использованием тепла грунтовых вод / И.А. Боднар', А.Е. Денисова, С.И. Бухкало // Интегровані технології та енергозбереження [Текст] : зб. наук. та наук.-практ. ст. : щокв. наук.-практ. журн. № 2 / Нац. техн. ун-т «Харк. політех. ін-т». – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – С. 71–76. 9. Каминский А.В. Установка тепло и водоснабжения на базе грунтовых вод. / А.В. Каминский, А.С. Мазуренко, А.Е. Денисова // Электротехника и механика, 2006, № 1. – С. 9–12. 10. Каминский А.В. Использование грунтовых вод для отопления и водоснабжения / А.В. Каминский, А.Е. Денисова, А.С. Мазуренко // Экологические и ресурсосбережение, 2006, № 4. – С. 3–8.

Bibliography (transliterated): 1. Badescu, V. Economic Aspects of using Ground Thermal Energy for Passive House Heating / V. Badescu. Renewable Energy (2007). 32. P. 895–903. 2. James E. Brumbaugh. Audel HVAC Fundamentals, Volume 3: Air-conditioning, heat pumps, and distribution systems, all new 4th edition / Brumbaugh James E. – ISBN: 978-1-118-04649-4, 2011. – P. 696. 3. Temperatura grunta na razlichnyh glubinah. [Elektronnyj resurs]. URL : <http://neftya.ru/v-pomosch-rabotniku-gazovoy-promishlennosti/temperatura-grunta-v-s-na-razlichnich-glubinach-v-nekotorich-punktach-sssr> 4. Bodnar' I.A.

Analiz jenergeticheskoy jeffektivnosti teplonasosnyh ustanovok s ispol'zovaniem tepla gruntovyh vod / I.A. Bodnar', A.E. Denisova, S.I. Buhkalo // Vestnik NTU "HPI" № 16 (1059). – P. 36–44. 5. Paket prikladnyh programm CoolPack 1.46: URL:http://www.xiron.ru/component/option,com_remository/Itemid,38/func,fileinfo/id,104/, URL : <http://en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx#>. 6. Sultanguzin I.A. Vysokotemperaturnye teplovye nasosy bol'shoj moshhnosti dlja teplosnabzhenija / I.A. Sultanguzin, A.A. Potapova [Jelektronnyj resurs]. URL : <http://alt.rkraft.ru/ru/kb/teplovye-nasosy.html> 7. Shterenliht D.V. Gidravlika: ucheb. dlja vuzov. – V 2-h kn.: Kn. 2.2-e izd., pererab. i dop. / D.V. Shterenliht – М.: Jenergoatomizdat, 1991. – 367 p. 8. Bodnar' I.A. Primenenie ozonobezopasnyh freonov v teplonasosnyh ustanovkah s ispol'zovaniem tepla gruntovyh vod / I.A. Bodnar', A.E. Denisova, S.I. Buhkalo // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja [Tekst] : zb. nauk. ta nauk.-prakt. st. : shhokv. nauk.-prakt. zhurn. № 2 / Nac. tehn. un-t "Khark. politeh. in-t". – Kharkiv : KhPI, 2014. – P. 71–76. 9. Kaminskij A.V. Ustanovka teplo i vodosnabzhenija na baze gruntovyh vod. / A.V. Kaminskij, A.S. Mazurenko, A.E. Denisova // Jelektrotehnika i mehanika, 2006, № 1. – P. 9–12. 10. Kaminskij A.V. Ispol'zovanie gruntovyh vod dlja otoplenija i vodosnabzhenija / A.V. Kaminskij, A.E. Denisova, A.S. Mazurenko // Jekotehnologii i resursosberezhenie, 2006, № 4. – P. 3–8.

Поступила (received) 03.12.2015

Сведения об авторах /About the Authors

Боднар' Игорь Александрович – аспирант, кафедра тепловых электрических станций и энергосберегающих технологий, Одесский национальный политехнический университет; тел.: (048)7058591; e-mail: i.o.bodnar@ukr.net

Bodnar Igor Aleksandrovich – Post Graduate, Department of Thermal Power Plants and Energy Saving technologies, Odessa National Polytechnic University, tel.: (048)7058591; e-mail: i.o.bodnar@ukr.net

Денисова Алла Евсеевна – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой тепловых электрических станций и энергосберегающих технологий, Одесский национальный политехнический университет; тел.: (048)7058591; e-mail: alladenysova@gmail.com

Denysova Alla Evseevna – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of Department of Thermal Power Plants and Energy Saving technologies, Odessa National Polytechnic University; tel.: (048)7058591; e-mail: alladenysova@gmail.com

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 665.12

П. Ф. ПЕТИК, І. П. ПЕТИК, З. П. ФЕДЯКІНА, Л. М. ФІЛЕНКО,**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА НЕЙТРАЛІЗОВАНИХ ЖИРІВ В СИСТЕМІ ПОЛЯРНИХ РОЗЧИННИКІВ ТА ПЕРЕРОБКИ СОАПСТОКІВ**

Науково обґрунтовано та розроблено технологію лужної нейтралізації жирів в системі вода-гліцерин-етанол (ВГЕ). Запропоновано і обґрунтовано склад системи ВГЕ, що підвищує ефективність нейтралізації жирів в мильно-лужному середовищі. Знайдено технологічне рішення щодо застосування SOAP-пасток після нейтралізації жирів в системі ВГЕ. Запропоновано технологію і технологічну схему виробництва нейтралізованих жирів в системі ВГЕ та переробки отриманих SOAP-пасток.

Ключові слова: нейтралізація жирів у мильно-лужному середовищі, гліцерин, етанол, SOAP-пастки, рідке мило, ресурсо- та енергозощадження.

Постановка проблеми у загальному вигляді.

В теперішній час забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної олійно-жирової продукції на внутрішньому та зовнішніх ринках повинне бути реалізоване за рахунок наукоємного виробництва на основі впровадження інновацій, які забезпечують якісно новий ступінь розвитку технологій переробки жирів.

В традиційних способах рафінації жирів, які застосовуються в теперішній час в Україні, як то фізичні (відстоювання, центрифугування, фільтрування), хімічні (гідратація, лужна рафінація та ін.), фізико-хімічні (адсорбційне очищення, дезодорація та ін.) проводять багатостадійну обробку з використанням численних апаратів, які забезпечують зазначені технологічні процеси, при цьому витрачається великий обсяг енергоносіїв, утворюються значні втрати рослинного жиру. Крім того, вторинні продукти виробництва часто використовуються нерационально. Рафіновані жири містять значну кількість продуктів окислення (в основному, вторинних – альдегідів і кетонів), внаслідок чого мають недостатньо високу якість, що ускладнює їх імпорт. У зв'язку з цим інноваційним напрямком розвитку олійно-жирової галузі є підвищення якості олійно-жирової продукції, її термінів зберігання, зниження її вартості, і, таким чином, підвищення конкурентоспроможності на внутрішньому і світовому ринках.

Створення перспективного науково-обґрунтованого способу лужної нейтралізації жирів у мильно-лужному середовищі, який забезпечить максимально ефективно розділення фаз, мінімальні втрати нейтрального жиру і раціональну переробку вторинних продуктів, є актуальним науковим завданням. Техніка та технологія лужної рафінації олій і жирів постійно удосконалюється і розвивається. Для рафінації жирів та олій використовують різноманітні варіанти безперервних і періодичних схем [1]. Широко застосовуються різні технологічні варіанти даного процесу, що відрізняються апаратним оформленням, кількістю і концентрацією розчинів лугу, температурним режимом, концентрацією побічних продуктів процесу. До них відносять лужну рафінацію олій і жирів періодичним способом з водно-сольовою підкладкою, а з безперервних схем найбільшого поширення набули рафінація з розділенням фаз на сепараторах і рафіна-

ція в мильно-лужному середовищі [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження в напрямку удосконалення технології нейтралізації олій та жирів описано в роботах таких науковців як А.Г. Стеринчук, А.А. Ливинский, J. Stengros, A. S. Hodgson та інших.

В наших попередніх дослідженнях обґрунтовано і обрано компоненти системи селективних розчинників – вода, гліцерин і етанол (ВГЕ), досліджено вплив поверхнево-активних властивостей системи ВГЕ на процес нейтралізації жирних кислот, а також досліджено вплив густини системи ВГЕ на процес нейтралізації жирних кислот [4, 5].

Метою даної роботи є розробка ресурсозберігаючої технології рафінації рослинних жирів з використанням селективних розчинників – системи ВГЕ.

Функція етанолу у складі системи ВГЕ полягає у зниженні величини поверхневого натягу водної фази. Від величини поверхневого натягу системи ВГЕ залежать поверхнево-активні властивості нейтралізованих жирних кислот (мил). При низькому поверхневому натязі мила практично не виявляють поверхнево-активних властивостей. Завдяки цьому гідروفобна фаза (жир) не переходить до SOAP-пасток, і, таким чином, практично виключаються відходи продукту при нейтралізації.

В свою чергу, функція гліцерину полягає у збільшенні густини водної фази. Від величини густини основи залежить швидкість коалесценції крапель нейтралізованого жиру. При високій густині нейтралізований жир швидше коалесцює на поверхні мильно-лужної системи ВГЕ, і таким чином зменшується час нейтралізації та енерговитрати на розподіл фаз.

Результати дослідження.

Оцінено фізико-хімічні, поверхнево-активні та технологічні властивості одержаних SOAP-пасток – 20%-их розчинів натрієвих солей жирних кислот соняшникової, соєвої олій і пальмового оліїну в системі ВГЕ, а саме: в'язкість (рис. 1), стабільність піни (рис. 2), миючу здатність (рис. 3), адсорбційну здатність (рис. 4) у порівнянні зі зразками рідкого мила, виготовленого у відповідності до нормативної документації.

Соапстоки представляють собою однорідну прозору рідину, від світло-жовтого до світло-коричневого кольору (в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються). Запах – відповідний запаху мила з легким запахом спирту, в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються.

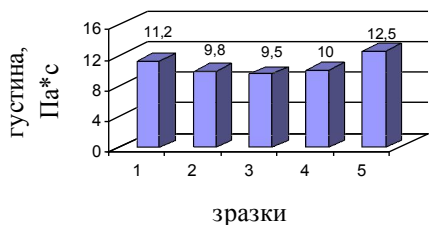


Рис. 1 – В'язкість соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

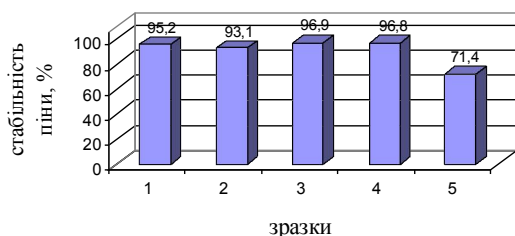


Рис. 2 – Стабільність пінки соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

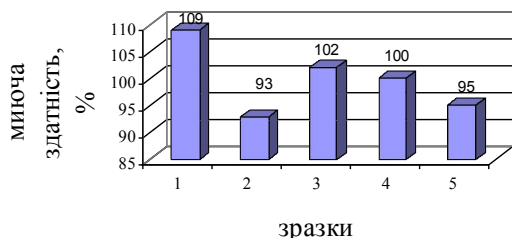


Рис. 3 – Миюча здатність соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

Поверхнево-активні властивості соапстоків олій та їх сумішей в системі ВГЕ знаходяться на рівні, а іноді навіть перевищують властивостей рідких мил ряду торгових марок. Так, в'язкість отриманих соапстоків знаходиться в межах 9,0–11,2 Па·с, що практично збігається з в'язкістю рідких миючих засобів (10,0–12,5 Па·с), яка задовольняє сучасним тенденціям споживчих побажань до їх консистенції. Стабільність пінки та миюча здатність соапстоків практично збігається з аналогічними показниками рідкого мила, а в деяких випадках перевищує їх. Адсорбційна здатність отриманих соапстоків знаходиться в межах 0,140–0,235 кг·м²/год, що в 25–40 разів перевищує даний показник для рідкого мила (5,70–6,30), це

означає більшу стійкість сталевих тар для зберігання соапстоку в системі ВГЕ, ніж його водного аналогу.

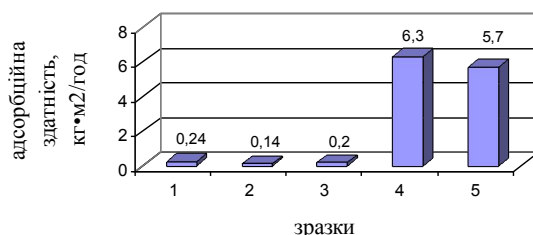


Рис. 4 – Адсорбційна здатність соапстоків ряду олій і зразків рідкого мила при температурі 20 °С...25 °С: 1 – соапсток пальмового олеїну; 2 – соапсток соняшникової олії; 3 – соапсток соєвої олії; 4 – миючий засіб “Рідке мило *Safeguard*”; 5 – миючий засіб “Рідке мило з гліцерином”

Колір отриманих соапстоків варіюється від світло-жовтого до світло-коричневого в залежності від олій та жирів, що нейтралізуються.

Для покращення органолептичних показників (колірності і запаху) соапстоків до них рекомендовано додавати розрахований об'єм 35 %-го розчину пероксиду водню. Рациональна температура проведення процесу знебарвлення – 60 °С, тривалість знебарвлення – 60 хвилин.

Незважаючи на численні технологічні передумови застосування соапстоків в системі ВГЕ як рідке мило, в даному напрямку існують обмеження, що пов'язані з їх органолептичними властивостями, зокрема темним кольором (колірне число соапстоків після нейтралізації темних олій та жирів зазвичай дорівнює 15–30 мг J₂/100 см³). Тому знебарвлення соапстоків після нейтралізації темних олій та жирів в системі ВГЕ є актуальною задачею. Темний колір соапстоків обумовлюють, переважно, фарбуючі речовини олій та жирів, що проходять нейтралізацію, насамперед, каротиноїди і хлорофіли. Високу ефективність до знебарвлення даних речовин має пероксид водню. Концентрований пероксид водню застосовують при знебарвленні олійножирових продуктів.

Для визначення раціональних умов знебарвлення соапстоків в основі нейтралізуючого розчину пероксидом водню використано метод планування експерименту.

Для визначення величини концентрації пероксиду водню для знебарвлення соапстоків з різним колірним числом проведено серію експериментів. План експерименту і результати досліджень наведено в табл. 1, де як фактори знебарвлення соапстоку в системі ВГЕ обрано: CH_2O_2 – концентрація 35 % пероксиду водню, %, та $CN_{вих}$ – вихідне колірне число соапстоку, J₂/100 см³. Параметр відгуку – колірне число соапстоку в основі нейтралізуючого розчину після взаємодії з пероксидом водню $CN_C(CH_2O_2, \tau)$. Температура проведення процесу знебарвлення – 60 °С, тривалість знебарвлення – 60 хвилин.

Гіпотезу про адекватність рівняння прийнято за умов, що отримане експериментально значення коефіцієнту Фішера менше за табличне. Математична залежність впливу вихідного колірного числа со-

апстоку концентрації пероксиду водню ($c_{H_2O_2}$, %) і тривалості його взаємодії з соапстоком (τ , хв.) на колірне число соапстоку (CN_C , мг $J_2/100\text{ см}^3$) має вигляд

$$CN_C(c_{H_2O_2}, \tau) = 1,78 - 0,18 \cdot CN_{вих} + 2,61 \cdot c_{H_2O_2} + 0,01 \cdot CN_{вих}^2 - 0,27 \cdot CN_{вих} \cdot c_{H_2O_2} - 0,16 \cdot c_{H_2O_2}^2. \quad (1)$$

Таблиця 1 – План експерименту і результати досліджень впливу вихідного колірного числа соапстоку і концентрації пероксиду водню на колірне число соапстоку

№ експ.	Вихідне колірне число соапстоку, мг $J_2/100\text{ см}^3$, $CN_{вих}$	Концентрація пероксиду водню 35 %, %, $c_{H_2O_2}$	Колірне число соапстоку, мг $J_2/100\text{ см}^3$, $CN_C(c_{H_2O_2}, \tau)$
1	15	2	4
2	15	0,9	7
3	15	0,2	9
4	20	2	4
5	20	0,9	7
6	20	0,2	9
7	25	2	4
8	25	0,9	9
9	25	0,2	11
10	30	2	4
11	30	0,9	11
12	30	0,2	13

Адекватність отриманих залежності (1) підтверджено за критерієм Фішера при рівні значимості 0,05. Отриману математичну залежність доцільно

використовувати при розрахунках концентрації пероксиду водню для корегування колірного числа соапстоку в основі нейтралізуючого розчину на підприємствах, які будуть його переробляти в рідке мило.

Соапстоки на основі запропонованого лужного реагенту мають антисептичні властивості завдяки присутності таких компонентів як етиловий спирт (чинить денатурацію структурних і ферментних білків мікробних клітин, грибів і вірусів), гліцерин (викликає дегідратацію клітин мікроорганізмів), пероксид водню (чинить руйнування клітинної мембрани бактерій).

Для здешевлення одержаних соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ обрано два технологічні прийоми – рекуперация етанолу і розбавлення водою концентрованих соапстоків. В результаті відгонки етанолу з соапстоків утворюється мазеподібна непрозора маса білого кольору, яка представляє собою гелеподібне мило.

На основі виконаних досліджень розроблено технологічну схему процесу нейтралізації жирів в системі ВГЕ, яка забезпечить максимально ефективне розділення фаз, мінімальні втрати нейтрального жиру і більш раціональну переробку вторинних продуктів. Технологічну схему представлено на рисунку 5. Гідратований жир з ємності Є 1 через фільтр Ф 1 насосом Н 1 через теплообмінник Т 1 надходить до деаератора Д 1. Деаерований жир переходить до реактора-нейтралізатора Р 1.

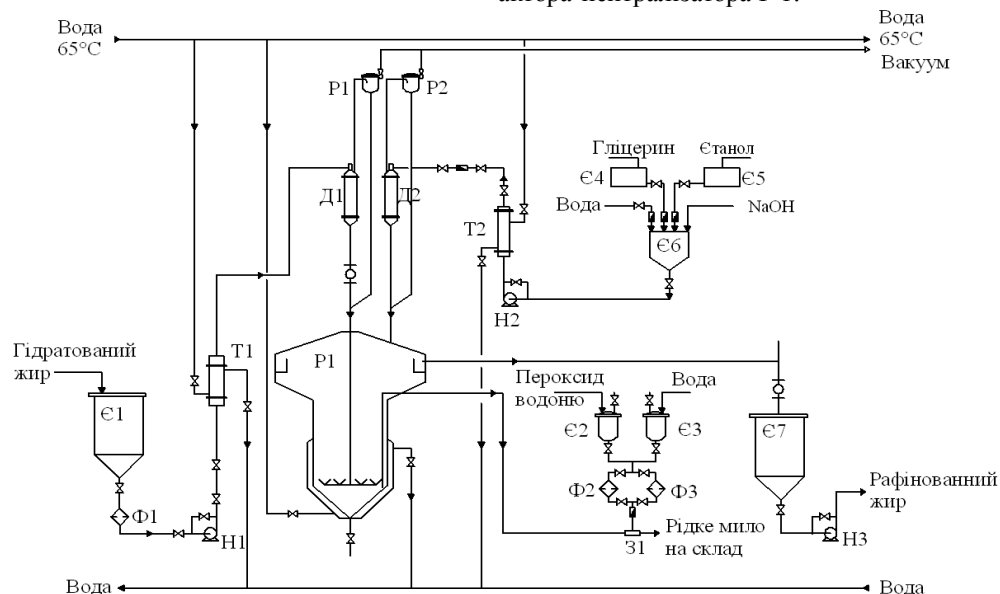


Рис. 5 – Апаратурно-технологічна схема лужної нейтралізації жирів в системі ВГЕ і переробки отриманих соапстоків

В свою чергу, концентрований луг надходить у ємність Є 6, де змішується у визначеному співвідношенні з водою, гліцерином, який надходить з ємності Є 4, і етанолом, що надходить з ємності Є 5. Розчин лугу заданої концентрації подається до деаератора Д 2, а потім до реактора-нейтралізатора Р 1, де при температурі 65 °С проходить процес нейтралізації жирних кислот. Нейтралізований жир самопливом зливається в приймач Є 7, з якого насосом Н 3 надходить на подальшу стадію рафінації.

Відпрацьований мильно-лужний розчин, який представляє собою неочищену основу рідкого мила, змішується у визначеному співвідношенні з розчином пероксиду водню у змішувачі З 1, в результаті чого проходить окиснення (знебарвлення) фарбуючих речовин, а також в де-якій мірі окиснення (розклад) одоруючих речовин, що переходять в мильно-лужний розчин при нейтралізації жирів. Після чого очищена основа для рідкого мила надходить на фасовку. Нейтралізація олії в лужному розчині системи ВГЕ при

визначених раціональних умовах призводить до зниження вмісту мила в зразках олій порівняно з нейтралізацією в водному розчині лугу. Крім того, вміст компонентів нейтралізуючого розчину – гліцерину та етанолу (що є харчовими компонентами) в нейтралізованій олії також наближується до нуля і не перевищує нормовані показники для харчових продуктів. Це дає змогу не проводити промивку і кислотне розкладання мила в нейтралізованій олії на відміну від загальнозастосованої технології нейтралізації у мильно-лужному середовищі. Відсутність стадії промивки визначає відповідно і відсутність стадії сушки нейтралізованого продукту. Загальноприйнятий спосіб видалення натрієвих миль з нейтралізованих жирів та олій за традиційною технологією нейтралізації у мильно-лужному середовищі полягає в багаторазовому водному промиванні. Цей спосіб не гарантує 100 % відсутності мила в продукті і передбачає значну витрату пом'якшеної води, багатостадійність процесу і утворення великої кількості миложировмісних стоків, переробка яких досить трудомістка і безпосередньо пов'язана з питаннями екології [6]. Розроблена технологія має ряд переваг порівняно з поширеною на сьогоднішній день технологією безперервної нейтралізації жирних кислот в оліях (жирях). Перевагами запропонованої технології є відсутність сепараторів, що мають високу вартість, для розподілу гідрофобної і гідрофільної фаз, відсутність стадій промивки і сушки нейтралізованих олій (жирів), а також отримання концентрованих соапстоків, що не містять слідових залишків нейтральних триацилгліцеринів.

Таким чином, запропонована технологія нейтралізації олій (жирів) у порівнянні з технологією нейтралізації в мильно-лужному середовищі з наступною утилізацією мильно-лужних розчинів, незважаючи на безперервний спосіб виробництва, відрізняється простим апаратним обладнанням (відсутність сепараторів, змішувачів, вакуум-сушильного апарату) і, як наслідок, низькими енергетичними затратами і високою продуктивністю виробництва. Зникає потреба в обробці промислових стоків рафінаційного відділення. Економія олії при відмові від операції промивки становить 0,3-0,4 % або 3-4 кг на 1000 кг вихідної олії. Соапсток, який є відходом виробництва в сучасній технології нейтралізації олій та жирів, в розробленій технології з використанням системи ВГЕ перетворюється на побічний продукт – додаткову продукцію, що утворюється при виробництві основної продукції і не є метою даного

виробництва, але придатна в якості сировини в іншому виробництві або для споживання в якості готової продукції.

Висновки. Знайдено технологічне рішення щодо застосування соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ, яке полягає в одержанні з них рідкого мила. Знайдено технологічне рішення щодо здешевлення соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ, а саме збільшення виходу рідкого мила. Запропоновано технологію і технологічну схему виробництва нейтралізованих жирів в системі ВГЕ переробки вторинних продуктів – соапстоків.

Список літератури: 1. *Бурнашев В.Р.* Влияние режимов дезодорации и физической рафинации на некоторые качественные показатели подсолнечного масла / *В.Р. Бурнашев, Т.А. Да-нилова, Е.П. Колобова* // Труды ВНИИЖ. – Л.: ВНИИЖ. 1997. – С. 14–18. 2. *Арутюнян Н.С.* Рафинация масел и жиров: Теоретические основы, практика, технология, оборудование / *Н.С. Арутюнян.* – С.-Пб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. 3. *Белобородов В.В.* Кинетика выведения свободных жирных кислот из масел в мыльно-щелочной среде / *В.В. Белобородов, В.С. Стопский* // Масложировая промышленность. 1986. – № 9. – С. 18 – 21. 4. *Петик І.П.* Вплив компонентного складу основи нейтралізуючого розчину на його характеристики / *І.П. Петик, Ф.Ф. Гладкий, З.П. Федякіна* // Вісник НТУ «ХПІ». 2011. – № 58. – С. 31 – 35. 5. *Петик І.П.* Визначення шляхів застосування соапстоків після нейтралізації олій та жирів в нейтралізуючому розчині, що містить органічні спирти / *Петик І.П., Гладкий Ф.Ф., Запорожець А.О., Федякіна З.П.* // Матеріали ХХ Міжн. наук.-практ. конф. [Інформаційні технології: Наука, техніка, освіта, здоров'я], 15–17 травня, 2012 р., – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – С. 314. 6. *Бабенко В.И.* Разложение мыла на стадии первой промывки нейтрлизованного масла / *В.И. Бабенко, Р.Н. Дементий, Л.Ф. Луговая и др.* // Масложировая промышленность. 1990. – 4. – С. 10–11.

Bibliography (transliterated): 1. *Burnashev V.R.* Vlyuyanye rezhymov dezodoratsyy u fyzycheskoy rafynatsyy na nekotorye kachestvennyye pokazately podsolnechnoho masla / *V.R. Burnashev, T.A. Danylova, E.P. Kolobova* // Trudy VNIYZh. – L.: VNIYZh. 1997. – P. 14–18. 2. *Arutyunyan N.S.* Rafynatsyya masel y zhyrov: Teoreticheskiye osnovy, praktyka, tekhnolohyya, oborudovanye / *N.S. Arutyunyan.* – S.-Pb.: NYORD, 2004. – P. 288. 3. *Beloborodov V.V.* Kynetyka vyvedeniyya svobodnykh zhyrnykh kyslot yz ma-sel v myl'no-shchelochnoy srede / *V.V. Beloborodov, V.C. Stopskyy* // Maslozhyrovaaya promyshlennost'. 1986. – № 9. – P. 18 – 21. 4. *Petik I.P.* Vplyv komponentnoho skladu osnovy neytralizuyuchoho rozchynu na yoho kharakterystyky / *I.P. Petik, F.F. Gladkyy, Z.P. Fe-dyakina* // Visnyk NTU «KhPI». 2011. – № 58. – P. 31–35. 5. *Petik I.P.* Vyznachennya shlyakhiv zastosuvannya soapstokiv pislya neytralizatsiyi oliy ta zhyriv v neytralizuyuchomu rozchyni, shcho mistyt' orhanichni spyryty / *Petik I.P., Hladkyy F.F., Zaporozhets' A.O., Fedyakina Z.P.* // Materialy XX Mizhn. nauk.-prakt. konf. [Informatsiyini tekhnolohiyi: Nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya], 2012 r., Kh.: NTU «KhPI». 2012. – P. 314. 6. *Babenko V.Y.* Razlozhenye myla na stadyu pervoy promyv-ky neytralizovannoho masla / *V.Y. Babenko, R.N. Demyntyy, L.F. Luhovaya y dr.* // Maslozhyrovaaya promyshlennost'. 1990. – 4. – P. 10–11.

Надійшла (received) 10.07.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Петик Павло Федорович – канд. техн. наук, директор Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-29-42; e-mail: petik@fatoil-kharkov.com.

Петик Ігор Павлович – канд. техн. наук, с. н. с. відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

Федякіна Зоя Павлівна – начальник відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

Філенко Людмила Михайлівна – с. н. с. відділу досліджень переробки олій та жирів Українського науково-дослідного інституту олій та жирів НААН, м. Харків; тел.: (057) 376-39-23; e-mail: igor_p17@mail.ru.

УДК 665.1.094.3:541.12

А. О. ДЕМИДОВА**ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКУ ЗБЕРІГАННЯ ОЛІЙ ПРИСКОРЕНИМ МЕТОДОМ**

Визначення строку зберігання харчових продуктів залишається однією з найбільш актуальних задач для харчової промисловості. Особливо це стосується розробки прискорених методів дослідження, зокрема для жиромісних продуктів, як одних з найбільш швидкопсувних. У даній статті наведена методологія визначення строку зберігання олій за розробленим методом, який при його швидкому виконанні при підвищених температурах дає прогнози щодо строку зберігання олій при більш низьких (та взагалі будь-яких) температурах зберігання. Мета дослідження – спрощення та пришвидшення процесу дослідження олій з метою визначення строків їх зберігання. Об'єкт дослідження – лляна олія, предмет – окиснення олій, визначення кінетичних параметрів окиснення, встановлення швидкості самоініціювання та строку зберігання олій. Дослідження проводились на волюметричній установці.

Ключові слова: лляна олія, окиснення, строк зберігання, період індукції, швидкість окиснення.

Постановка проблеми.

На сьогоднішній час існує світова тенденція використання прогностичних моделей дослідження стану продукції. Кількість наукових установ та підприємств, що використовують такі моделі досить невелика, однак вона вочевидь буде збільшуватись внаслідок зручності їх використання. Особливо важким є створення прогностичних моделей для таких складних процесів як окиснення жирів. Однак сучасний стан інструментальних методів дослідження та комп'ютерної техніки робить цю задачу вирішуваною.

На первинному етапі зберігання жирів кисень практично не поглинається та окиснення продукту проходить дуже повільно. Цей період, який називають періодом індукції, закінчується з початком накопичення в продукті гідропероксидів, які, в залежності від умов зберігання, з різною швидкістю перетворюються у альдегіди, кетони та інші вторинні продукти окиснення. Смак та запах одержаних летких речовин робить харчових продукт неприємним, а його склад неприйнятним для використання у харчових цілях. Цей стан жирового продукту називають прогірклістю, він настає після закінчення так званого періоду індукції. Таким чином, період часу, який визначається як період індукції, і є терміном зберігання жиру (олії).

Можна визначити період індукції прискореним методом при підвищеній температурі, згідно з [1]. Проблема полягає в тому, що співвідношення між періодами індукції при підвищеній і низькій температурах невідоме. Однак, відомо, наприклад, [2] що період індукції залежить від концентрації інгібітору і швидкості ініціювання наступним чином:

$$\tau = (f * n * [\text{InH}]) / V_i,$$

де τ – період індукції;

f – коефіцієнт інгібування;

n – число активних груп в молекулі інгібітору;

$[\text{InH}]$ – концентрація інгібітору в продукті;

V_i – швидкість ініціювання з усіх джерел.

Сучасний стан проблеми.

Методи визначення періоду індукції широко використовуються у світовій практиці та включені до

різних міжнародних стандартів (у тому числі до ISO 6886 [3]).

Відомий метод диференційно скануючої калориметрії (ДСК). Цей метод встановлює закінчення періоду індукції як підвищення ентальпії реакції внаслідок пришвидшення реакції ненасичених ліпідів з киснем. Однак інформативність цього методу знижується через мали маси зразків та високі температури дослідження.

Широко застосовують метод індексу стабільності олій – автоматизований варіант методу визначення активного кисню. Визначається час, за який олія окиснюється (при 97,8 °C та подачі повітря 2,33 мл/с) до пероксидного числа 100 мекв/кг. Для інструментального виконання таких методів застосовують пристрої Ransimat, Oxidative Stability Instrument (OSI), Oxidograph, FIRA-Astell володіють рядом суттєвих недоліків [4, 5].

Процес окиснення жирів складається з ряду періодів, кожен з яких характеризується своєю енергією активації, швидкістю та продуктами окиснення. На першій стадії утворюються гідропероксиди, на наступних – сполуки з карбонільними, епоксидними, гідроксильними групами в молекулі та інші леткі компоненти з низькою молекулярною масою.

На процес окиснення впливає ступінь ненасиченості жирів (кисень перш за все вступає в реакцію з ненасиченими ліпідами), присутність каталізаторів окиснення (полівалентних металів, перш за все заліза), присутність інгібіторів окиснення (природних та синтетичних антиоксидантів, причому нативні антиоксиданси присутні в оліях практично завжди), від концентрації кисню в навколишньому середовищі, поверхні контакту з киснем, швидкості його дифузії та, звісно, температура зберігання продукту.

Необхідно розробити методику, яка була б здатна враховувати вплив всіх цих параметрів окиснення, могла б швидко прогнозувати строки зберігання зразку та не потребувала б суттєвих праце- та матеріальних витрат.

Мета і основні задачі досліджень.

В даній роботі об'єктом дослідження є лляна олія нерафінована. Предмет дослідження – окиснення

ляної олії, визначення кінетичних параметрів окиснення, встановлення швидкості самоініціювання та строку зберігання.

Метою даної роботи є спрощення та пришвидшення процесу дослідження олій з метою визначення строків їх зберігання. Для досягнення мети треба вирішити наступні задачі:

- визначити кінетику окиснення зразку олії в залежності від часу в присутності різній кількості ініціатора окиснення АІБН;
- визначити швидкість окиснення зразку олії при змінній кількості ініціатора окиснення та при різній температурі;
- визначити швидкість самоініціювання олії при різних температурах;
- визначити період індукції олії за температури зберігання.

Результати роботи. Досліджувався зразок нерафінованої лляної олії, одержаної методом холодного пресування з пероксидним числом 2,3 ммоль 1/2O/kg (початкова кількість ініціаторів окиснення). Жирнокислотний склад олії наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад зразку лляної олії (% жирних кислот)

Олія	C_{16}	C_{18}	C_{18}^{ω}	C_{18}^{ω}	C_{18}^{ω}	C_{20}
Лляна	5,9	3,8	22,6	37,8	28,8	8,5

Визначення кінетичних параметрів окиснення здійснювалось на волюметричній установці [6]. В результаті досліджень отримували кінетичні залежності кількості поглиненого зразком кисню за певний час (рис. 1).

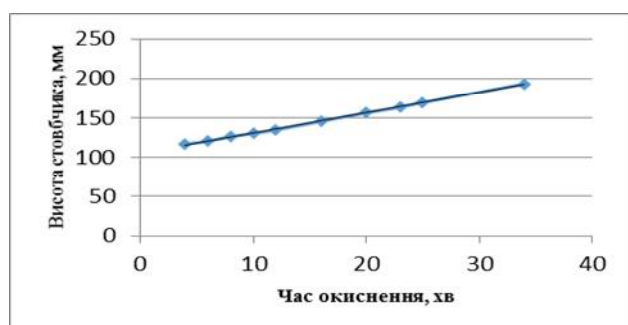


Рис. 1. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 80 °C та кількості АІБН 0,2 мл

Досліджувана олія окиснювалась при трьох температурах (70, 80 та 90 °C) та різній кількості ініціатора окиснення при кожній температурі (3 – 4 графіка для кожної температури дослідження). Різною кількістю ініціатора задавалася швидкість ініціювання. Декілька температур дослідження потрібні для виходу на залежність між швидкістю самоініціювання та температурою зберігання олії, що досліджується. Отримані на волюметричній

установці дані перераховувались на швидкість окиснення зразку (приклад на рис. 2).

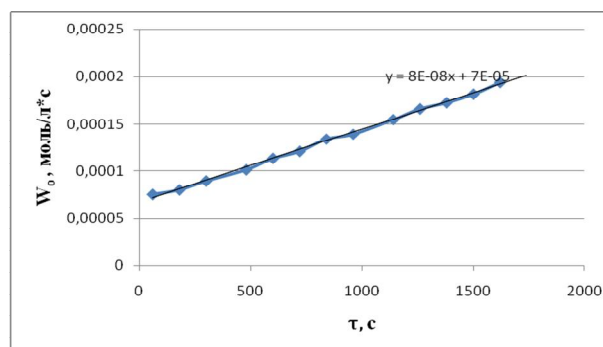


Рис. 2. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 90 °C та кількості АІБН 0,3 мл

Всі одержані кінетичні залежності мають вигляд прямих (рис. 3), тому з даних графіків можна визначити швидкість окиснення шляхом визначення тангенсу куту нахилу до осі x.

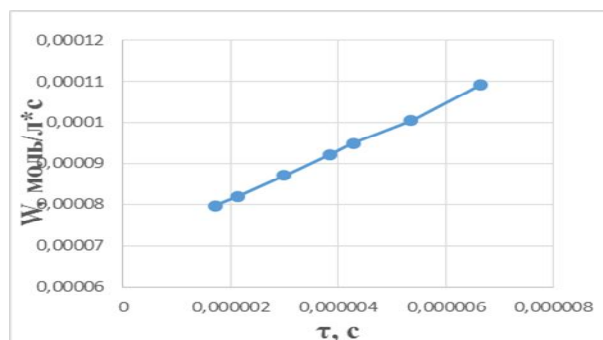


Рис. 3. Кінетика окиснення зразку лляної олії при температурі дослідження 80 °C та кількості АІБН 0,1 мл

Одержані в результаті досліджень дані зведені до таблиці 2.

Таблиця 2. Кінетичні параметри окиснення зразку лляної олії

Температура, °C	Швидкість ініціювання, 10^{-8} моль/л*с	Швидкість окиснення, 10^{-6} моль/л*с
70	3,25	0,47
70	6,5	0,61
70	13,2	1,23
70	26,0	2,46
80	2,14	1,27
80	4,28	1,66
80	6,415	2,08
90	6,96	2,79
90	1,39	3,64
90	2,09	4,61

Тангенс куту нахилу одержаної на рис. 2 прямої є значенням швидкості окиснення олії в цих умовах (для приклада на рис. 2 вона дорівнює $8 \cdot 10^{-8}$ моль/л*с). По одержаним даним будуємо залежність між швидкістю окиснення та швидкістю ініціювання при даній температурі (рис. 4).

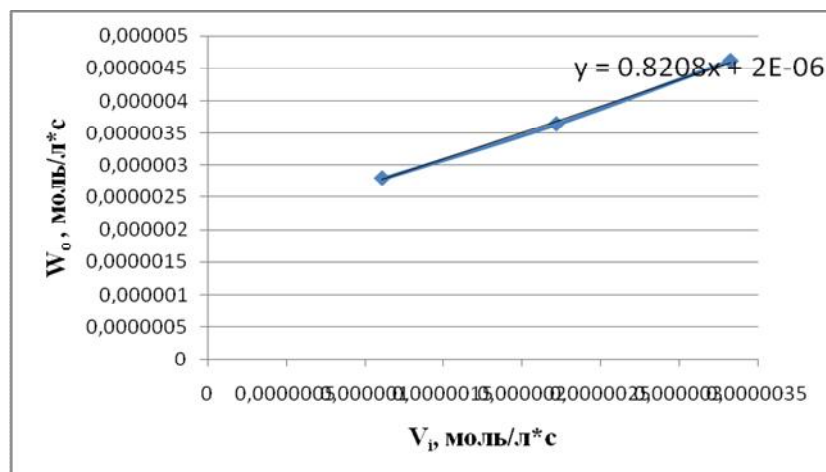


Рис. 4. Залежність між швидкістю окиснення та швидкістю ініціювання лляної олії при температурі дослідження 90 °С

Відрізок, який відсікає одержана пряма (рис. 2) на вертикальній осі є значенням швидкості самоініціювання олії при даній температурі (для приклада на рис. 2 вона дорівнює $2 \cdot 10^{-6}$ моль/л*с).

Результати досліджень. Для визначення швидкості самоініціювання олії були одержані

значення швидкості самоініціювання при трьох температурах: 90, 80 та 70 °С. Одержані дані зображені на рис. 5 та мають вигляд прямої (експериментальні точки лягли на пряму), що доводить вірність досліджень.

...

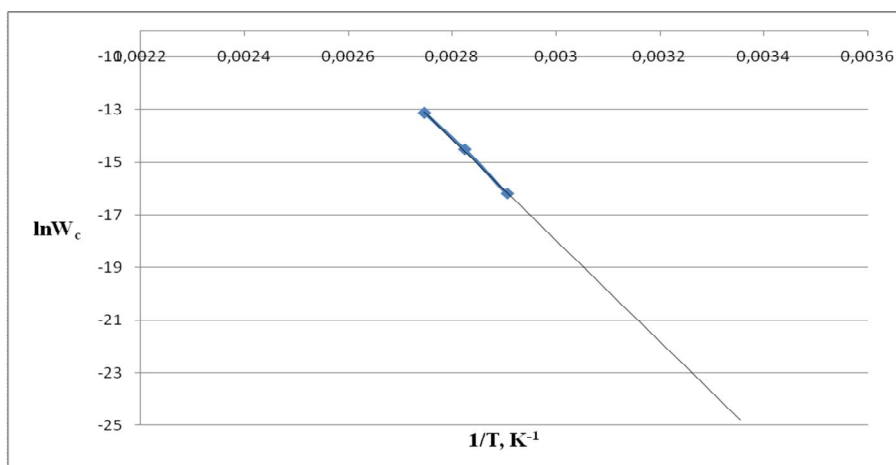


Рис. 5. Залежність між швидкістю самоініціювання лляної олії та температурою в координатах Арреніуса

При екстраполяції прямої швидкості самоініціювання на більш низькі температури можна одержувати значення швидкості самоініціювання (тобто визначити срок збергання досліджуваного зразку) при звичайних (непідвищених) температурах.

Для перевірки експериментальних даних отриманих при високих температурах (70 – 90 °С) необхідно визначити кінетику окиснення зразків олії при звичайних температурах. Для цього визначають пероксидне число олії, яка зберігається у відкритому посуді при доступі світла та кисню, при температурі навколишнього середовища 24 °С.

З літературних даних відомо що в початковий період окиснення накопичуються переважно пероксидні сполуки, кількість вторинних продуктів окиснення за цей період не збільшується більше ніж на 20%, тому достатньо коректно використовувати данні накопичення тільки пероксидних сполук.

Період індукції лляної олії (рис. 6) при окисненні за температури 24 °С складає близько 19 діб. Значення періоду індукції цієї олії, одержане в прискорених умовах (розраховане за формулою, що наведена вище або графічно з даних рис. 5) дорівнює 17 добам.

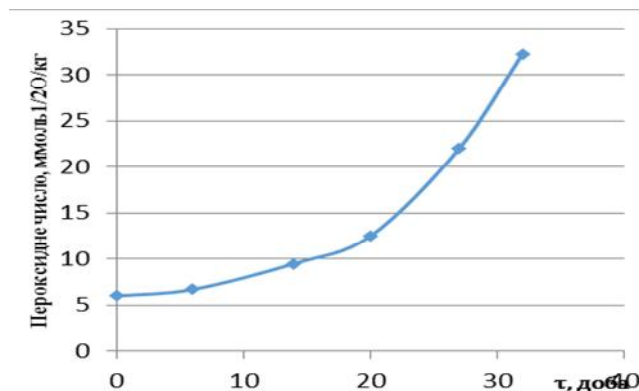


Рис. 6. Швидкість накопичення гідропероксидів при зберіганні лляної олії при 24 °С

З урахуванням того, що при визначенні періоду індукції при 24 °С встановлювався вміст лише пероксидних сполук без вмісту вторинних продуктів окиснення, одержаний період індукції має підвищене значення. Таким чином визначені різними способами періоди індукції зразку олії виявились приблизно рівними. Тобто розроблений метод можна рекомендувати до використання на підприємствах олійножирової галузі.

Висновки.

В результаті експериментальних досліджень був розроблений прискорений метод прогнозування строків зберігання рослинних олій, який дає змогу передбачувати строки зберігання олій при будь-якій температурі зберігання, що, звісно, є дуже зручно через повсюдне недотримання режимів зберігання в сітях торгівлі. Метод дає змогу не лише значно скорочувати час дослідження, але й скорочувати витрати на нього, так як не потребує витрат розчинників, значної кількості зразку тощо.

Не дивлячись на значну кількість експериментальних даних, потрібних для одержання значення швидкості самоініціювання, запропоноване вище дослідження значно легше провести порівняно з традиційним визначенням періоду індукції по значенням пероксидних чисел. Перш за все таке дослідження можна провести впродовж 1- 3 діб, у той час як період індукції по пероксидним числам визначають впродовж неділь та навіть місяців. Як вже було зазначено запропоноване дослідження дає змогу визначати закінчення періоду індукції при будь-якій температурі зберігання. В класичному ж способі при визначенні періоду індукції для іншої температури зберігання необхідно повторювати дослідження спочатку.

Результат визначення швидкості самоініціювання лляної олії був перевірений шляхом визначення закінчення періоду індукції при зберіганні лляної олії за кімнатної температури.

Результати, одержані різними способами практично збіглися.

Однак для широко застосування запропонованого методу дослідження строків зберігання олій та жирів необхідно створити математичну модель, яка б враховувала такі параметри, як кількість інгібіторів окиснення, кількість ініціаторів окиснення, жирнокислотний склад досліджуваного зразку, температура зберігання. При підставленні цих даних в математичну модель (рівняння) можна буде одержувати прогностичні дані щодо строків зберігання продукту без проведення експериментальних досліджень.

Тобто ціллю даного дослідження є створення математичної моделі прогнозування строків зберігання олій та жирів. Для цього необхідно набрати значну кількість експериментальних даних визначення швидкості самоініціювання олій різного жирнокислотного складу (чотирьох основних типів – насиченого, мононенасиченого, діненасиченого, поліненасиченого) зі вмістом природних антиоксидантів (токоферолу) та без них (тобто нерафіновані та рафіновані з вилученням токоферолом).

Список літератури: 1. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности / Н.Н. Семенов. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 685 с. 2. А. Г. Сергеев. Руководство по методам исследования, техникохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / Сергеев А.Г. – Л.: ВНИИЖ, 1973. – 352 с. (т. 6). 3. Масла и жиры животные и растительные. Определение устойчивости к окислению (ускоренное испытание на окисление) (ISO 6886:1996, ITD) : ДСТУ ISO 6886:2003. – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держстандарт України, 2004 – 14 с. – (Національний стандарт України). 4. Wu Z. High-performance liquid chromatographic analysis of the products of linoleic acids oxidation catalysed by pea seed lipoxygenases / Z. Wu, D.S. Robinson, C. Domoney // J. Agric Food Chem. – 1995. – № 43 (2). С. 337 – 342. 5. Gertz C. Routine analysis of deep-frying fats and oil / C. Getz // Lipid Technology. – 2001. – № 13 (2). С. 44 – 47. 6. Ушкалова В.Н. Стабильность липидов пищевых продуктов / Ушкалова В.Н. – М.: Агропромиздат, 1988. – 152 с.

Bibliography (transliterated): 1. Semenov N.N. About some problems of chemical kinetics and reactionary ability / N.N.Semenov – M.: Publ. AN the USSR, 1958. – 685 p. 2. A. G. Sergeev. Guidance on the methods of research, technical control and account of production in oil and fats industry / A.G. Sergeev – L.: ARRI, 1973. – 352 p. (v. 6). 3. Oils and fats are animal and vegetable. Determination of stability to oxidization (speed-up test on oxidization) (ISO 6886:1996, ITD). 4. Wu Z. High-performance liquid chromatographic analysis of the products of linoleic acids oxidation catalysed by pea seed lipoxygenases / Z. Wu, D.S. Robinson, C. Domoney // J. Agric Food Chem. – 1995. – № 43 (2). P. 337 – 342. 5. Gertz C. Routine analysis of deep-frying fats and oil / C. Getz // Lipid Technology. – 2001. – № 13 (2). P. 44 – 47. 6. Ushkalova V.N. Stability of lipids of food products / V.N. Ushkalova – M.: Agroindustrial edition, 1988. – 152 p.

Надійшла (received) 15. 12.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Демидова Анастасія Олександрівна – канд. техн. наук, ст. викл. кафедри технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Адреса: вул. Фрунзе, 21, 61002. E-mail: kzosya@yandex.ru.

Демидова Анастасія Александровна – канд. техн. наук, ст. преп. кафедри технології жирів і продуктів броження Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Адрес: ул. Фрунзе, 21, 61002. E-mail: kzosya@yandex.ru.

Demydova, Anastasiya Aleksandrovna - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Senior Lecturer of technology of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: (097) 324-16-84, e-mail: kzosya@yandex.ru.

УДК 664.346

В. О. БАХМАЧ, Т. Т. НОСЕНКО, Т. О. БЕРЕЗКА

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НИЗЬКОКАЛОРИЙНИХ МАЙОНЕЗІВ

Наведено результати досліджень удосконалення технології низькокалорійних майонезів з використанням стабілізатора на основі стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів. Встановлено технологічні режими процесу для майонезів з вмістом жиру 35 % – співвідношення рецептурних компонентів, температурні режими, умови емульгування та гомогенізації. Отримано результати дослідження показників якості дослідних зразків. Застосування стабілізатора на основі суміші гідроколоїдів «Стабілекс» разом з рослинними білковими продуктами дозволяє отримати майонези з заданими високими показниками якості. Комбінування рецептурного складу з залученням комп'ютерних програм дозволяє розширити асортимент майонезів та соусів на основі високоякісної сировини.

Ключові слова: майонез, емульсія, стабілізатор, білкові продукти, властивості, якість.

Постановка проблеми.

Майонези займають провідне місце серед різноманітних соусів та приправ, користуються великою популярністю у населення. Промислове виробництво цих харчових продуктів займає значне місце у олієжировій галузі харчової промисловості, а технологія майонезів потребує додаткових досліджень перспективної сировини з метою розширення асортименту та підвищення якості продукції. Зацікавленість до проведення технологічних досліджень емульсійних продуктів останнім часом підвищується, що пов'язано із розширенням перспективних рецептурних компонентів, встановленням нових вимог до якості. На противагу іншим емульсійним продуктам, майонез є прямою емульсією типу «олія у воді», де дисперсійним середовищем є вода, а дисперсною фазою – олія [1].

Основною особливістю виробництва майонезів є можливість методом варіювання рецептурних компонентів створення продуктів, що максимально відповідають фізіологічним потребам організму. Крім того, вживання жирів у вигляді дрібнодисперсної водно-жирової емульсії зменшує навантаження на ендокринну систему, сприяє стабілізації фізіологічних функцій шлунково-кишкового тракту [1, 2].

Технологія одержання низькокалорійних емульсійних продуктів дещо відрізняється від інших емульсійних продуктів необхідністю проведення ряду операцій, що забезпечують одержання стабільного продукту з заданими реологічними властивостями при збільшенні масової частки водної фази в складі продукту.

Сировиною для отримання майонезів традиційно є рослинні рафіновані дезодоровані олії, сухе молоко, яєчний порошок, цукор, сіль, гірчиця, інші харчові та смакові добавки. В якості емульгаторів перспективним є використання білкових продуктів з олійного насіння [3].

На основі проведених досліджень [4, 5] окремих гідроколоїдів, враховуючи виявлені взаємний

підсилюючий ефект (синергізм) було підібрано оптимальне співвідношення камедей ксантану та гуару. Це використано у стабілізаційних системах для виробництва майонезів «Стабілекс», що забезпечує структуроутворення та стабілізуючу дію на майонезну емульсію [6, 7].

Важливим є проведення досліджень щодо можливого сумісного використання вказаних компонентів у технології низькокалорійних майонезів.

Сучасний стан проблеми.

Ринок харчових продуктів дуже чутливо реагує на будь-які нові тенденції та напрямки, що їх формують споживачі [8].

Виробництво низькокалорійних майонезів потребує досліджень та впровадження нових високотехнологічних рецептурних компонентів, що забезпечують стабільну якість продукції протягом гарантованого терміну їх зберігання [9].

Нами було взято до уваги останні світові досягнення у галузі харчових інгредієнтів щодо структуроутворення та стабілізації емульсійних продуктів із зниженим вмістом жирової фази.

Ринок харчових продуктів дуже чутливо реагує на будь-які нові тенденції та напрямки, що їх формують споживачі [8].

Виробництво низькокалорійних майонезів потребує досліджень та впровадження нових високотехнологічних рецептурних компонентів, що забезпечують стабільну якість продукції протягом гарантованого терміну їх зберігання [9].

Нами було взято до уваги останні світові досягнення у галузі харчових інгредієнтів щодо структуроутворення та стабілізації емульсійних продуктів із зниженим вмістом жирової фази.

Мета і основні задачі досліджень.

Метою даної роботи є дослідження взаємного впливу використання стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів у технології низькокалорійних майонезів.

Стабілізаційна система «Стабілекс» для виробництва майонезів виготовляється в Україні з

використанням високоякісної сировини від провідних постачальників зі всього світу.

В роботі використані білкові продукти, що розроблені, пройшли випробування і отримують впровадження на підприємствах галузі.

Удосконалення технології низькокалорійних майонезів з використанням стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів має актуальність, соціальний і промисловий запит.

Результати роботи.

В роботі використовувалися наступні білкові продукти: соєвий концентрат та борошно, соняшниковий білковий ізолят, одержаний за розробленою авторами технологією, в якості контролю використовувалася стандартна рецептура низькокалорійного майонезу «Салатний».

Фізико-хімічні показники соєвого концентрату наведені в табл. 1. Високий вміст білків забезпечить технологічну функціональність у використанні даного продукту.

Майонези виготовляли в лабораторних умовах з використанням швидкісної мішалки з частотою обертання 1500-2000 об/хв.

В дослідних зразках вивчалися показники якості згідно вимог ДСТУ 4475.

Ефективна в'язкість визначалася при температурі 25°С за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест 2». Реологічні характеристики досліджувалися методом побудови та аналізу реологічних кривих течії дослідних зразків.

Фізико-хімічні показники соєвого борошна наведені в табл. 2. З наведених даних видно, що вміст білку в продукті невисокий, але борошно має значну кількість харчових волокон, що позитивно впливає при використанні в якості наповнювача.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники соєвого концентрату

Назва показників	Значення
Масова частка вологи та летких речовин, %	7,0
Масова частка жиру у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	75,0
Масова частка протеїну розчинного у воді, (% до сирого протеїну)	80,0
Масова частка загальної золи у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	6,5
pH (10-% водної суспензії)	6,8

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники соєвого борошна

Назва показників	Значення
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	19,3
Масова частка вологи та летких речовин, %	6,2
pH (10-% водної суспензії)	6,7
Масова частка харчових волокон, %	65,2

Фізико-хімічні показники соняшникового білкового ізоляту наведені в табл. 3 свідчать про достатньо високий вміст білкових речовин, що є

визначальним для використання у технології майонезу.

Таблиця 3. Фізико-хімічні показники соняшникового концентрату

Назва показників	Значення
Масова частка вологи та летких речовин, %	8,0
Масова частка жиру у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
Масова частка сирого протеїну у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	75,0
Масова частка протеїну розчинного у воді, (% до сирого протеїну)	5,0
Масова частка загальної золи у перерахунку на абсолютно суху речовину, %	1,0
pH (10-% водної суспензії)	6,7

Рецептури дослідних зразків низькокалорійних майонезів наведено в табл. 4. Відмінність розроблених зразків полягає у повній заміні рецептурної кількості яєчного порошку та сухого знежиреного молока на стабілізаційну систему «Стабілекс» на основі суміші харчових гідроколідів та білкових продуктів: соєвих та соняшникових білкових продуктів.

Таблиця 4. Рецептури розроблених низькокалорійних майонезів.

Найменування компонента	Вміст рецептурних компонентів, %			
	1 контроль	2	3	4
Олія соняшникова рафінована	35,0	35,0	35,0	35,0
Стабілізатор «Стабілекс»	-	0,5	0,5	0,5
Яєчний порошок	6,0	-	-	-
Соєвий концентрат	-	2,5	-	-
Соняшниковий концентрат	-	-	2,5	-
Соєве борошно	-	-	-	2,5
Сухе знежирене молоко	2,5	-	-	-
Цукор	2,5	2,2	2,2	2,2
Сіль	2,2	1,1	1,1	1,1
Лимонна кислота	0,3	0,3	0,3	0,3
Вода	51,5	58,4	58,4	58,4
Всього	100	100	100	100

Результати досліджень.

В дослідних зразках майонезів методом закритої дегустації за 5-ти бальною шкалою визначався комплекс органолептичних показників якості. В табл. 4 наведено отримані результати.

Таблиця 5. Органолептична оцінка зразків майонезів

Найменування показника	Значення для зразків (бали)			
	1 (контроль)	2	3	4
Зовнішній вигляд	4,3	4,8	4,9	4,5
Колір	4,8	4,9	5,0	4,7
Запах	4,6	4,7	4,9	4,5
Консистенція	3,8	4,8	4,9	4,1
Смак	3,5	4,5	4,7	3,7

Аналіз даних табл. 4 свідчить, що всі зразки майонезів отримали достатньо великі оцінки.

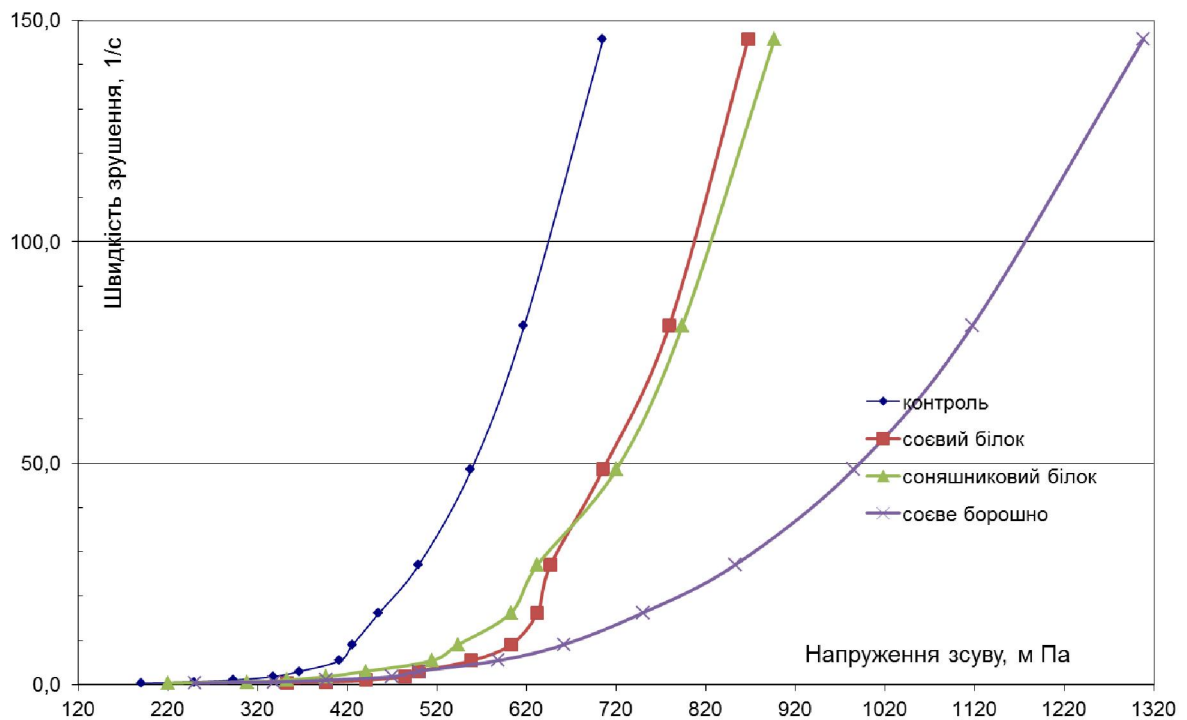


Рис. 1. Реологічні криві течії майонезів через 24 год. після виготовлення

Проте відмічені вищі бали для зразків з внесенням білкового соєвого концентрат та соняшникового ізоляту. В зразках 2 та 3 органолептичні оцінки найбільш високі, що вказує на оптимальне співвідношення та поєднання рецептурних компонентів майонезів.

Фізико-хімічні показники зразків майонезів досліджувалися за відомими методиками протягом 35 днів зберігання при температурі 4-6 °С. Результати зміни кислотності наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Зміна кислотності низькокалорійних майонезів при зберіганні

Термін зберігання, днів	Кислотність майонезу, %			
	Контроль	1	2	3
1	0,3	0,21	0,2	0,23
7	0,34	0,22	0,2	0,24
14	0,37	0,25	0,23	0,28
21	0,4	0,3	0,25	0,32
28	0,48	0,36	0,27	0,38
35	0,52	0,38	0,3	0,4

Кислотність зразків майонезів, одержаних за розробленими рецептурами, не перевищувала значення кислотності контрольного зразку майонезу.

Також проводилися визначення стійкості емульсії дослідних зразків. Встановлено, що при зберіганні протягом 35 днів стійкість всіх зразків зменшилася несуттєво і знаходилася в межах допустимих норм вимог НТД [10].

Дослідження реологічних властивостей зразків низькокалорійних майонезів представлені на рис. 1.

Аналіз даних кривих течії свідчить, що зразок з соєвим борошном має найбільш міцну структуру, для руйнування якої необхідно прикласти найбільше зусилля, а зруйнована структура буде все ж мати вищу в'язкість в порівнянні з іншими зразками.

Важливим є визначення мікробіологічних характеристик дослідних зразків та їх зміни протягом гарантованого терміну зберігання.

Встановлено, що дослідні зразки майонезів протягом гарантованого терміну зберігання за вмістом бактерій групи кишкових паличок (коліформи), патогенних мікроорганізмів (в т. ч. бактерії роду *Salmonella*), дріжджів та пліснявих грибів повністю відповідали вимогам ДСТУ 4487.

Висновки.

Наведені результати досліджень показали, що використання у технології низькокалорійних майонезів стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів дозволяє регулювати та підвищити комплекс властивостей готового продукту, а отже якість в цілому.

Розроблені рецептури майонезів розширюють асортимент продукції, мають соціальний і виробничий запит, оскільки сприятимуть виготовленню якісних харчових продуктів з заданими властивостями.

Список літератури: 1. *Нечаев П.* Майонезы / *Нечаев П., Кочеткова А., Нестерова И.* – С-Пб.: ГИОРД, 2000. – с. 20–24. 2. *Нечаев А.* Пищевые добавки / *Нечаев А., Кочеткова А., Зайцев А.* // Москва: Колос, 2002. – с. 211–214. 3. *Бахмач В.* Використання рослинних білків під час виробництва майонезів / *Бахмач В., Прутульська Н., Дядечко О.* // Збірник наукових праць КДТЕУ, Київ. 2000 С. 45-47. 4. *Бахмач В.* Дослідження реологічних властивостей харчових гідроколоїдів / *Бахмач В.* // Вісник НТУ ХПІ. Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009 – № 46 – с. 78–80. 5. *Bakhmach V. et al.* Xanthan gum using in the mayonnaise technology producing / *Bakhmach V., Babenko V., Beletsky D.* // The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv, с. 228 6. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p.161-163. 7. *Bakhmach V. et al.* Mayonnaise technology improvement // *Bakhmach V., Vovkodav N.* //The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv, p. 228 8. *Демідов І.М.* Споживчі властивості харчових продуктів / *І.М. Демідов, В.К. Тимченко* // Харків: НТУ ХПІ, 2004. – с. 19–25. 9. *Горшкова Л.* Текстуриные ингредиенты для майонезов и соусов средней и низкой жирности. Пищевые добавки / *Горшкова Л., Петик И., Радченко Л.* // Олійно-жировий комплекс. – Днепропетровск: «Експерт Агро», 2009. –

№2(25). – с. 41-44 10. ДСТУ 4487:2005 «Майонезы. Общие технические условия».

Bibliography (transliterated): 1. *Nechayev P.* Mayonnaise / *Nechayev P., Kochetkova A., Nesterov I.* – S.-Petersburg: GIORD, 2000. - p. 20-24. 2. *Nechaev A.* Food Additives / *Nechayev A., Kochetkov A., Zaitsev A.* // Moscow: Kolos, 2002. – p.211–214. 3. *Bakhmach V.* The use of vegetable proteins in the production of mayonnaise / *Bakhmach V., Prytul'ska V., Dyadachko O.* // Scientific work KDTEU. - Kyiv -2000 p.45-47. 4. *V. Bakhmach* Research rheological properties of food hydrocolloids / *B. Bakhmach* // Vestnik NTU KPI. Scientific works. – Kharkiv: NTU "KPI", 2009 – № 4 – p. 78–80. 5. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p.161-163. 6. *Bakhmach V. et al.* Study technology of mayonnaises with stabilizer «STABILEKS» and protein products / *Bakhmach B., Berdashkova L., Mank V.* // Journal of Food and Paking Science, Technique and Technologies Year III, №4, 2014 p. 161-163. 7. *Bakhmach V. et al.* Mayonnaise technology improvement // *Bakhmach V., Vovkodav N.* //The Second North and East European Congress on Food «NEEFood – 2013», 26 – 29 May 2013, Kyiv p. 228 8. *Demidov I.* Consumer properties of food products / *Demidov I., Timchenko V.* // Kharkov: NTU KPI, 2004. – p. 19-25. 9. *Gorshkova L.* Textural Ingredients for mayonnaises and sauces medium and low fat content. Food Additives / *Gorshkova L., Petik I., Radchenko L.* // Oils and fats complex. - Dnepropetrovsk: "Expert Agro", 2009. – №2 (25). – С. 41–44. 10. DSTU 4487: 2005 «Mayonnaise. General technical specifications»

Надійшла (received) 15.07.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бахмач Володимир Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів, м. Київ, тел.: (093) 818-29-09, e-mail: nota_b@i.ua

Бахмач Владимир Александрович – кандидат технических наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, доцент кафедры технологии жиров и парфюмерно-косметических продуктов, г. Киев, тел.: (093) 818-29-09, e-mail: nota_b@i.ua

Bakhmach Vladimir Olexandrovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Food Technologies, docent of fat, perfume and cosmetic technology department, Kyiv, tel.: (093) 818-09-29, e-mail: nota_b@i.ua

Носенко Тамара Тихонівна – кандидат біологічних наук, доцент, Національний університет харчових технологій, доцент кафедри технології жирів і парфумерно-косметичних продуктів, м. Київ, тел.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Носенко Тамара Тихоновна – кандидат биологических наук, доцент, Национальный университет пищевых технологий, доцент кафедры технологии жиров и парфюмерно-косметических продуктов, г. Киев, тел.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Nosenko Tamara Tichonovna – Candidate of Biological Sciences (Ph. D.), Docent, National University of Food Technologies, docent of fat, perfume and cosmetic technology department, Kyiv, tel.: (066) 135-72-13, e-mail: tnosenko@yahoo.com

Березка Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, м. Харків, тел.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

Березка Татьяна Александровна – кандидат технических наук, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, г. Харьков, тел.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

Berezka Tetyana Olexandrivna – Ph. D., National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», docent of technology of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: (097) 324-16-84, e-mail: tberezka@mail.ru

УДК 665.584.2

*Л. В. КРИЧКОВСЬКА, В. С. МАРЧЕНКО***ЖИРОВА ОСНОВА ДЛЯ КРЕМ-МИЛА З ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ**

В статті вивчалась проблема недостатності біологічно активних речовин в ліпідному складі епідермісу сухої шкіри. Проведено аналіз підвищення біологічної цінності олій за рахунок їх купажування. Науково обґрунтовано та розроблено склад купажованої олії – жирової основи, що представляє собою олію підвищеної біологічної цінності, збалансовану за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп, для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Ключові слова: крем-мило, купажовані олії, поліненасичені жирні кислоти, лікувально-профілактичні властивості косметичних засобів, окиснення, антиоксиданти.

Вступ

Одними з головних цілей косметики є: очищення, надання приємного аромату, корекція, захист і збереження шкіри у хорошому стані. Власне крем-мило – це косметичний засіб плинної форми (крему), що містить високоякісні поверхнево-активні речовини і корисні добавки для м'якого очищення, зволоження і усунення неприємного запаху [1].

Як корисні добавки до складу крему-мила може входити жирова сировина, котра має сприятливий вплив на шкіру, тому що дефіцит біологічно активних речовин супроводжується зниженням захисних сил даного органу, що підвищує ризик несприятливого впливу шкідливих факторів навколишнього середовища та загострення різноманітних хронічних захворювань [2, 3].

Багато патологічних процесів, пов'язаних з дисбалансом ліпідного складу епідермісу, що призводять до сухості або лущення шкіри, піддаються корекції за допомогою косметичних кремів. Засоби по догляду за шкірою здатні поповнювати дефіцит ліпідів ззовні [4].

З експериментальних та клінічних робіт відомо, що ряд рослинних олій позитивно впливає на ліпідний обмін в клітинах шкіри [5, 6].

Але склад будь-якої індивідуальної рослинної олії далекий від «ідеального», що забезпечував би людині надходження біологічно активних речовин, зокрема ПНЖК в необхідних кількостях і пропорціях [7, 8].

Олії із заданим складом ПНЖК можна отримати шляхом селекції або генетичної модифікації олійних культур, а також у результаті змішування (купажування) олій різного складу. Останніми роками значно розширився асортимент олій, зокрема, за рахунок рослинних сумішевих (купажованих) олій. У складі подібних купажів використовують як традиційні (соєву, соняшникову, кукурудзяну, оливкову) рослинні олії, так і нетрадиційні (наприклад, льняну) [6, 9].

Розробка купажів рослинних олій, цілеспрямовано збалансованих за складом ПНЖК, а також збагачених біологічно активними речовинами –

антиоксидантами та вітамінами, дозволяє створювати жирові продукти з високою біологічною цінністю, стабільні до окиснювального псування при зберіганні і термічній обробці [10].

Таким чином створення композицій косметичних засобів, зокрема кремів-мил, на основі олій, що містять ряд біологічно активних речовин, які могли б знижувати дефіцит незамінних ліпідів епідермісу, стабілізувати їх від окиснення і таким чином позбавляти шкіру від патологій, зокрема сухості, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Перші дослідження в області технології і характеристики властивостей олій змішаного складу відносяться до 2002 р. Відомими є роботи А. Н. Лисицина, В. Н. Григор'євої, А. П. Нечаєва, А. Н. Скорюкіна, А. А. Кочеткової, В. Г. Лобанова, В. В. Тутельяна, К. Г. Земляка та інших [5–10].

Мета роботи

Метою роботи є обґрунтування складу купажованої олії, що має входити до складу жирової основи крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями. Для реалізації зазначеної мети поставлено такі завдання:

- виявити проблему недостатності біологічно активних речовин в ліпідному складі епідермісу шкіри;

- провести аналіз підвищення біологічної та технологічної цінності олій за рахунок їх купажування;

- обґрунтувати склад купажованої олії для складу жирової основи для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Викладення основного матеріалу

Триацилгліцериди – основна складова жирів, що поступають в шкіру з косметичними засобами і є джерелом жирних кислот, як насичених, так і ненасичених. Згодом з цих жирних кислот в епідермісі будуть синтезовані кераміди, фосфоліпіди і деякі інші сполуки, наприклад, простагландини.

Найчастіше шкіра відчуває дефіцит у так званих незамінних жирних кислотах – лінолевій, α -

ліноленовій і γ -ліноленовій. Лінолева і γ -ліноленова кислоти відносяться до класу ω -6 ненасичених жирних кислот, а α -ліноленова - до ω -3 ненасичених кислот. Комплекс лінолевої, α -ліноленової і арахідонової кислот, що утворюється з лінолевої або надходить в організм з м'ясними продуктами, називається вітаміном F. При дефіциті вітаміну F в організмі, перш за все, страждає шкіра – вона червоніє, лущиться, стає сухою і роздратованою. Пояснюється це тим, що дані жирні кислоти є незамінними будівельними елементами для ліпідних прошарків рогового шару. З них будуються довгі поліненасичені ланцюги жирних кислот, які зшивають ліпідні бішари в багаточарові пласти. При відсутності незамінних жирних кислот ліпідні пласти розпадаються на окремі бішари, які починають переміщатися один щодо одного, утворюючи розриви в захисному шарі. Виходячи з вище сказаного, випливає, що властивості масел і жирів, котрі використовуються для складання рецептур косметичних засобів, залежить від жирнокислотного складу тригліцеридів, котрі містяться в даному жирі чи олії.

З метою створення жирової основи для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями, що буде являти собою купажану олію підвищеної біологічної цінності, обрано три рослинні олії, що мають в своєму складі ряд цінних біологічно активних речовин. Зразки обраних рослинних олій, що досліджувалися, відповідають вимогам нормативно-технічної документації [11, 12].

Рафінована дезодорована соєва олія є базовим компонентом купажанованої олії, так як має в своєму складі значну кількість ліноленової ПНЖК (належить до ω -3 групи) [13], що дозволяє отримати продукт, збалансований за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп, при змішуванні з традиційними для українців рослинними оліями (соняшниковою, кукурудзяною). Серед більш поширених олій соєва олія має відносно низьку вартість. В Україні дана олія використовується не так широко, як за кордоном, але є одним з перспективних продуктів олійно-жирової промисловості.

Рафіновану кукурудзяну олію використано у якості другого компоненту купажу з метою додаткового збагачення купажанованої олії токоферолами.

В якості останнього компоненту купажу нами було обрано олію з кісточок винограду, що отримано низькотемпературною екстракцією [14]. Даний продукт вважається одним із затребуваних інгредієнтів косметичних та фармацевтичних продуктів. Відомо, що виноградна олія виявляє виражену ранозагоювальну дію, має протизапальні властивості і підвищує резистентність клітин шкіри до дії несприятливих чинників. Дослідження ефективності використання виноградної олії при проведенні косметичних процедур по догляду за шкірою обличчя та тіла показало значне поліпшення стану шкіри, її кольору і еластичності; алергічних

реакцій на виноградну олію при проведенні косметичних процедур не спостерігалось [15, 16].

Показники якості зразків обраних олій представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники якості досліджуваних олій

Показники	Олія		
	соєва	куку- рудзяна	з виног- радних кісточок
1	2	3	4
Прозорість	Прозора без осаду		
Масова частка вологи і летких речовин, %	0,05	0,05	0,15
Мило (кількісна проба)	Відсутність		
Масова частка неомилених речовин, %	Відсутність		0,9
КЧ, мгКОН/г	0,22	0,20	0,5
ПЧ, ммоль ½ О /кг	0,80	0,50	1,5
АЧ, у.о.	3,05	1,20	2,8
Колірне число, мг I ₂	0,30	0,30	0,6

Жирнокислотний склад зразків обраних олій представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Жирнокислотний склад досліджуваних олій

Жирні кислоти	Олія		
	соєва	куку- рудзяна	з виног- радних кісточок
C _{16:0}	10,85±0,01	6,47±0,01	8,4±0,01
C _{16:1}	5,61±0,01	–	–
C _{18:0}	24,09±0,01	3,59±0,01	4,2±0,01
C _{18:1}	1,05±0,01	29,98±0,01	15,2±0,01
C _{18:2}	49,58±0,01	58,83±0,01	71,8±0,01
C _{18:3}	7,72±0,01	0,12±0,01	0,3±0,01
C _{20:0}	0,48±0,01	0,25±0,01	–
C _{20:1}	0,20±0,01	–	–
C _{22:0}	0,42±0,01	0,57±0,01	–
C _{24:0}	–	0,19±0,01	0,1±0,01
Разом	100,00	100,00	100,00

Як видно з даних таблиці 2 тільки у зразках соєвої олії співвідношення ω -6/ ω -3 ПНЖК задовольняє вимогам раціонального складу ПНЖК у продуктах харчування та косметичних продуктах (6,4:1). У зразках кукурудзяної олії дане співвідношення становить 483:1, а у складі зразків олії з виноградних кісточок – 236:1 (ліноленової кислоти практично не виявлено).

Визначено вміст антиоксидантів в обраних оліях (таблиця 3). З даних таблиці 3 видно, що

найвищим вмістом токоферолів серед досліджуваних зразків олій характеризується кукурудзяна олія ($152 \pm 1,8$ мг%).

Масові долі рослинних олій в купажованій олії розраховано з необхідності отримання заданого співвідношення ПНЖК (ω -6: ω -3 = (9–10):1). Результати розрахунку співвідношення компонентів купажованої олії для конкретних зразків олій дали таке рішення: кукурудзяна олія – 25 ± 2 %; соєва олія – 70 ± 2 %; олія з виноградних кісточок – 5 ± 2 %.

Визначення токоферолу в оліях проведено за методом спектрофотометричного аналізу [17].

Таблиця 3 – Антиоксиданти обраних рослинних олій

Біологічно активні речовини	Олія		
	соєва	кукурудзяна	з виноградних кісточок
Токоферолі, мг%	$147 \pm 1,2$	$152 \pm 1,8$	$108 \pm 1,0$

Вміст ненасичених жирних кислот в купажованій олії склав:

олеїнова кислота – $8,9 \pm 0,5$ %;

лінолева кислота – $53,5 \pm 1,0$ %;

ліноленова кислота – $5,4 \pm 0,5$ %,

тобто сумарний вміст ненасичених жирних кислот у купажованій олії – $67,8 \pm 1,0$ %, з них поліненасичених – $58,9 \pm 1,0$ % при співвідношенні ω -6: ω -3 = 10:1.

Стійкість до окиснювального псування сумішей обраних олій визначено за допомогою методу «активного кисню» за величиною періоду індукції зразка, що окиснювався за температури 85 ± 1 °С. На рисунку 1 графічно відображено результати окиснення зразків олій, що досліджувались.

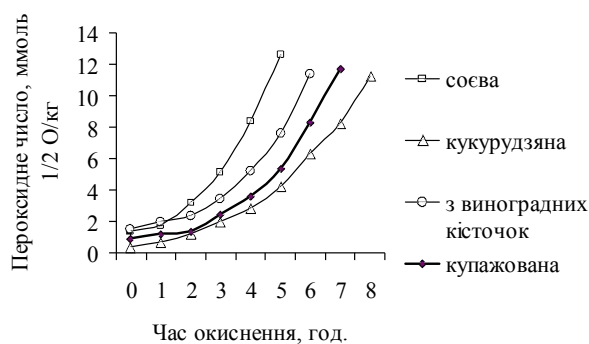


Рис. 1. Динаміка прискореного окиснення досліджуваних олій (соєвої, кукурудзяної, олії з виноградних кісточок) та купажованої олії на їх основі

Як видно з графіків, найвищий період індукції серед досліджуваних олій має кукурудзяна (біля 4,5 годин). Період індукції олії з виноградних кісточок – 4 години.

Найнижчий період індукції виявився у соєвої олії – 2,5 годин.

Стійкість до окиснення купажованої олії розробленого складу, тобто її період індукції має проміжне значення – 3,5 годин.

Висновки

Розроблена купажована олія представляє собою олію підвищеної біологічної цінності, вона збалансована за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп.

Для підвищення окиснювальної стабільності розроблена жирова основа може бути стабілізована антиоксидантами рослинного походження.

Пропонується застосовувати дану олію як жирову основу крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Список літератури: 1. ДСТУ 2472:2006. Продукція парфумерно-косметична. Терміни та визначення понять. [Текст]. – Уперше (зі скасуванням ДСТУ 2472–94) ; введ. 2006–07–01. – К. : УДА «Укрефінпарфюмерпром», 2006. – 66 с. 2. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases [Text] : Report of a joint WHO/FAO expert consultation (Geneva, 28 January – 1 February 2002) / World Health Organization. – WHO technical report series no. 916. – Geneva: WHO, 2003. – 149 p. – ISBN 92 4 120916 X. – ISSN 0512–3054. 3. Скорюкин А.П. Купажированные растительные масла со сбалансированным жирнокислотным составом для здорового питания [Текст] / А.П. Скорюкин, А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. – 2002. – № 2. – С. 26–27. 4. Новая косметология [Текст] / А.А. Марголина, Е. И. Эрнандес, О. Э. Зайкина – М. : Кламель, 2004 – 204 с. 5. Левачев М.М. Развитие исследований в области оценки биологического действия жировой части рационов [Текст] / М.М. Левачев // Теоретические и клинические аспекты науки о питании. – 1986. – Т. VII. – С. 34–44. 6. Lipids in modern nutrition [Text] / Ed. by M. Horisberger and U. Bracco. Nestle nutrition. – N.–Y.: Raven Press. – 1987. – 248 p. 7. Смоляр В.І. Концепція ідеального жирового харчування [Текст] / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. – 2006. – №4, – С. 14–24. 8. Нечаев А.П. Растительные масла функционального назначения [Текст] / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. 2005. – №3. – С.20–21. 9. Кулакова С.Н. Особенности растительных масел и их роль в питании [Текст] / С.Н. Кулакова, В.Г. Байков, В.В. Бессонов, А.П. Нечаев, В.В. Тарасова // Масложировая промышленность. – 2009. – №3. – С.16–20. 10. Григорьева В.Н., Лисицин А.Н. Смеси растительных масел – биологически полноценные продукты [Текст] / Масложировая промышленность. – 2005. – №1. – С. 15–17. 11. ДСТУ 8808:2003. Олія кукурудзяна. Технічні умови [Текст]. – Введ. 2005–09–15. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2003. – 12 с. 12. ДСТУ 4534:2006. Соєва олія. Технічні умови [Текст]. – Введ. 2008–01–01. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2008. – 23 с. 13. Knapp H.R. Physiological and

biochemical effects of ω -3 fatty acids in man [Text] / H.R. Knapp // Essential Fatty Acids and Eicosanoids / Eds A. Sinclair, R. Gibson. – Champaign: AOCS Publications. – 1993. – P. 330–333. **14.** Сравнение состава и качества масел, полученных экстракцией и прессованием семян винограда [Текст] / И.В. Черноусова, Н.В. Сизова // Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 129–132. **15.** Исследование свойств виноградного масла, полученного низкотемпературной экстракцией [Текст] / Огай Ю.А., Ткаченко М.Г., Черноусова И.В. // Масложировой комплекс. – 2010. – №3. – С. 54–55. **16.** Масло из косточек винограда – перспективное сырье для фармацевтической и косметической продукции / Е.В. Бокшан, Р.Е. Дармограй // Провизор. – 2000. – №5. – С. 87–91. **17.** ГОСТ 30417–96. Метод определения массовых долей витаминов А и Е [Текст]. – Введ. 2009–01–01. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. – 5 с.

Bibliography (transliterated): **1.** DSTU 2472:2006. Produkcija parfumerno-kosmetichna. Termini ta viznachenja ponjat. [Tekst]. – Upershe (zi skasuvannjam DSTU 2472–94); vved. 2006–07–01. – K. : UDA «Ukrefirparfjumerprom», 2006. – 66 p. **2.** Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases [Text] : Report of a joint WHO/FAO expert consultation (Geneva, 28 January – 1 February 2002) / World Health Organization. – WHO technical report series no. 916. – Geneva: WHO, 2003. – 149 p. – ISBN 92 4 120916 X. – ISSN 0512–3054. **3.** Skorjukin A.P. Kupazhirovanne rastitel'nye masla so sbalansirovannym zhirnokislottym sostavom dlja zdorovogo pitanija [Tekst] / A.P. Skorjukin, A.P. Nechaev, A.A. Kochetkova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2002. – № 2. – P. 26–27. **4.** Novaja kosmetologija [Tekst] / A.A. Margolina, E. I. Jernandes, O. Je. Zajkina – M. : Klavel', 2004 – 204 p. **5.** Levachev M.M. Razvitie issledovanij v oblasti ocenki biologicheskogo dejstvija zhirovoj chasti racionov [Tekst] / M.M. Levachev // Teoreticheskie i klinicheskie aspekty nauki o pitanii. – 1986. – T.VII. – S. 34–44. **6.** Lipids in modern nutrition [Text] / Ed. by M.Horisberger

and U. Bracco. Nestle nutrition. – N.–Y.: Raven Press. – 1987. – 248 p. **7.** Smoljar V.I. Koncepcija ideal'nogo zhirovogo harchuvannja [Tekst] / V. I. Smoljar // Problemi harchuvannja. – 2006. – №4, – P. 14–24. **8.** Nechaev A.P. Rastitel'nye masla funkcional'nogo naznachenija [Tekst] / A.P. Nechaev, A.A. Kochetkova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2005. – №3. – S.20–21. **9.** Kulakova S.N. Osobennosti rastitel'nyh masel i ih rol' v pitanii [Tekst] / S.N. Kulakova, V.G. Bajkov, V.V. Bessonov, A.P. Nechaev, V.V. Tarasova // Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2009. – №3. – P.16–20. **10.** Grigor'eva V.N., Lisicin A.N. Smesi rastitel'nyh masel – biologicheski polnocennye produkty [Tekst] Maslozhirovaja promyshlennost'. – 2005. – №1. – P.15–17. **11.** DSTU 8808:2003.Olija kukurudzjana. Tehnichni umovi [Tekst]. – Vved. 2005–09–15. – K. : DP «UkrNDNC», 2003. – 12 p. **12.** DSTU 4534:2006. Soeva olija. Tehnichni umovi [Tekst]. – Vved. 2008–01–01. – K. : DP «UkrNDNC», 2008. – 23 p. **13.** Knapp H.R. Physiological and biochemical effects of ω -3 fatty acids in man [Text] / H.R. Knapp // Essential Fatty Acids and Eicosanoids / Eds A. Sinclair, R. Gibson. – Champaign: AOCS Publications. – 1993. – P. 330–333. **14.** Sravnenie sostava i kachestva masel, poluchennyh jekstrakciej i pressovanem semjan vinograda [Tekst] / I.V. Chernousova, N.V. Sizova // Himija rastitel'nogo syr'ja. – 2011. – № 3. – P. 129–132. **15.** Issledovanie svojstv vinogradnogo masla, poluchennogo nizkotemperaturnoj jekstrakciej [Tekst] / Ogaj Ju.A., Tkachenko M.G., Chernousova I.V. // Maslozhirovoj kompleks. – 2010. – №3. – P. 54–55. **16.** Maslo iz kostocek vinograda – perspektivnoe syr'e dlja farmaceuticheskoj i kosmeticheskoj produkcii / E.V. Bokshan, R.E. Darmograj // Provizor. – 2000. – № 5. – P. 87–91. **17.** GOST 30417–96. Metod opredelenija massovyh dolej vitaminov A i E [Tekst]. – Vved. 2009–01–01. – M.: Mezghosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 2009. – 5 p.

Надійшло (received) 08.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кричківська Лідія Васиївна – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ», м. Харків; тел.: 050-30-197-02; e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua.

Марченко Валерія Сергіївна – аспірант кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ», м. Харків; тел.: 067-57-426-97; e-mail: valerija_marchenko@yahoo.com.

УДК 004.4

Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ**ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СВОБОДНЫХ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ**

В статье рассмотрено состояние финансирования системы высшего образования Украины. Определены внутренние ресурсы ВУЗов для проведения модернизации учебных лабораторий компьютерных технологий: парка вычислительной техники и программного обеспечения, связанные с переходом на использование в учебном процессе свободного программного обеспечения. Проанализированы преимущества и недостатки предлагаемого подхода. Сделаны выводы относительно экономической целесообразности предлагаемого в настоящей публикации подхода.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

Введение.

Современная экономическая ситуация в Украине сказывается на уровне финансирования системы высшего образования. Так, финансирование Министерства образования Украины сократилось с 25,2 млрд. грн. в 2013 году до 19,7 млрд. грн. в 2015 году [1, 2]. В условиях сокращения финансирования системы высшего образования Украины нарастает необходимость обновления парка устаревшей вычислительной техники и проприетарного программного обеспечения высших учебных заведений, что требует значительных финансовых затрат. Закупка нового программного обеспечения и компьютеров усугубляется тем обстоятельством, что эта продукция является импортной и закупочные цены на неё за последнее время выросли втрое в связи с ростом обменного курса американского доллара, что не в последнюю очередь способствует распространению нелегального (пиратского) программного обеспечения. Так, доля нелегального программного обеспечения в государственных учреждениях Украины составляет по разным оценкам от 60 до 70% [3, 4].

Проблема лицензирования и обновления программного обеспечения.

В связи с окончанием срока лицензированной поддержки Windows XP, прекращением официальной всеобщей поддержки и выпуском обновлений безопасности [5] необходимо осуществить переход на новые версии операционных систем семейства Windows (Windows 7, Windows 8). Новые версии операционных систем и программного обеспечения являются все более требовательными к вычислительным ресурсам компьютера, что непосредственно связано с эмпирическим законом Мура [6].

В соответствии с законом Мура количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца (по другим данным – каждые 18 месяцев), следствием чего является увеличение вычислительных мощностей центрального процессора. Производители программного обеспечения ориентируются на рост вычислительных мощностей современных компьютеров конечных пользователей, что приводит к разработке все более требовательных к ресурсам операционных систем и приложений. Таким образом, обновление операционных систем и программного обеспечения требует обновления парка вычислительной техники. В условиях ограниченности финансирования обычно идут

путём обновления лишь программного обеспечения, обновление же парка вычислительной техники откладывается.

Обновление операционных систем и программного обеспечения приводит к тому, что на морально устаревшие компьютеры устанавливаются современные ресурсоемкие приложения, например, Visual Studio 2013. Такая практика приводит, как указывалось выше, к росту доли пиратского программного обеспечения, а также к значительному увеличению у студентов психологического дискомфорта при работе с ресурсоемкими приложениями на устаревших по вычислительным мощностям компьютерах и пониженным интересом к практическим и лабораторным занятиям, связанным с компьютерными технологиями. Иллюстрацией к утверждению о том, что студенты испытывают дискомфорт при работе с предоставляемыми кафедрой компьютерами и программным обеспечением, может служить следующий факт. От двух до пяти студентов в каждой академической группы предпочитают использовать во время занятий собственные ноутбуки, мотивируя это тем, что предоставляемые кафедрой компьютеры и программное обеспечение работают "слишком медленно".

Решение проблемы.

Выходом из положения является внедрение на рабочем месте студента свободного программного обеспечения (СПО). СПО представляет собой программный продукт, пользователи которого имеют право на неограниченную его установку, использование, изучение, распространение и изменение. Как правило, СПО является бесплатным и значительно менее требовательным к вычислительным мощностям и оборудованию компьютера.

Альтернативой операционной системы Windows 8 могут быть свободно распространяемые операционные системы семейства GNU/Linux, например, Debian 8.0, цены и условия лицензирования которых приведены в табл. 1.

Данные, представленные в табл. 1 свидетельствуют об экономической целесообразности использования свободных операционных для рабочих мест студентов в компьютерных классах. Экономия финансовых средств составит 35 880,00 грн. для 12-ти компьютеров компьютерного класса.

Таблиця 1 – Умовия ліцензування и цены операционных системам

Наименование операционной системы	Тип лицензии	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерного класса (12 компьютеров)
Windows 8.1	Проприетарная [7]	2 990,00 [9]	35 880,00
Debian 8.0	Свободная (DFSG) [8]	0,00	0,00

В табл. 2 приведены минимальные и рекомендуемые системные требования к Windows 8 и Debian 8.0.

Как показано в табл. 2, системные требования к операционной системе Debian 8.0 ниже, чем для Windows 8.1. Необходимо отметить, что системные требования к ОС Debian 8.0 сильно варьируют в зависимости от выбора окружения рабочего стола, что

Таблиця 2 – Системные требования к операционным системам

Наименование операционной системы	Системные требования [10, 11]	
	Минимальные	Рекомендуемые
Windows 8.1	ОЗУ: 1 ГБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 16 ГБ	ОЗУ: 2 ГБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 20 ГБ
Debian 8.0	ОЗУ: 128 МБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 5 ГБ	ОЗУ: 512 МБ Тактовая частота процессора: 1 ГГц Пространства на жестком диске: 5 ГБ

Основные системные требования окружений рабочих столов операционных системах GNU/Linux представлены в табл. 3. Как видно из данных, приведенных в табл. 3, ОС Debian 8.0 может быть установлена на недорогой компьютер, оснащенный 512 МБ ОЗУ и процессором с тактовой частотой от 500 до 1000 МГц.

Сложности, связанные с внедрением СПО.

Несмотря на приведённые выше несомненные преимущества использования свободных операционных систем для организации рабочего места студента, существуют обстоятельства, осложняющие внедрение СПО. К таким обстоятельствам относится необходимость поиска альтернативных пакетов прикладных программ, если таковые не являются кроссплатформенными и не обладают в достаточной для проведения занятий мере развитым веб-интерфейсом. К таким пакетам прикладных программ могут быть отнесены Microsoft Office 2013, Visual Studio Professional 2013, Mathcad и прочие, которые не разрабатываются для ОС семейства GNU/Linux.

Хотя приведённые пакеты прикладных программ имеют кроссплатформенно свободно распространяемые альтернативы, но их внедрение в учебный процесс связан с необходимостью переобучения преподавательского состава, а также разработкой новых учебных программ, адаптацией существующих учебных программ к новому программному обеспечению.

К факторам, осложняющим внедрение СПО следует отнести также отсутствие системного централизованного государственного подхода к решению данной проблемы на уровне государственных

показано в табл. 3. Снижение системных требований способствует более "отзывчивому" графическому интерфейсу пользователя, а равные по системным требованиям приложения будут выполняться быстрее в среде менее ресурсоемких операционных систем.

Производительность операционной системы также определяется легковесностью окружения рабочего стола. В то время как в ОС Windows 8.1 не существует альтернатив ресурсоемкому окружению рабочего стола Metro, ориентированному для использования на планшетных персональных компьютерах, в операционных системах GNU/Linux представлен широкий выбор окружений рабочего стола, отличающихся системными требованиями, имеющих классический интерфейс и все знакомые пользователю элементы, такие как рабочий стол, панель задач, и системный лоток [12].

программ и системы ГОСТов относительно электронного документооборота.

Таблиця 3 – Системные требования окружений рабочих столов

Наименование окружения рабочего стола	Системные требования	
	Размер ОЗУ	Тактовая частота процессора
GNOME	768 МБ	400 МГц
Unity	1 ГБ	1 ГГц
Cinnamon	512 МБ	1 ГГц
MATE	512 МБ	800 МГц
KDE	615 МБ	1 ГГц
Xfce	192 МБ	300 МГц
LXDE	128 МБ	266 МГц
Enlightenment	64 МБ	200 МГц
Razor-qt	192 МБ	300 МГц

Хотя государственный комитет связи и информатизации Украины в 2010 году готовил программу использования в органах госвласти программного обеспечения с открытым кодом, которая могла бы решить проблему нелегального программного обеспечения в госорганах и системе высшего образования Украины, а также сэкономить на закупке программного обеспечения от перехода госаппарата на открытое ПО до 87% бюджетных средств [13]. Но данная программа была полностью провалена уже в конце 2014 года [14].

Международный опыт внедрения СПО. Существующие сложности внедрения свободных операционных систем и СПО не являются критическими

и непреодолимыми. Так, например, в Германии около 40% учебных заведений используют GNU/Linux (университеты, школы), в Испании более чем 400 тыс. компьютерных систем учебных заведений используют GNU/Linux, ВУЗы Швейцарии также активно используют в образовательном процессе GNU/Linux [15]. Свободное программное обеспечение широко внедрено и используется как при обучении специалистов в области информационных технологий, так и при информационной подготовке специалистов различного направления в ряде университетов Российской Федерации, таких как Московский государственный университет (МГУ), Удмуртский государственный университет (УдГУ), Санкт-Петербургский торгово-экономический институт (СПбТЭИ), Томский государственный педагогический университет (ТПУ), Университет города Переславля, Южный федеральный университет (ЮФУ), Елецкий государственный университет (ЕГУ) [16].

Выводы. Таким образом, показаны внутренние ресурсы высших учебных заведений Украины, использование которых позволяет модернизировать парк компьютерной техники в лабораториях информационных технологий и на рабочих местах студентов, а также обновить программное обеспечение. Предложенный подход имеет положительным экономическим эффект от внедрения свободного программного обеспечения в системе высшего образования Украины и подтверждается положительным отечественным и международным опытом.

Список литературы: 1. *Экономика – Финансы*. Все на армию, образование не приоритет: кому урежут бюджет -2015 / *Экономика–Финансы*, 25 декабря 2014. – Режим доступа: <http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjudzhet--2015>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 2. *Дарья Марчак*. В бюджете-2013 депутаты тайком увеличили расходы на себя, Кабмин и милицию / *Дарья Марчак* // *Государство - Forbes Украина*, 11 декабря 2012. – Режим доступа: <http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvlechili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 3. *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*. Microsoft: в госорганах Украины пиратского ПО — 70% / *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*, 26 декабря 2014. – Режим доступа: <http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganakh-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 4. *microsoft.com*. Статистика и вред пиратства / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 5. *microsoft.com*. Оканчивается поддержка для Windows XP / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows/end-support-help>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 6. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Moore's law / *Wikipedia, the free encyclopedia*, 13 мая 2015. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law. – Дата обращения: 17 мая 2015. 7. *microsoft.com*. Microsoft Volume Licensing – Windows 8.1 / *microsoft.com*. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/windows8-1.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 8. *debian.org*. Debian -- License information / *debian.org*. – Режим доступа: <https://www.debian.org/legal/licenses/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 9. *Magazin Microsoft Ukraine*. Windows 8.1 / *Magazin Microsoft Ukraine*. – Режим доступа: www.microsoftstore.com/store/msmea/uk-UA/pdp/productID.28880100. Дата обращения: 17 мая 2015. 10. *microsoft.com*. System requirements - Microsoft Windows / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://windows.microsoft.com/is-IS/windows-8/system-requirements>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 11. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Debian / *Wikipedia, the free encyclopedia*, 5 мая 2015. – Режим до-

ступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Debian#Hardware_requirements. – Дата обращения: 17 мая 2015. 12. *Charles E. Craig, Jr.*. Desktop Environments for Linux / *Charles E. Craig, Jr.*. – Режим доступа: <https://renewablepcs.wordpress.com/about-linux/kde-gnome-or-xfce/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 13. *Информагентство "Українські новини"*. Украина создаст государственный Linux / *Информагентство "Українські новини"*, 31 августа 2010. – Режим доступа: <http://ukranews.com/news/25919.---ru>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 14. *Stas Yurasov*. Украина провалила программу перехода на альтернативный софт / *Stas Yurasov, Viktoriya Vlasenko* // Деловой портал «Капитал». Бизнес начинается с Капитала, 5 декабря 2014. – Режим доступа: <http://www.capital.ua/ru/publication/36180-ukraina-provalila-programmu-perekhoda-na-alternativnyy-soft>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 15. *ualinux.com*. Кто использует Linux и СПО? / *ualinux.com*. – Режим доступа: <https://ualinux.com/en/use-linux>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 16. *Алексеев Е. П.* Использование свободного программного обеспечения в университетах и исследовательских учреждениях Российской Федерации / *Е.П. Алексеев, В.Н. Брагилевский* // Матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції FOSS Lviv 2012, 26-28 квітня 2012 р. : Тези допов. – Львів : 2012. – С. 5.

Bibliography (transliterated): 1. *Ekonomika — Finansy*. Vse na armiyu, obrazovaniye ne prioritet: komu urezhat byudzhet 2015. *Ekono-mika–Finansy*, 30 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjudzhet--2015>>. 2. *Dar'ya Marchak*. V byudzhet-2013 deputaty tajkom uvlechili rashody na sebya, Kabmin i militsiyu. *Gosudarstvo - Forbes Ukraina*, 11 December 2012. Web. 08 May 2015 <<http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvlechili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>>. 3. *IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina*. Microsoft: v gosorganakh Ukrainy piratskogo PO — 70%. *IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina*, 26 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganakh-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>>. 4. *microsoft.com*. Statistika i vred piratstva. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>>. 5. *microsoft.com*. Okanchivayetsya podderzhka dlya Windows XP. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://windows.microsoft.com/ru-ru/windows/end-support-help>>. 6. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Moore's law. *Wikipedia, the free encyclopedia*, 13 May 2015. Web. 17 May 2015 <https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law>. 7. *microsoft.com*. Microsoft Volume Licensing – Windows 8.1. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/windows8-1.aspx>>. 8. *debian.org*. Debian -- License information. *debian.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.debian.org/legal/licenses/>>. 9. *Magazin Microsoft Ukraine*. Windows 8.1. *Magazin Microsoft Ukraine*. Web. 17 May 2015 <<http://www.microsoftstore.com/store/msmea/uk-UA/pdp/productID.288801000>>. 10. *microsoft.com*. System requirements - Microsoft Windows. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<http://windows.microsoft.com/is-IS/windows-8/system-requirements>>. 11. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Debian. *Wikipedia, the free encyclopedia*, 5 May 2015. Web. 17 May 2015 <http://en.wikipedia.org/wiki/Debian#Hardware_requirements>. 12. *Charles E. Craig, Jr.*. Desktop Environments for Linux. *Charles E. Craig, Jr.*. Web. 17 May 2015 <<https://renewablepcs.wordpress.com/about-linux/kde-gnome-or-xfce/>>. 13. *Informagentstvo "Ukrainski novini"*. Ukraina sozdast gosudarstvennyy Linux. *Informagentstvo "Ukrainski novini"*, 31 August 2010. Web. 17 May 2015 <<http://ukranews.com/news/25919.---ru>>. 14. *Stas Yurasov, Viktoriya Vlasenko*. Ukraina provalila programmu perekhoda na al'ternativnyy soft. *Delovoy portal «Kapital»*. *Biznes nachinayetsya s Kapitala*, 5 December 2014. Web. 17 May 2015 <<http://www.capital.ua/ru/publication/36180-ukraina-provalila-programmu-perekhoda-na-alternativnyy-soft>>. 15. *ualinux.com*. Кто использует Linux и СПО? / *ualinux.com*. Web. 17 May 2015 <<https://ualinux.com/en/use-linux>>. 16. *Alekseyev Ye. R., V.N. Bragilevskiy*. "Ispolzovaniye svobodnogo programmnogo obespecheniya v universitetakh i issledovatel'skikh uchrezhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii". *Materiali drugoi mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii FOSS Lviv 2012*, 26-28 kvitnya 2012 : Tezi dopov. L'viv : 2012. 5. Print.

Поступила (received) 01.09.2015

Краснокутский Евгений Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.

УДК 664.36

Т. В. МАТВЄЄВА

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОЛІЕНАСИЧЕНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) надзвичайно важливі для здоров'я людини. Організм людини не в змозі самостійно виробляти ці кислоти. Вони потрапляють до організму з їжею. Однак не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами. В статті здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової (АК), ейкозапентаєнової, γ -ліноленої, лінолевої та інших з доступної вітчизняної сировини з метою подальшого їх використання у харчовій, косметичній, фармацевтичній та хімічній галузях.

Ключові слова: поліненасичені жирні кислоти, «незамінні» жирні кислоти, *Mortierella alpina*, арахідонова кислота, технологія, гідроліз, біоконверсія, трансформація.

Постановка проблеми. Отримання достатньої кількості ω -6 і ω -3 ПНЖК («незамінних» або есенціальних) дуже важливо для нормального психічного стану, працездатності та бадьорості людини. Найважливішими ПНЖК є ліолева (ω -6), ліоленова (ω -3) та арахідонова (ω -6) кислоти. Комплекс цих ПНЖК кислот ще називають вітаміном *F*. Вони впливають на ріст, формування і функціонування кровоносних судин, нервової системи, розвиток залоз, зволоженість шкіри та загальний фізичний стан. Однак організм людини не в змозі самостійно виробляти ці необхідні для його здоров'я – ліолеву та ліоленову кислоти, а тому потрібно забезпечити їх отримання з їжею, наприклад збалансованими за жирнокислотним складом купажеваними оліями. В організмі людини з ліолевої кислоти при наявності вітаміну *B*₆ і токоферолу утворюється арахідонова кислота (АК), яка входить до складу фосфоліпідів – основи клітинних мембран. Найбільша кількість її виявляється в мозку та м'язах. Крім того, АК як запальний медіатор бере участь у передачі клітинних сигналів. На початковому етапі еволюції людства співвідношення між ЖК групи ω -6 і ω -3 у харчуванні дорослої людини становило близько 1 : 1 – 4 : 1. В даний час воно становить 25 : 1. Така зміна оптимальної пропорції між незамінними ЖК у харчовому раціоні людини не може не позначитися на його (людини) здоров'ї [1]. Слід відмітити, що не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами (ранній вік, хвороба, непереносимість харчового продукту та ін.) і тоді потрібно вдаватися до використання фармпрепаратів або біологічно активних добавок. А для їх одержання потрібні індивідуальні ПНЖК.

Основними сферами застосування індивідуальних ПНЖК є не тільки фармакологічна та харчова галузі, але і косметична, сільське господарство. Прикладом використання індивідуальних «незамінних» ЖК у харчовій галузі може бути одержання молочних сумішей для дітей першого року життя. Основна задача, яка поставлена перед виробниками дитячих молочних сумішей – максимально наблизити жирнокислотний склад свого продукту до складу жіночого молока, оскільки коров'яче молоко містить істотно менше незамінних ПНЖК, ніж жіноче. Важливим при цьому є забезпечення достатнього рівня ліоле-

вої кислоти (4000 – 8000 мг/л), оптимального співвідношення між ω -6 і ω -3 ПНЖК, яке становить в жіночому молоці 10 : 1 – 7 : 1, і оптимального співвідношення вітаміну *E* та ПНЖК [2 – 4]. Порухення цих вимог неминуче приведе до суттєвих порушень метаболізму, оскільки і ω -6 (ліолева і арахідонова), і ω -3 ЖК (ліоленова, докозагексаєнової і ейкозапентаєнової), що є есенціальними для людини і особливо для дітей раннього віку, виконують ряд ключових функцій в організмі [5, 6]. При цьому важливий саме оптимальний рівень цих кислот у продукті, оскільки їх надлишок або зниження співвідношення між вітаміном *E* – основним антиоксидантом – і кількістю ПНЖК в заміниках може привести до несприятливих наслідків і, насамперед, до посилення окиснення ліпідів, а порушення співвідношення між ω -6 і ω -3 ЖК в суміші супроводжується зміною співвідношення в організмі дитини різних класів ейкозаноїдів, що грають важливу роль в регуляції різних фізіологічних реакцій [5 – 8]. Для забезпечення адекватного вмісту в заміниках жіночого молока ω -3 ЖК раніше до складу продуктів вводили соєву олію, що містить до 10 % γ -ліноленої кислоти – метаболічної попередниці ейкозапентаєнової і докозагексаєнової ЖК. Однак пізніше було встановлено, що організм дітей перших тижнів життя і особливо недоношених дітей не здатний утворювати ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти з ліноленої кислоти внаслідок ще незрілості ферментативної системи, що каталізує цю реакцію. До того ж, на сьогоднішній день соєву олію віднесено до алергенних продуктів. Тому вченими розроблено заміники жіночого молока, що містять ейкозапентаєнової і докозагексаєнової кислоти, джерелом яких служать препарати очищеного риб'ячого жиру або олії одноклітинних водоростей – *Cryptocodinium cohnii*, а також арахідонову кислоту, джерелом якої найчастіше є олія одноклітинних грибів – *Mortierella alpina* [7]. При цьому вельми істотним є забезпечення правильного співвідношення в сумішах довго ланцюгових ПНЖК ω -6 і ω -3 сімейства – арахідонової (20 : 4 ω -6), докозагексаєнової (22 : 6 ω -3), ейкозапентаєнової (20 : 5 ω -3), особливо враховуючи дані про можливий несприятливий вплив надлишку ейкозапентаєнової кислоти на ріст дітей [9].

У сільському господарстві індивідуальні ПНЖК

застосовують у вигляді їх етилових естерів, які використовують для росту, розвитку і підвищення врожайності ярої пшениці, а також для придушення життєдіяльності патогенів, що вражають наземну та кореневу частину рослин хворобами. З'ясовано, що в концентраціях 10^{-4} і 10^{-5} г/л отриманий препарат має стимулюючий вплив на ріст ярої пшениці і у всіх випробуваних концентраціях (10^{-5} – 10^{-2} г/л) викликає активізацію захисних сил рослини від фітопатогенів, що викликають борошнисту росу, септоріоз або кореневу гниль [10]. Дослідженнями препарату етилових ефірів ПНЖК, що містять близько 65 % етилового ефіру АК, встановлено, що обробка насіння гірчиці водним розчином, що містить етиловий ефір АК в концентрації $1,2 \cdot 10^{-7}$ г/л, стимулює швидкість їх проростання, збільшує їх схожість і довжину паростків порівняно з контролем. Крім того, даний препарат здатен в низьких концентраціях індукувати стійкість картоплі до фітопатогенів [11].

У зв'язку з вище наведеним та враховуючи високий рівень розвитку сільськогосподарства в Україні, удосконалення існуючих та створення нових ефективних вітчизняних технологій отримання індивідуальних ПНЖК для використання у виробництві фармпрепаратів, косметичної та харчової продукції, стимуляторів росту рослин, є на даний час актуальним.

Мета роботи. Метою роботи є здійснення аналізу науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової, лінолевої та інших кислот з доступної вітчизняної сировини для подальшого їх використання у фармацевтичній, косметичній, харчовій та хімічній галузях.

Сучасний стан проблеми. На даний час технологія одержання вищих ЖК з жирової сировини (хімічний гідроліз жирів) заснована на використанні високих температур (200 – 250 °C) і тисків (4 МПа), що призводить до великих енергозатрат і як наслідок – високої вартості кінцевого продукту – жирних кислот [12]. До того ж, у таких жорстких умовах ненасичені ЖК розпадаються, утворюють небажані полімери, кетони й вуглеводні [13].

Існує ферментний гідроліз з використанням, наприклад, неселективної ліпази, яка отримана з *Candida cylindracea* (*Candida rugosa*) або *Pseudomonas sp.*, що дозволяє реалізувати альтернативний процес для виробництва ЖК у м'яких умовах. Однак при використанні даних ліпаз ведеться відщеплення ЖК у всіх трьох положеннях гліцеринової основи, як і у випадку хімічного гідролізу [13], а значить другим етапом ферментного гідролізу повинна стати дистиляція одержаної суміші ЖК, яку проводять в вакуумі, а це може призвести до перегрівання ненасичених зв'язків та втраті їх біологічної активності. До того ж вартість кінцевого продукту (ПНЖК) збільшується.

Як вихідну жирову сировину для хімічного або ферментативного гідролізу використовують різні жири та олії, але для одержання індивідуальних ПНЖК бажано використовувати жири, що багаті на ці ненасичені жирні кислоти, наприклад, риб'ячий

жир. Але вироблений в Україні риб'ячий жир має низьку якість, а імпортований - високу ціну, яка звичайно буде впливати на вартість отриманих ПНЖК.

Основним джерелом отримання індивідуальної АК на сьогодні є ліпідні екстракти з печінки свиней та інших органів тварин, що робить їх великомасштабне виробництво неефективним (вміст АК складає не більше 0,2 % в перерахунку на суху масу) [14].

Протягом останніх двадцяти років значні успіхи були досягнуті в області біотехнологічного отримання АК за допомогою нижчих грибів і морських водоростей, які в ряді випадків дозволили здійснити її промислове виробництво [14].

Перспективним способом одержання ПНЖК, згідно робіт вчених Уфимського державного нафтового технічного університету, є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella* [14 – 22]. Ефективним продуцентом ПНЖК є штам *Mortierella alpina 18-1*, який синтезує на рідкому глюкозо-картопляному середовищі до 42 % ліпідів, 56 % з яких є арахідоновою кислотою. Вихід арахідонової кислоти можна збільшити до 63,6 – 68,7 %, якщо середовище замінити на вівсяне з додаванням 1 % гліцерину та 0,01 % $ZnSO_4$ або $MgSO_4$. Зі збільшенням концентрації гліцерину прискорюється процес ліпідотворення, однак ріст грибу при цьому значно інгібується [15]. В роботі [16] одержано мутанти фікоміцету *Mortierella alpina 18-1*, які здатні більш ефективно рости на середовищах з підвищеним вмістом гліцерину. В даному випадку використано гліцерин, що отримано як побічний продукт при синтезі метилових ефірів жирних кислот (виробництво біодизеля). Найбільш ефективно проявив себе гриб *Mortierella alpina GP-1*. Методом хроматомаспектроскопії метилових ефірів жирних кислот ліпідів грибу *Mortierella alpina GP-1* виявлені наступні кислоти: пальмітинова, стеаринова, олеїнова (15 %), лінолева (17 %), γ -ліноленова (5 %), арахідонова (65 %). Російськими біотехнологами трансформацією лляної олії за допомогою штамів *Mortierella alpina 18-1* та його галорезистентного мутанта *Mortierella alpina XH-1* [17, 18], які вирощені на вівсяному середовищі з гліцерином, одержано ейкозапентаєнову кислоту. *Shimizu S.* та ін. проведено біоконверсію кунжутної та трансформацію лляної олії з використанням штаму *Mortierella alpina 1S-4*, що дозволило синтезувати дігомо- γ -ліноленову кислоту та ейкозапентаєнову кислоту, відповідно [23, 24]. В роботі [19] вченими досліджена можливість одержання ліпідів, що збагачені цінними ПНЖК, шляхом конвертації кукурудзяної олії за допомогою міцелій *Mortierella alpina GP-1*, які одержано на 8, 10 та 13 добу. Встановлено, що найбільш ефективно субстрат трансформується міцелієм, який одержано на 13 добу. Внесення олії вдруге на 16 добу дозволило додатково збільшити вихід грибних ліпідів.

Особливий інтерес викликає біоконверсія малоцінних або відпрацьованих олій, жирів та побічних продуктів олієжирового виробництва в грибний жир. В роботі [20] досліджена можливість використання тваринних (курячого, свинячого) та кулінарного жи-

рів для одержання ПНЖК за допомогою фікоміцетів. Однак результати дослідження показали, що кулінарний та тваринні жири у складі поживного середовища для культивування грибу *Mortierella alpina* GP-1 стимулює ріст та накопичення ліпідів, але при цьому знижує вміст арахідонової кислоти.

В роботі [21] розглянута можливість використання грибу *Mortierella alpina* GP-1 для синтезування ліпідів з високим вмістом арахідонової кислоти на середовищах, що вміщують різні відходи виробництва соняшникової олії, зокрема гідрофуз, шрот, лузга, жирні кислоти. Показано, що найбільш активно гриб росте на вівсяному середовищі з додаванням 1 % гідрофуза, а також на гліцериновміщуючому середовищі з сумішшю вівсяної крупи і шроту (1 : 1), накопичуючи до 25–27 % ліпідів, що містять 63–65 % арахідонової кислоти (від суми жирних кислот). Використання лушпиння для отримання арахідонової кислоти виявилось неможливим через відсутність у гриба ферментів, необхідних для розщеплення лігноцелюлози. Застосування жирних кислот в якості компонента ростового субстрату обмежується їх інгібуючою дією на ріст продуцента.

Можливість використання соапстоку – побічного продукту виробництва рафінованої соняшникової олії для одержання ліпідів, що вміщують ПНЖК, за допомогою мікроорганізмів, розглянута в [22]. Встановлено, що гриб *Mortierella alpina* GP-1 – продуцент арахідонової кислоти здатний рости на вівсяному середовищі з додаванням Na_2SO_4 (0,12 %) в присутності 0,5–2 % соапстоку з вмістом сухих речовин ~ 50 %. Кількість АК в ліпідах грибу, що отримано на середовищі з 0,5–1 % соапстоку досягає 56 %. При більш високих концентраціях соапстоку у середовищі (2–4 %) відбувається розвиток повітряного міцелію грибу та формування міцного субстратного міцелію, який містить ліпіди з низьким вмістом АК (~ 5 % від суми ЖК).

Висновки. В результаті роботи здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо існуючих технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової, ейкозапентаєнової, γ -ліноленової лінолевої та інших кислот. Встановлено, що індивідуальні ПНЖК можна отримувати різними технологіями, зокрема хімічним або ферментативним гідролізом з подальшою дистиляцією жирних кислот. Але ці методи є багатостадійними та енергоємними. Крім того для даних технологій потрібна вихідна сировина високої якості, яка на даний час в Україні відсутня. Перспективним способом одержання ПНЖК є мікробіологічний синтез з використанням грибу роду *Mortierella*. Використання побічних продуктів переробки олієжирової сировини для одержання індивідуальних ПНЖК надасть можливість знизити вартість кінцевого продукту, що в майбутньому зробить дану технологію конкурентоспроможною в порівнянні з іншими.

Список літератури: 1. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – М., 2004. – 36 с.

- Тутельян В. А. Детское питание. Руководство для врачей / под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня. – М.: Медицинское информационное агентство, 2009. – 968 с.
- Fomon S. J. Nutrition of normal infants / ed. by S. J. Fomon – Mosby, 1993. – 420 p.
- Коня И. Я. Руководство по детскому питанию // под ред. В. А. Тутельяна, И. Я. Коня – М.: Медицинское информационное агентство, 2004. – С. 52–170.
- Ziegler E. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition / ed by E. Ziegler, L. J. Filer. – Washington: ILSI Press, 1996. – P. 58–67.
- Carlsson S. E. Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood / S. E. Carlsson // *Annals of Nestle*. – 1997. – V. 55, № 2. – P. 52–62.
- Шилина Н. М. Современные представления о физиологических и метаболических функциях полиненасыщенных жирных кислот / Н. М. Шилина, И. Я. Коня // *Вопросы детской диетологии*. – 2004. – Т. 2, № 6. – С. 25–30.
- Шилина Н. М. Современные представления о биологической роли цинка и меди в питании детей первого года жизни / Н. М. Шилина // *Вопросы детской диетологии*. – 2006. – Т. 4, № 3. – С. 42–45.
- Коня И. Я. Современные представления о составе адаптированных молочных смесей и перспективах их совершенствования / И. Я. Коня, Л. С. Коновалова, Т. В. Абрамова // *Лечащий врач*. – 2011. – №8. – С. 28–30.
- Рахимова Г. М. Влияние производных полиненасыщенных жирных кислот гриба – продуцента арахиноновой кислоты на рост и развитие пшеницы сорта «ОМСКАЯ-36» / Г. М. Рахимова, Р. Ф. Исаев, Л. Х. Халимова, А. А. Шареева, Ю. Р. Галиуллина, О. В. Радцева // *Башкирский химический журнал*. – 2014. – №2. – С. 74–78.
- Петухова Н. И. Стимулирование роста и антистрессовой устойчивости растений с помощью производных полиненасыщенных липидов гриба *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, О. В. Ландер, Д. В. Щербакова, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2013. – №1. – С. 75–78.
- Арутюнян Н. С. Технология переработки жиров / Н. С. Арутюнян, Е. А. Аршинева, Л. И. Янова и др.; под ред. Н. С. Арутюняна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
- Гладкий Ф. Ф. Технология модифицированных жиров / Ф. Ф. Гладкий, В. К. Тимченко, I. М. Демидов та ін. – Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 214 с.
- Рахматуллина Ю. Р. Разработка метода получения полиненасыщенных жирных кислот: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 03.00.23 / Рахматуллина Ю. Р. – Казань, 2007. – 20 с.
- Петухова Н. И. Исследование корреляции ТТХ-редуктазной активности с содержанием арахиноновой кислоты в липидах гриба *Mortierella alpina* 18-1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, Я. Р. Якутова, Л. В. Спирихин, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2006. – №1. – С. 95–97.
- Петухова Н. И. Синтез полиненасыщенных жирных кислот глицеринустойчивым мутантом *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Митягина, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2010. – №5. – С. 50–52.
- Петухова Н. И. Биотрансформация льняного масла в липиды, обогащенные эйкозапентаеновой кислотой / Н. И. Петухова, Л. Я. Калимуллина, Ю. Р. Сюндюкова, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2008. – №1. – С. 19–21.
- Петухова Н. И. Исследование синтеза полиненасыщенных жирных кислот галорезистентным грибом *Mortierella alpina* ХН1 / Н. И. Петухова, Ю. Р. Рахматуллина, С. Н. Пантелеева, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2007. – №1. – С. 141–144.
- Петухова Н. И. Исследование биоконверсии кукурузного масла в полиненасыщенные грибные липиды с помощью фикомицета *Mortierella alpina* GP-1 / Н. И. Петухова, А. В. Хузина, О. В. Ландер, В. В. Зорин // *Башкирский химический журнал*. – 2009. – №4. – С. 83–85.
- Петухова Н. И. Ис-

следование влияния кулинарного жира и животных жиров на рост и липидообразование продуцента арахидоновой кислоты / *Н. И. Петухова, А. В. Митягина, О. В. Ландер, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2010. – №5. – С. 25 – 27. **21.** *Петухова Н. И.* Исследование роста и липидообразования гриба *Mortierella alpina* ГР-1 – продуцента арахидоновой кислоты на отходах производства подсолнечного масла / *Н. И. Петухова, А. А. Шараева, А. Н. Шакиров, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2013. – №3. – С. 74 – 79. **22.** *Шараева А. А.* Влияние соапстока на рост и синтез арахидоновой кислоты гриба *Mortierella alpina* ГР-1 / *А. А. Шараева, Н. И. Петухова, Д. В. Щербакова, В. В. Зорин* // Башкирский химический журнал. – 2014. – №1. – С. 49 – 53. **23.** *Shimizu S.* Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid / *S. Shimizu, H. Kawashima, K. Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada* // *J. Am. Chem. Soc.* – 1989. – V. 66. – P. 342 – 347. **24.** *Shimizu S.* Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature / *S. Shimizu, Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1989. – V. 32. – P. 1 – 4.

Bibliography (transliterated): 1. Metodicheskie rekomendatsii MR 2.3.1.1915 – 04. Rekomenduemye urovni potrebleniya pischevyyih i biologicheskii aktivnyih veshchestv. Moskva. 2004. Print. **2.** Tutelyan, V. A., I. Ya. Konya. Detskoe pitaniye. Rukovodstvo dlya vrachev. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2009. Print. **3.** Fomon, S. J. Nutrition of normal infants. Mosby. 1993. Print. **4.** Kon, I. Ya., V. A. Tutelyan. Rukovodstvo po detskomu pitaniyu. Moskva: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo. 2004. 52 – 170. Print. **5.** Ziegler, E., L. J. Filer. Essential dietary lipids in: Present knowledge in nutrition. Washington: ILSI Press. 1996. 58 – 67. Print. **6.** Carlsson, S. E. «Long chain polyunsaturated fatty acids in infants and children, in: Dietary fats in infancy and childhood». *Annales of Nestle.* Vol. 55. No 2. 1997. 52 – 62. Print. **7.** Shilina, N. M., I. Ya. Kon «Sovremennyye predstavleniya o fiziologicheskikh i metabolicheskikh funktsiyah polinenasyischennyih zhirnyih kislot». *Voprosy detskoj dietologii.* Vol. 2. No 6. 2004. 25 – 30. Print. **8.** Shilina, N. M. «Sovremennyye predstavleniya o biologicheskoy roli tsinka i medi v pitanii detey pervogo goda zhizni». *Voprosy detskoj dietologii.* Vol. 4. No 3. 2006. 42 – 45. Print. **9.** Kon, I. Ya. L. S. Konovalova, T. V. Abramova «Sovremennyye predstavleniya o sostave adaptirovannyih molochnyih smesey i perspektivah ih sovershenstvovaniya». *Lechaschiy vrach.* No 8. 2011. 28 – 30. Print. **10.** Rahimova, G. M., R. F. Isaev, L. H. Halimova, A. A. Sharaeva, Yu. R. Galiullina, O. V. Radtseva. «Vliyanie proizvodnyih polinenasyischennyih zhirnyih kislot griba – produtsenta arahidonovoy kisloty na rost i razvitie pshenitsyi sorta «OMSKAYA-36»». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 2. 2014. 74 – 78. Print. **11.** *Petuhova, N. I., O. V. Lander, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Stimulirovanie rosta i

antistressovoy ustoychivosti rasteniy s pomoschyu proizvodnyih polinenasyischennyih lipidov griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2013. 75 – 78. Print. **12.** Arutyunyan, N. S., E. A. Arisheva, L. I. Yanova. *Tehnologiya pererabotki zhirov.* Moskva: Agropromizdat. 1985. Print. **13.** Gladkiy, F. F., V. K. Timchenko, I. M. Demidov ta in. *Tehnologiya modiflkovanih zhiriv.* Kharkiv: Pidruchnik NTU «HPI». 2014. Print. **14.** Rahmatullina, Yu. R. *Razrabotka metoda polucheniya polinenasyischennyih zhirnyih kislot:* avtoref. dis... na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk: spets. 03.00.23 / *Rahmatullina Yu. R.* Kazan. 2007. Print. **15.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, Ya. R. Yahutova, L. V. Spirihin, V. V. Zorin.* «Issledovanie korrelyatsii TTH-reduktaznoy aktivnosti s soderzhaniam arahidonovoy kisloty v lipidah griba *Mortierella alpina* 18-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2006. 95 – 97. Print. **16.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, V. V. Zorin.* «Sintez polinenasyischennyih zhirnyih kislot glitserinustoychivym mutantom *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 5. 2010. 50 – 52. Print. **17.** *Petuhova, N. I., L. Ya. Kalimullina, Yu. R. Syundyukova, V. V. Zorin.* «Biotransformatsiya lnyanogo masla v lipidy, obogaschennyye eykozapentaenovoy kislotoy». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2008. 19 – 21. Print. **18.** *Petuhova, N. I., Yu. R. Rahmatullina, S. N. Panteleeva, V. V. Zorin.* «Issledovanie sinteza polinenasyischennyih zhirnyih kislot galarezis-tentnyim gibom *Mortierella alpina* HN-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2007. 141 – 144. Print. **19.** *Petuhova, N. I., A. V. Huzina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie biokonversii kukuruznogo masla v polinenasyischennyye gribnyie lipidy s pomoschyu fikomitseta *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 4. 2009. 83 – 85. Print. **20.** *Petuhova, N. I., A. V. Mityagina, O. V. Lander, V. V. Zorin.* «Issledovanie vliyaniya kulinarного zhira i zhivotnyih zhirov na rost i lipidoobrazovanie produtsenta arahidonovoy kisloty». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 5. 2010. 25 – 27. Print. **21.** *Petuhova, N. I., A. A. Sharaeva, A. N. Shakirov, V. V. Zorin.* «Issledovanie rosta i lipidoobrazovaniya griba *Mortierella alpina* GR-1 – produtsenta arahidonovoy kisloty na othodah proizvodstva podsolnechnogo masla». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 3. 2013. 74 – 79. Print. **22.** *Sharaeva, A. A., N. I. Petuhova, D. V. Scherbakova, V. V. Zorin.* «Vliyanie soapstoka na rost i sintez arahi-donovoy kisloty griba *Mortierella alpina* GR-1». *Bashkirskiy himicheskii zhurnal.* No 1. 2014. 49 – 53. Print. **23.** *Shimizu, S., K. Kawashima, Akimoto, Y. Shinmen, H. Yamada.* «Microbial conversion of an oil containing α -linolenic acid to an oil containing oicosapentaenoic acid». *J. Am. Chem. Soc.* Vol. 66. 1989. 342 – 347. Print. **24.** *Shimizu, S., Y. Shinmen, H. Kawashima, K. Akimoto, H. Yamada* «Conversion of linseed oil to an eicosapentaenoic acid-containing oil by *Mortierella alpina* IS-4 at low temperature». *Appl. Microbiol. Biotechnol.* Vol. 32. 1989. 1 – 4. Print.

Надійшло (received) 15.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Матвеева Тетяна Вікторівна – канд. техн. наук, доцент, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, учений секретар, м. Харків; тел.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.

Matveeva Tatyana Viktorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Scientific secretary, Kharkiv; tel.: (050) 259-72-80; e-mail: matveeva_73@mail.ua.

УДК 547.53

*Л.М. УЛЬЄВ, М.В. ІЛЬЧЕНКО***ЕКСТРАКЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПІНЧ-АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ТА ПОДІЛУ ГІДРОДЕАЛКІЛАТУ НА УСТАНОВЦІ ВИРОБНИЦТВА БЕНЗОЛУ**

Робота присвячена дослідженню та обробці результатів обстеження установки виробництва бензолу. Визначені передумови для мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв за рахунок максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи. В статті наводиться короткий опис процесу стабілізації та поділу гідроеалкілату. На базі розгляду технологічної схеми виробництва наведено аналіз даних енергоспоживання та визначено перспективи для пінч-інтеграції установки. З метою впровадження теплової інтеграції з теплообмінною мережою було виділено необхідну кількість технологічних потоків, які прийматимуть участь у теплообміні. Складено таблицю потових даних та наведено основні характеристики кожного потоку. Для існуючого процесу побудовано сіткову діаграму, за якою визначено потужність рекуперації установки.

Ключові слова: пінч-аналіз, теплообмін, потокова таблиця, сіткова діаграма, утиліти, рекуперація тепла.

Вступ.

Зростання цін на енергоресурси змушує енергозалежні країни диверсифікувати поставки енергоносіїв та прискореніми темпами реалізовувати програми збільшення енергоефективності промислового виробництва. За підсумками 2010 року енергоемність ВВП в Україні склала 1,4 кг н.е. на 1 дол. США. Цей показник є сьогодні найвищим серед країн Європи. Зокрема, в Росії енергоемність ВВП складає 0,75 кг н.е. / дол. США, в країнах Європи – 0,2 кг н.е. / дол. США [1]. Особливо важливим є зменшення енергоспоживання в хімічній, нафтохімічній і металургійній промисловості, де ціна на паливо становить основну частину собівартості продукції. Українським нафтопереробним заводам необхідна модернізація. Зниження питомого енергоспоживання можна досягти шляхом модернізації окремих систем виробництва, установок і заводів в цілому, а також удосконаленням окремих виробничих операцій. Застосування методів теплоенергетичної інтеграції дозволяє домогтися істотної фінансової економії за рахунок мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв, шляхом максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи [2].

У представленій роботі проведено обстеження стабілізації та поділу гідроеалкілату на установці виробництва бензолу.

Опис технологічної схеми установки. Стабілізація гідроеалкілату протікає наступним чином.

Гідроеалкілат підігрівается у теплообміннику Т-314 та подається у колонну стабілізації К-305. Пари легких вуглеводнів з верха колони частково конденсуються у повітряному конденсаторі Т-335 та потрапляють до флегмової ємності Е-309. Газова фракція з ємності Е-309 додатково конденсується в пропиленовому конденсаторі Т-330, а залишкові гази виходять до паливної системи. Теплообмін у колоні стабілізації К-305 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини через виносний кип'ятильник Т-316. Кубова рідина колони К-305 подається в колону виділення бензольної фракції від важких вуглеводнів К-306.

Пара бензольної фракції з верха колони К-306 частково конденсується у повітряному конденсаторі Т-322 та потрапляє до флегмової ємності Е-314. Із неї балансова кількість бензольної фракції подається до теплообмінника Т-325, звідки через підігрівач Т-327

надходить до реактора контактної доочистки Р-304/1,2. Теплообмін у колоні К-306 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини на виносних кип'ятильниках Т-324/1/2.

Бензольна фракція з низу екстракторів Р-304/1,2 подається в колону виділення товарного бензолу К-307. Пари бензолу з верха колони К-307 конденсуються у повітряному конденсаторі Т-332 та потрапляють до флегмової ємності Е-315.

Пара бензолу з ємності Е-315 охолоджується та конденсується у теплообміннику Т-424. Товарний бензол після холодильника Т-328 надходить на склад.

Теплообмін у колоні виділення товарного бензолу К-307 відбувається шляхом циркуляції кубової рідини через виносний кип'ятильник Т-329.

Схема процесу стабілізації та поділу гідроеалкілату зображена на рисунку 1.

Екстракція даних.

Раніше в роботі [3] було розпочато обстеження частини установки переробки піроконденсату з метою вирішення проблеми з енергозбереженням.

Для подальшого аналізу даних енергоспоживання та структури теплообмінної мережі, задіяної для процесів стабілізації та поділу гідроеалкілату необхідно виділити технологічні потоки, що приймають участь у теплообміні, а також потоки, які можуть бути включені до теплової інтеграції [4].

В результаті обстеження установки були отримані наступні дані:

Пара легких вуглеводнів з К-305. Виходить з верха колони К-305, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=126\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=118\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 9746 кг/год.

Пара бензольної фракції з К-306. Виходить з верха колони К-306, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=86\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=69\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 9048 кг/год.

Пара БТК фракції. Виходить з ємності, охолоджується. $T_{\text{поч}}=48\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=26\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 550 кг/год.

Бензольна фракція з Р-304. Виходить з низу реактора Р-304, проходить через теплообмінники та надходить до колони К-307. $T_{\text{поч}}=195\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=119\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8053 кг/год.

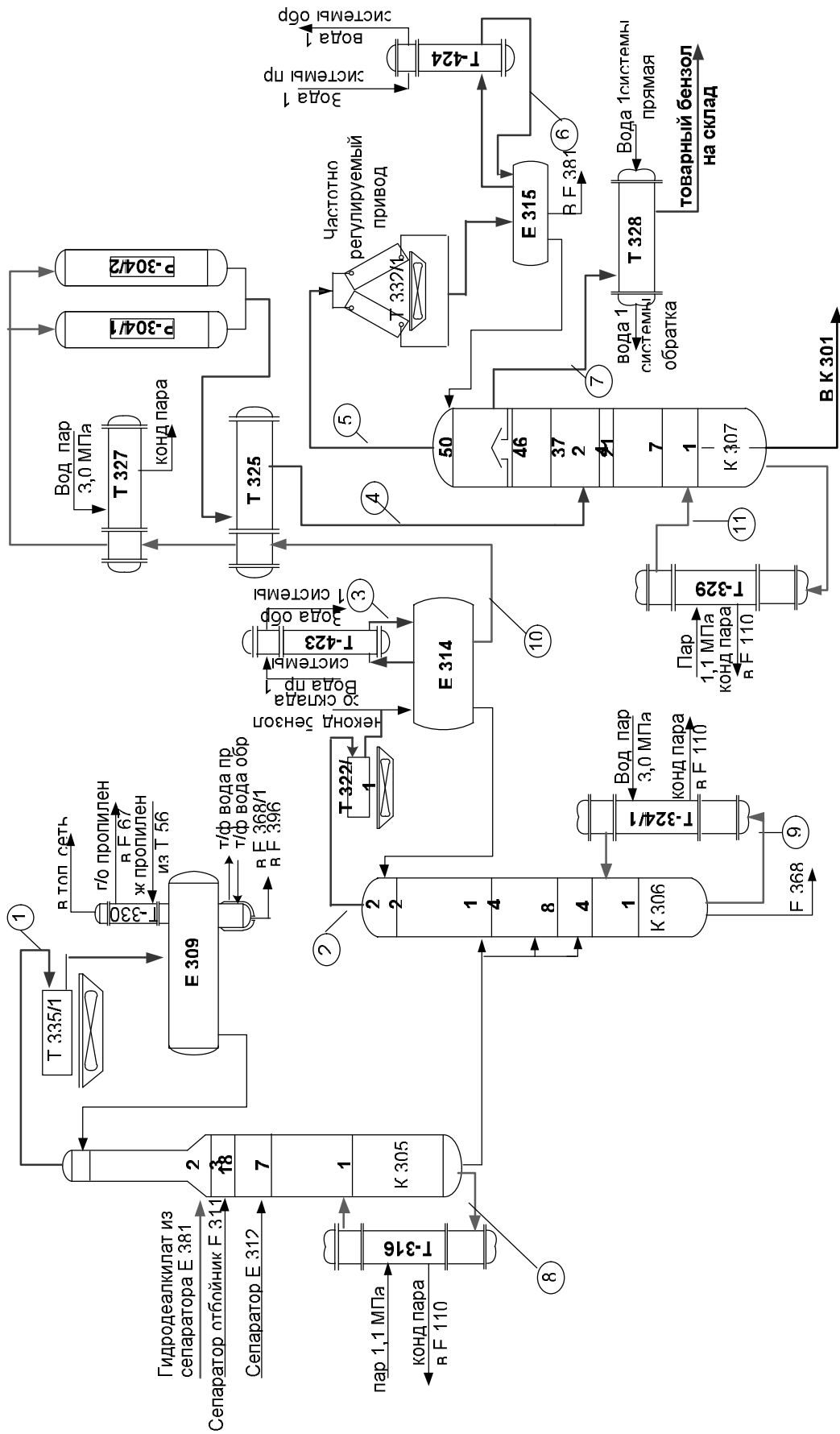


Рис. 1 – Технологічна схема процесів стабілізації та поділу гідрдеалкілата на установці виробництва бензолу

Пара бензолу з К-307. Виходить з верху колони К-307, частково конденсується у повітряному конденсаторі та надходить до флегмової ємності. $T_{\text{поч}}=84\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=81\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 32148 кг/год.

Пара бензолу з Е-315. Виходить з ємності та охолоджується. $T_{\text{поч}}=78\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=18\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 650 кг/год.

Товарний бензол з К-307. Виходить з колони К-307, охолоджується в холодильнику та надходить на склад. $T_{\text{поч}}=86\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=69\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8056 кг/год.

Кубова рідина К-305. Виходить з низу колони, нагрівається в кип'ятильнику та повертається до колони. $T_{\text{поч}}=148\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=162\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 2,85 кг/год.

Кубова рідина К-306. Виходить з низу колони, нагрівається в кип'ятильнику та повертається до ко-

лони. $T_{\text{поч}}=192\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=211\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 93781 кг/год.

Потік з Е-314. Виходить з ємності, нагрівається та надходить до реактору. $T_{\text{поч}}=65\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=204\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 8053 кг/год.

Кубова рідина К-307. Виходить з низу колони, спочатку нагрівається в кип'ятильнику та надходить назад до колони. $T_{\text{поч}}=114\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{кін}}=129\text{ }^{\circ}\text{C}$, витрата – 287 кг/год.

Використовуючи результати вивчення технологічної схеми, регламенту, матеріального балансу установки, складається таблиця 1 поточкових даних, які необхідні для визначення теплової потужності, котру споживають процеси стабілізації та поділу гідродекантату на даний момент [3].

Таблиця 1. Система потоків для аналізу енергоспоживання процесів стабілізації та поділу гідродекантату

№	Назва потоку	Тип	T_s , °C	T_t , °C	G, кг/ч	C, кДж/(кг·°C)	CP, кВт/°C	ΔH , кВт
1	Пара легких углеводнів з К-305	гар	126	45	9 746	2,079	5,627	454,10
2	Пара бензольної фракції з К-306	гар	86	69	9 048	1,835	4,612	78,40
3	Пара БТК фракції	гар	48	26	550	1,637	0,250	5,50
4	Бензольна фракція з Р-304	гар	195	119	8 053	2,076	4,644	352,94
5	Пара бензолу з К-307	гар	84	81	32 184	1,868	16,700	50,10
6	Пара бензолу з Е-315	гар	78	18	650	1,686	0,304	18,20
7	Товарний бензол з К-307	гар	85	38	8 056	1,750	3,915	183,22
8	Кубова рідина К-305	хол	148	162	84 253	2,851	66,724	967,49
9	Кубова рідина з К-306	хол	192	211	93 781	2,802	72,993	1364,97
10	з Е-314	хол	69	204	8053	1,811	4,051	546,90
11	Кубова рідина К-307	хол	114	129	176 287	2,005	98,182	1512,00

Аналіз існуючої системи теплообміну установки виробництва бензолу.

Використовуючи отримані дані технологічних потоків, будемо сітковою діаграмою існуючого процесу (рис. 2).

Для подальшого аналізу необхідно визначити величину потужності рекуперації у процесі, що існує [5-6].

За вимірними температурами технологічних потоків і їх поточковими теплоємності визначаємо потужність кожного з рекуперативних теплообмінників установки виробництва бензолу.

Гарячі утиліти в процесі, який ми розглядаємо, становлять величину 4 319 кВт, а холодні утиліти – 826 кВт [7, 8].

Після визначення та підсумовування теплових навантажень усіх теплообмінних апаратів отримано потужність рекуперації, що дорівнює 357 кВт.

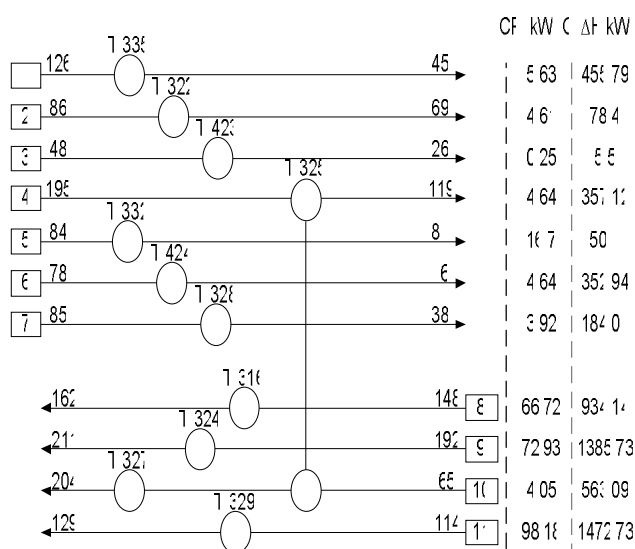


Рис. 2 – Сіткова діаграма існуючого процесу:

Висновки даного дослідження і перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

У результаті проведеного обстеження процесів стабілізації та поділу гідроеалкілата на установці виробництва бензолу за правилами пінч-аналізу були отримані потокові дані, систематизовані і занесені в потокову таблицю.

На основі зібраних даних була побудована сіткова діаграма, визначено величину холодних і гарячих утиліт, які споживаються процесом, і величину рекуперації тепла.

Виходячи з вищевикладеного, є можливість застосувати ці дані для аналізу енергозберігаючого потенціалу і реконструкції установки.

Список літератури: 1. Ukraine policy review. [електронний ресурс] // International Energy Agency. Режим доступу: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Ukraine2012_free.pdf accessed 08.05.2015. 2. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Л.М. Ульев – Харьков: ХГПУ, 2000. – 457 с. 3. Ульев Л.М., Яценко О.А., Ильченко М.В. Экстракция данных для пинч-анализа процессов выделения бензол-толуол-ксилольной фракции и гидродеалкилата в производстве бензола // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. Одеса. – 2014, – 45(3). 4. Kemp I.C. Pinch analysis and process integration. Second Edition: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – The Netherlands, Amsterdam: Elsevier, 2007. 5. Nordman R. New process integration methods for heat-saving retrofit projects in industrial systems. Thesis for the degree of doctor of philosophy / R. Nordman – Goteborg: Printed by Chalmers Reproservice, Sweeden. 2005. – p. 77. 6. Linnhoff B. User guide on process integration for the efficient use of energy / B. Linnhoff, Townsend D.W., et al. – Rugby, UK. 1994. – p. 247. 7. Ульев Л.М., Мельниковская Л.О. Определение полезной загрузки трубчатых печей с помощью учёта тепловых потерь в системе теплообмена на установке первичной переработки нефти АВТ А12/2 в режиме работы без вакуумного блока // Интегрировані техноло-

гії та енергозбереження. 2011, – № 3. – С. 15–19. 8. Мешалкин В.П., Товажнянский Л.Л., Ульев Л.М., Мельниковская Л.А., Ходченко С.М. Энергоэффективная реконструкция установки нефтепереработки на основе пинч-анализа с учётом внешних потерь // Теорет. основы хим. технологии. 2012. – Т. 46, – № 5. – С. 491–500.

Bibliography (transliterated): 1. Ukraine policy review. [elektronnyiy resurs] // International Energy Agency. Rezhim dostupu:

https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Ukraine2012_free.pdf accessed 08.05.2015. 2. Smit R. Osnovy integratsii teplovykh protsessov / P. Smit, Y. Klemesh, L.L. Tovazhnyanskiy, P.A. Kapustenko, L.M. Ulyev – Harkov: HGPU, 2000. – p. 457. 3. Ulyev L.M., Yatsenko O.A., Ilchenko M.V. Ekstraktsiya dannykh dlya pinch-analiza protsessov vydeleniya benzol-toluol-ksilolnoy fraktsii i gidrodealkilata v proizvodstve benzola // Naukovi pratsi [Odeskoyi natsionalnoyi akademiyi harchovih tehnologiy]. Odesa. – 2014, – 45(3). 4. Kemp I.C. Pinch analysis and process integration. Second Edition: A User Guide on Process Integration for Efficient Use of Energy / I.C. Kemp. – The Netherlands, Amsterdam: Elsevier, 2007. 5. Nordman R. New process integration methods for heat-saving retrofit projects in industrial systems. Thesis for the degree of doctor of philosophy / R. Nordman – Goteborg: Printed by Chalmers Reproservice, Sweeden. 2005. – p. 77. 6. Linnhoff B. User guide on process integration for the efficient use of energy / B. Linnhoff, Townsend D.W., et al. – Rugby, UK. 1994. – p. 247. 7. Ulyev L.M., Melnikovskaya L.O. Opredelenie poleznoy zagruzki trubchatih pechey s pomoschyu ucheta teplovykh poter v sisteme teploobmena na ustanovke pervichnoy pererabotki nefiti AVT A12/2 v rezhime raboty bez vakuumnogo bloka // Integrovani tehnologiyi ta energozberezhennya. 2011, – No. 3. – p. 15–19. 8. Meshalkin V.P., Tovazhnyanskiy L.L., Ulyev L.M., Melnikovskaya L.A., Hodchenko S.M. Energoeffektivnaya rekonstruktsiya ustanovki neftepererabotki na osnove pinch-analiza s uchetom vneshnih poter // Teoret. osnovy him. tehnologii. 2012. – T. 46, – No. 5. – p. 491–500.

Надійшла (received) 22.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Леонід Михайлович Ульєв, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Марія Володимирівна Ильченко, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0669613620, masha5931@mail.ru.

Леонид Михайлович Ульев, доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Мария Владимировна Ильченко, аспирант, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 0669613620, masha5931@mail.ru.

Leonid Mihaylovich Ulyev, Doctor of Technical Sciences, professor, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", 0675711877; ulyevlm@mail.ru,

Mariia Vladimirovna Ilchenko, postgraduate, National technical university "Kharkiv polytechnic institute", 0669613620, masha5931@mail.ru.

УДК 665.3

С. М. МОЛЬЧЕНКО**ЗАСТОСУВАННЯ КАРБОНАТІВ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ ЯК НЕЙТРАЛІЗУЮЧОГО АГЕНТА ПРИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ЖИРІВ**

Наведено результати дослідження процесу нейтралізації соняшникової олії водно-спиртовими розчинами карбонатів лужних металів. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів, а саме: температура, концентрація нейтралізуючого агента, час протікання реакції нейтралізації, інтенсивність перемішування. Показано, що використання водно-етанольних розчинів карбонатів лужних металів як реагентів для нейтралізації олій та жирів дозволяє знизити відходи нейтрального жиру у сапостоку.

Ключові слова: жири, нейтралізація, карбонат натрію і калію, водно-спиртовий розчин.

Вступ.

Проблема розробки нових ресурсозберігаючих технологій в харчовій промисловості нашої країни продовжує залишатися однією з основних напрямків розвитку виробництва. Оскільки вітчизняна олійно-жирова промисловість характеризується постійним зростанням виробництва, то кількість відходів постійно збільшується, що негативно впливає на екологічну ситуацію в Україні. Найбільшу шкоду підприємства харчової та переробної промисловості завдають водним ресурсам. Однак діяльність підприємств галузі завдає шкоди також і ґрунту, і повітрю. Для вирішення проблеми необхідна екологізація виробництв, а саме: розробка та впровадження маловодних, безстічних і безвідходних технологічних процесів, замкнених циклів [1–3].

У технології рафінації соняшникової олії особливе місце визначено стадії нейтралізації, яка здійснюється з метою видалення жирних кислот, присутність яких знижує харчову цінність олій та жирів і ускладнює їх подальшу переробку. Водночас, жирні кислоти являють самостійну цінність як сировина для різних галузей промисловості.

У зв'язку з цим створення нової ефективної безвідходної технології нейтралізації олій та жирів, яка забезпечить одержання високоякісної нейтралізованої олії та жирних кислот з показниками, які задовольняють потреби вітчизняних виробників, обґрунтовує необхідність і актуальність проведеного дослідження. Це дозволить, з одного боку, ефективно переробляти сировину, і крім олій одержувати жирні кислоти. А з іншого – зменшити негативний вплив на екологічні системи.

Аналіз останніх досліджень і літератури.

Традиційні способи лужної нейтралізації, що використовують як нейтралізуючий агент гідроксид натрію, обумовлюють високі відходи і втрати нейтрального жиру. При промисловому використанні лужної нейтралізації виникають також екологічні проблеми, пов'язані з очищенням та реалізацією побічного продукту – сапостоку [1, 4, 5].

Останнім часом нерідко використовують процес дистиляційного вилучення жирних кислот, який поєднують з процесом дезодорації [4–6].

Дистиляційна рафінація дозволяє видалити жирні кислоти, а також інші неомилувальні домішки

шляхом відгону з паром, виключаючи утворення сапостоку і знижуючи втрати нейтрального жиру до мінімуму. Однак для видалення небажаних домішок необхідна попередня обробка олій, інакше вони можуть стати причиною зниження якості продукту при нагріванні до температури дистиляції. Недосконалістю способу є використання високих температур (більше 200 °С), що не для всіх жирів може бути застосовано. Найкращий ефект ця технологія дає при переробці висококіслотних рослинних олій, тваринних і гідрованих жирів.

У роботі [7] розроблено спосіб лужної рафінації олій та жирів, що передбачає нейтралізацію олій чи жирів в мильно-лужному середовищі, основою нейтралізуючого розчину якого є вода, етанол і гліцерин. Але за цим способом утворюються відходи, які потребують подальшої переробки. Суміш складна, містить гліцерол, що є коштовним компонентом, і який необхідно виділяти з сапостоку.

Існуюча технологія виділення жирних кислот з сапостоку, які переробляються в низькоякісні жирні кислоти, є достатньо енергоємною та не дозволяє одержувати високоякісний продукт. Крім того така технологія зумовлює наявність викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин у вигляді розчину сульфату натрію і водорозчинних органічних домішок, смол, неомилувальних речовин та ін. [4, 8, 9]. Відомі роботи по удосконаленню технології одержання жирних кислот з сапостоку [10–12], але ці способи здійснюються з використанням сульфатної кислоти і взагалі проблема забруднення стічних вод не вирішується. Для зменшення відходів і втрат при нейтралізації олій та жирів було запропоновано як нейтралізуючий агент водно-спиртові розчини карбонатів лужних металів. Переваги запропонованого агента: він більш дешевий і безпечний в порівнянні з лугами, під час реакції не відбувається омилення нейтрального жиру і емульгування.

У попередніх роботах [13, 14] була доведена можливість використання як нейтралізуючого агента карбонатів натрію та калію у 60 %–му етанолі. Але щільність утворених у ході реакції двох фаз має велику різницю, що може призвести до труднощів при їх розподілі. Тому було вирішено дослідити меншу концентрацію етанолу, щоб збільшити щільність водно-спиртового розчину мила.

Мета і основні задачі дослідження.

Метою даної роботи є дослідження процесу нейтралізації соняшникової олії водно-спиртовим розчинами карбонатів лужних металів. Вибір раціональних режимів процесу.

Відповідно до поставленої мети дослідження були сформульовані і вирішені наступні задачі:

– встановити вплив обраних нейтралізуючих реагентів на ступінь видалення жирних кислот з нерафінованої соняшникової олії;

– експериментально визначити раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації олії водно-спиртовим розчином карбонатів натрію та калію;

– визначити фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та соапстоку, одержаних за розробленою технологією.

Матеріали дослідження.

Для досягнення поставленої мети була проведена реакція нейтралізації жирних кислот соняшникової олії з кислотним числом 1,1 мг КОН/г, 1,2 мг КОН/г та 1,6 мг КОН/г. Як нейтралізуючий агент використовували розчин карбонату натрію та

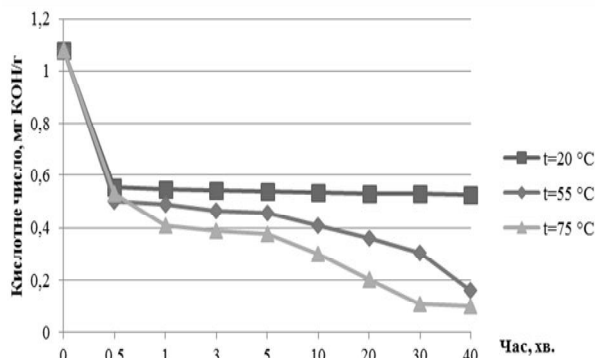


Рис. 1 – Зміна кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію в 30 % етанолі від часу процесу нейтралізації

З рис. 1, 2 видно, що при нейтралізації 30%-м водно-спиртовим розчином карбонатів калію і натрію зниження кислотного числа досягається за порівняно великий проміжок часу. Ймовірно, внаслідок гідролізу милу. При температурі 20 °C після 1 хвилини кислотне число практично не змінюється, а найкращі результати досягаються при температурі 75 °C.

Подальші дослідження були спрямовані на проведення нейтралізації карбонатом натрію і калію в 50%-м етанолі при температурі 75 °C за змінної інтенсивності перемішування та концентрації нейтралізуючого агента.

Основними факторами, які впливають на процес нейтралізації є температура, тривалість процесу нейтралізації, концентрація нейтралізуючого агента, та інтенсивність перемішування, яку визначають за критерієм Рейнольдса. Попередніми дослідженнями [13, 14] було встановлено вплив температури, часу та кількості надлишку нейтралізуючого агента, тому далі вивчався вплив інтенсивності перемішування та концентрації нейтралізуючого агента.

карбонат калію у 30 %-му етанолі з концентрацією 0,05 моль/л та насичений розчин карбонату натрію з концентрацією 0,08 моль/л та карбонату калію з концентрацією 0,08 моль/л, 0,18 моль/л, 0,3 моль/л у 50 %-му етанолі.

Нейтралізацію поводити в реакторі з мішалкою при інтенсивному перемішуванні, що добре імітує виробничі умови. Олію нагрівали при перемішуванні до заданої температури в залежності від заданих початкових умов. При досягненні заданої температури, не припиняючи перемішування, вносили розраховану кількість нейтралізуючого агента. Через певні часові проміжки в олії визначали кислотне число за методикою [15], за яким судять про якість проведеної нейтралізації. Кислотне число повинно за показником кислотного числа відповідати [16].

Результати дослідження.

На рис. 1 та 2 відображено зміну кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію та натрію в 30 %-му етанолі відповідно від часу процесу за температурою 20, 55 та 75 °C.

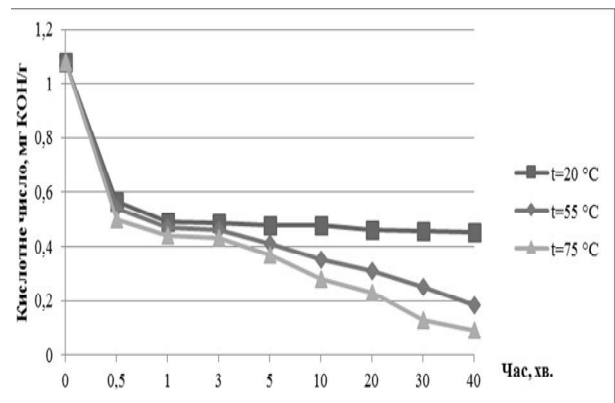


Рис. 2 – Зміна кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію в 30 % етанолі від часу процесу нейтралізації

На рис. 3 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,08 моль/л (це насичений розчин, тому концентрацію не змінювали) від часу за змінної інтенсивності перемішування.

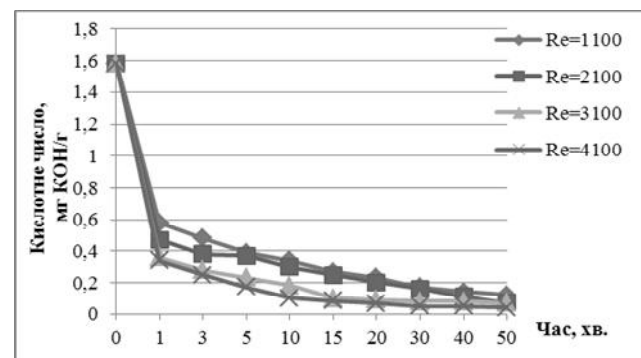


Рис. 3 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом натрію у 50 % етанолі від часу за змінної інтенсивності перемішування.

З одержаних даних (рис. 3) видно, що досягнення граничного допустимого рівня величин кислотного числа можливе при інтенсивності перемішування ($Re=4100$) вже на 5-й хвилині, а на 20-й хвилині – при $Re=1100$.

На рис. 4 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,08 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

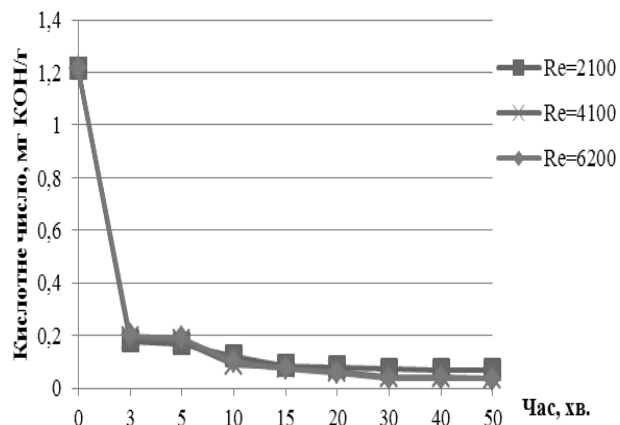


Рис. 4 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 % етанолі концентрацією 0,08 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З графіка (рис. 4) видно, що навіть за 5 хвилин кислотне число зменшується до значення 0,1 мг КОН/г.

На рис. 5 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,18 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

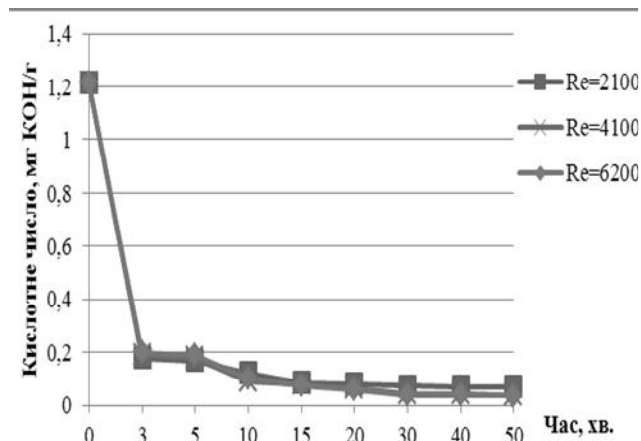


Рис. 5 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 % етанолі концентрацією 0,18 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З рис. 4 видно, що за 5 хвилин кислотне число зменшується до значення 0,17–0,19 мг КОН/г.

На рис. 6 відображено залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,3 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування.

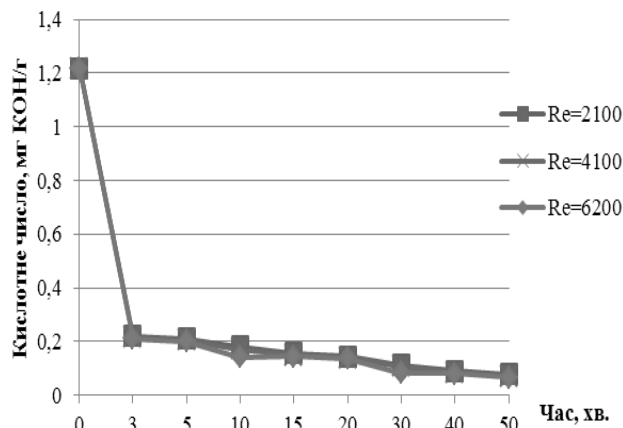


Рис. 6 – Залежність кислотного числа після нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі концентрацією 0,3 моль/л від часу за змінної інтенсивності перемішування

З одержаних результатів (рис. 4–6) витікає, що використання карбонату калію як нейтралізуючого агента забезпечує одержання нейтралізованої олії з кислотним числом нижче за 0,2 мг КОН/г. Разом з тим необхідно підкреслити те, що інтенсивність перемішування при значеннях критерію Рейнольдсу 2100–6200 впливає несуттєво, це говорить про те, що за таким режимом реакція протікає в кінетичній області.

Наступні дослідження були направлені на встановлення раціональних технологічних параметрів процесу нейтралізації карбонатом калію у 50 %-му етанолі. Для цього проведено повний факторний експеримент першого порядку за планом $N = 2^3$, де досліджуваними факторами були:

x_1 – тривалість процесу з інтервалом варіювання від 3 до 50 хв;

x_2 – концентрація водно-спиртового розчину карбонату калію з інтервалом варіювання від 0,08 до 0,3 моль/л;

x_3 – критерій Рейнольдсу з інтервалом варіювання від 2100 до 6200.

Функцією відгуку у було кислотне число, мг КОН/г. Температура процесу залишалася незмінною (75 °С).

За результатами експериментів отримано адекватне рівняння регресії, що пов'язує кислотне число (y) з вищенаведеними параметрами:

$$y = 0,13 - 0,00034 \cdot x_1 + 0,32 \cdot x_2 - 0,0000067 \cdot x_3 - 0,0078 \cdot x_1 \cdot x_2$$

Перевірка значущості коефіцієнтів, що проводили за критерієм Ст'юдента з використанням паралельних дослідів, засвідчила значимість коефіцієнтів отриманого рівняння. Перевірка адекватності рівняння здійснювалася з використанням критерію Фішера.

Для планування експерименту та обробки даних у графічному та математичному вигляді були застосовані методи математичної статистики з використанням програмних пакетів Mathcad та Microsoft Excel. Для визначення раціональних технологічних параметрів одержання жирних кислот на основі отриманого рівняння регресії побудували поверхню відгуку, яка наведена на рис. 7.

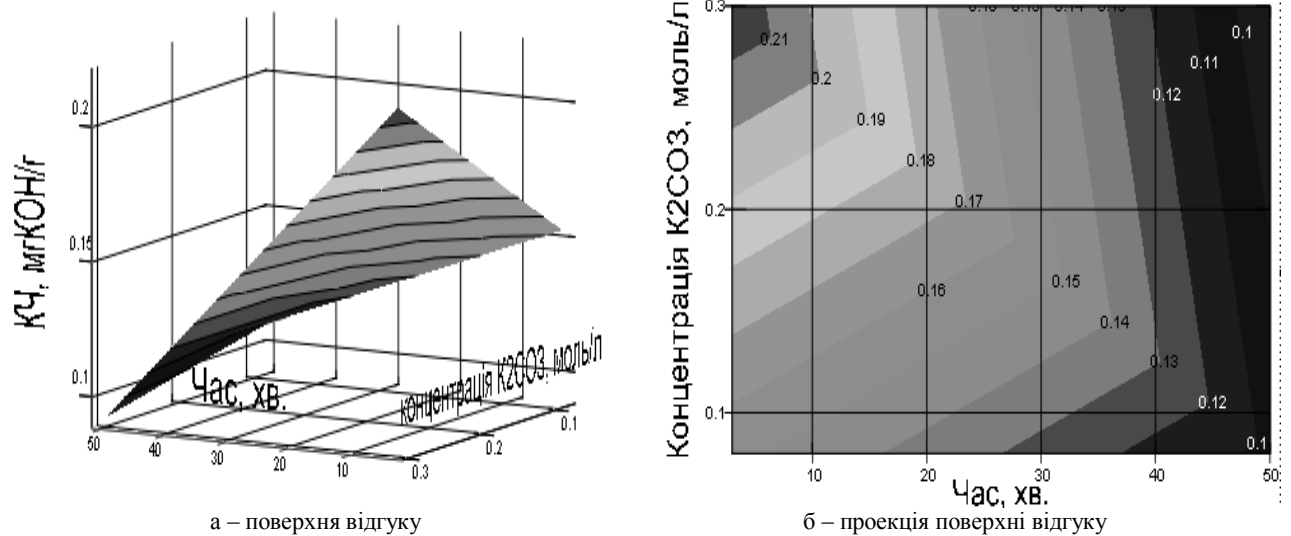


Рис. 7 – Залежність кислотного числа від часу нейтралізації та концентрації водно-спиртового розчину K_2CO_3 :

а – поверхня відгуку; б – проекція поверхні відгуку

З одержаних даних визначені раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів а саме:

- температура $75^{\circ}C$;
- концентрація карбонату калію у 50 % водно-спиртовому розчині – 0,08 моль/л;
- час протікання процесу нейтралізації – 5 хв;
- інтенсивність перемішування (критерій Рейнольдса) – 2100.

Для перевірки збіжності результатів розрахунку та експерименту було відтворено досліди у центрі плану. Одержали значення кислотного числа олії 0,128 мг КОН/г, при розрахунковому за рівнянням регресії – 0,125 мг КОН/г, що говорить про гарну збіжність результатів розрахунку і експерименту.

В дослідженні також визначено фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та сапостоку.

Одержали олію з такими показниками: кислотне число – 0,13 мг КОН/г, вміст мила – 0,005 %.

Важливо відзначити, що вміст мила в нейтралізованій олії значно менший нормованого показнику, що дає можливість виключення стадії промивки після процесу нейтралізації.

Вміст нейтрального жиру у сапостоку – 0,005 %.

З такого сапостоку можна одержувати жирні кислоти шляхом вуглекислотного розкладання їх мил [17, 18].

Обробка сапостоку діоксидом вуглецю виключає обробку останнього мінеральними кислотами і електролітом (хлоридом натрію), що, у свою чергу, призведе до зниження забруднення стічних вод та екологічної безпеки виробництва.

Висновки.

1. Експериментально доведено, що жирні кислоти олії можуть бути нейтралізовані водно-спиртовими розчинами карбонатів лужних металів на

значну глибину (до значення кислотного менше 0,2 мг КОН/г).

2. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів а саме: температура, концентрація карбонатів відповідних металів у водно-спиртовому розчині, час протікання реакції нейтралізації та інтенсивність перемішування.

3. Визначені фізико-хімічні показники нейтралізованої олії та сапостоку, одержаних за розробленою технологією: кислотне число, вміст мила нейтралізованої олії; вміст нейтрального жиру у сапостоку. Показано, що використання водно-етанольних розчинів карбонатів лужних металів як реагентів для нейтралізації олій та жирів дозволяє знизити відходи нейтрального жиру у сапосток. Вміст мила в нейтралізованій олії значно менший нормованого показника, що дає можливість виключення стадії промивки після процесу нейтралізації.

4. На основі технології нейтралізації олії водно-спиртовими розчинами карбонатів калію або натрію може бути створена безвідходна технологія нейтралізації олій та жирів.

Список літератури: 1. Паронян В. Х. Технология жиров и жирозаменителей [Текст] / В. Х. Паронян. – М: ДеЛи принт, 2006. – 760 с. 2. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52. 3. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515. 4. Арутюнян Н. С. Рафинация масел и жиров. Теоретические основы, практика, технология, оборудование [Текст] / Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена, Е. А. Нестерова. СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. 5. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабеиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды – СПб.:

Профессия, 2007. – 752 с. **6.** Пат. 2145339 РФ, МПК C11B3/00 Способ рафинации растительных масел и жиров [Текст] / *Веселов В. П., Боконикова Т. Н., Артеменко И. П. и др.*; заявитель и патентообладатель Учебно-научно-производственная фирма «Липиды». – № 98120967/13. заявл. 23.11.1998, опубл. 10.02.2000. **7.** Пат. 81222 Украина, МПК C 11 B 3/06. Спосіб лужної рафінації олій та жирів [Текст] / *Петік І. П., Гладкий Ф. Ф., Петік П. Ф. та ін.*; заявник та патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № 201214827; заявл. 24.12.2012; опубл. 25.06.2013; Бюл. № 12. **8.** Пат. RU 2048511 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ получения жирных кислот из soapstokov растительных масел [Текст] / *Дроздов А. С., Диденко З. В., Волкова Л. Д. и др.* – заявитель и патентообладатель Волгодонский филиал Научно-производственного объединения синтетических поверхностно-активных веществ. – № 5064258/13; заявл. 08.10.1992; опубл. 20.11.1995. **9.** Пат. RU 2064739 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ получения жирных кислот из soapstokov растительных масел [Текст] / *Самойлов Г. И., Сунгатуллина И. Х., Зиятдинова Ф. С. и др.* – заявитель и патентообладатель *Самойлов Г. И., Сунгатуллина И. Х., Зиятдинова Ф. С. и др.* – № 95102976/13; заявл. 02.03.1995; опубл. 27.07.1996. **10.** *Mag, T. K.* Continuous Acidulation of Soapstock and Recovery of Acid Oil [Text] / *T. K. Mag, D. H. Green, A. T. Kwong* // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1998. – Vol. 60, Issue 5. – P. 1008–1011. doi: 10.1007/bf02660217. **11.** *Шаврак Е. И.* Выделение жирных кислот из отходов пищевой промышленности [Текст] / *Е. И. Шаврак, Л. М. Рабинович, В. А. Кудряшов* // Экологические системы и приборы. – 2004. – № 10. – С. 17–21. **12.** Пат. 20140135515 США, МКИ C11B 3/04 Method to recover free fatty acids from fats and oils [Text] / *Mohan Prasad A., Dasari, Kidron Joel Knox.* – № 14/079059; заявитель и патентообладатель Riverhead Resources, Llc; заявл. 13.11.2013; опубл. 15.05.2014. **13.** *Мольченко С. М.* Використання водно-спиртового розчину кальцинованої соди для нейтралізації соняшникової олії [Текст] / *С. М. Мольченко, І. С. Бродюк, І. М. Демидов* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 55 (1028). – С. 80–85. **14.** *Мольченко С. Н.* Нейтралізація растительных масел водно-спиртовым раствором карбоната калия [Текст] / *С. Н. Мольченко, И. Н. Демидов* // Современный научный вестник. – Белгород: «Руснаучкнига», 2014. – № 7 (203). – С. 90–95. **15.** DSTU ISO 660:2009. Жири тваринні та рослинні й олії. Метод визначення кислотного числа та кислотності (ISO 660:1996, IDT). **16.** Олія соняшникова. Технічні умови: ДСТУ 4492:2005. – [Чинний від 2007–01–01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2007. – 22 с. **17.** *Мольченко С. М.* Одержання жирних кислот з soapstoku шляхом розкладання мила карбонатною кислотою [Текст] / *С. М. Мольченко, І. М. Демидов, В. Є. Ведь* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 7 (1116). – С. 76–82. **18.** *Мольченко С. М.* Використання діоксиду вуглецю для одержання жирних кислот з soapstoku [Текст] / *С. М. Мольченко, І. М. Демидов* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Х.: «Технологічний центр», 2015. – № 4/6 (76). – С. 50–53.

Bibliography (transliterated): **1.** Paronyan, V. H. *Tehnologiya zhirov i zhirozameniteley*. Moscow: DeLi print, 2006. Print. **2.** Kovari, K., Denise, J., Hollo, J. Seed crushing, oil refining and environmental problem. *Olej. Szap. Kozmet*, 2006. 45 (2), 45–52. Print. **3.** Weber, K.. New concepts of environmental, protection in the production of fat. *Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater.* 2004. 4, 512–515. Print. **4.** Arutyunyan, N. S., Kornena, E. P., Nesterova, E. A. *Rafinatsiya masel i zhirov. Teoreticheskie osnovy, praktika, tehnologiya, oborudovanie*. St. Petersburg: GIORD, 2004. Print. **5.** O'Brayen, R. *Zhiryi i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primenenie*. per. s angl. 2-go izd. V. D. Shirokova, D. A. Babeykinoy, N. S. Selivanovoy, N. V. Magdyi. St. Petersburg: Professiya, 2007. Print. **6.** Veselov, V. P., Bokovikova, T. N., Artemenko, I. P. et. al. *Pat. 2145339 RU*, MPK C11B3/00. Sposob rafinatsii rastitelnykh masel i zhirov. 98120967/13. 2000. **7.** Petik, I. P., Gladkiy, F. F., Petik, P. F. et. al. *Pat. 81222 Ukrayina*, MPK C11B3/06. Sposib luzhnoyi rafinatsiyi oliy ta zhiriv. 201214827, 2013. **8.** Drozdov, A. S., Didenko, Z. V., Volkova, L. D. et. al. *Pat. RU 2048511 Rossiyskaya Federatsiya*, MPK C11B3/00. Sposob polucheniya zhirnykh kislot iz soapstokov rastitelnykh masel, 5064258/13, 1995. **9.** Samoylov, G. I., Sungatullina, I. H., Ziatdinova, F. S. et. al. *Pat. RU 2064739 Rossiyskaya Federatsiya*, MPK C11B3/00. Sposob polucheniya zhirnykh kislot iz soapstokov rastitelnykh masel, 95102976/13, 1996. **10.** Mag, T. K., Green, D. H., Kwong, A. T. Continuous acidulation of soapstock and recovery of acid oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1998. 60 (5), 1008–1011. Print. doi: 10.1007/bf02660217. **11.** Shavrak, E. I., Rabinovich, L. M., Kudryashov, V. A. Vydelenie zhirnykh kislot iz othodov pischevoy promyshlennosti. *Ekologicheskiesistemyi i priboryi*, 2004. 10, 17–21. Print. **12.** Mohan, Prasad, A., Dasari, Kidron Joel Knox. *Pat. 20140135515 US*, CPC C11B 3/04 Method to recover free fatty acids from fats and oils, 14/079059, 2014. **13.** Molchenko, S. M., Brodyuk, I. S., Demidov, I. M. Vykorystannya vodno-spyrtovogo rozchynu kal'cynovanoyi sody dlya nejtralizatsiyi sonyashnykovoyi oliyi. *Visnik Natsional'nogo tehnicznogo universitetu «HhPI»*. Kharkiv: NTU «HhPI», 2013. 55 (1028). 80–85. Print. **14.** Molchenko, S. N., Demidov, I. M. Neytralizatsiya rastitelnykh masel vodno-spyrtovym rastvorom karbonata kaliya. *Sovremennyiy nauchnyiy vestnik*. Belgorod: «Rusnauchkniga», 2014. 7 (203). 90–95. Print. **15.** DSTU ISO 660:2009. Zhiri tvarinnI ta roslinnI y oliyi. Metod viznachennya kislotnogo chisla ta kislotnostI (ISO 660:1996, IDT). **16.** Oliya sonyashnikova. Tehniczni umovi: DSTU 4492:2005. Kiyiv.: DP «UkrNDNTS», 2007. 22. Print. **17.** Molchenko, S. M., Demidov, I. M., Ved', V. E. Oderzhannya zhirnih kislot z soapstoku shlyahom rozkladannya mila karbonatnoy kislotoy. *Visnik Natsional'nogo tehnicznogo universitetu «HhPI»*. Kharkiv: NTU «HhPI», 2015. 7 (1116), 76–82. Print. **18.** Molchenko, S. M., Demidov, I. M. Viktorystannya dioksidu vugletsyu dlya oderzhannya zhirnih kislot z soapstoku. *Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy*. Kharkiv: «Tehnologichniy tsentr», 2015. 4/6 (76). 50–53. Print.

Надійшла (received) 26.10.2015

Мольченко Світлана Миколаївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; тел.: (050) 686-71-86; e-mail: molchenko_sv@mail.ru.

Molchenko Svitlana Mikolayivna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Postgraduate student; tel.: (050) 686-71-86; e-mail: molchenko_sv@mail.ru.

УДК 004.4

Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ**ВНЕДРЕНИЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС КАК ВНУТРЕННИЙ РЕСУРС ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ ПАРКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ СТУДЕНЧЕСКИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ**

В статье рассмотрен вопрос лицензирования программного обеспечения, используемого в учебном процессе. Показаны экономические ресурсы, высвобождаемые в случае использования в учебном процессе свободного программного обеспечения. Показаны преимущества и недостатки внедрения свободного программного обеспечения.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

Введение. За последние несколько лет резко сократилось финансирование системы высшего образования Украины. Так, в бюджете Украины на 2013 год было заложено финансирование Министерства образования на уровне 25,2 млрд. грн., а уже в 2015 году финансирование составляло лишь 19,7 млрд. грн. [1, 2], что составляет 3,0 и 0,85 млрд. долл. США соответственно. В то же время нарастает необходимость обновления парка устаревшей вычислительной техники и проприетарного программного обеспечения студенческих компьютерных лабораторий. Закупка нового программного обеспечения и компьютеров усугубляется тем обстоятельством, что эта продукция является импортной и закупочные цены на неё за последнее время выросли втрое в связи с ростом обменного курса американского доллара, что не в последнюю очередь способствует распространению нелегального (пиратского) программного обеспечения. Так, доля нелегального программного обеспечения в государственных учреждениях Украины составляет по разным оценкам от 60 до 70% [3, 4].

Необходимое программное обеспечение. В комплект программного обеспечения для проведения лабораторных работ по курсу «Компьютерные технологии» входят: - пакет офисных приложений; - интегрированная среда разработки для обучения студентов языкам программирования (IDE); - математический пакет; - служебные приложения (файловые менеджеры, архиваторы, почтовые клиенты, браузеры).

В каждом сегменте комплекта программного обеспечения рынок предложены как проприетарные платные, так и свободно распространяемые бесплат-

ные программные продукты. Ключевым фактором в условиях снижения уровня финансирования системы высшего образования Украины, определяющим выбор программного продукта, является цена комплекта программного обеспечения. Другими немаловажными факторами являются системные требования программных продуктов и их кроссплатформенность. Пакеты офисных приложений представлены широко известными проприетарным Microsoft Office 2013 и распространяемым под свободной лицензией LibreOffice, сравнение которых приведено в табл. 1 и табл. 4.

Таблица 1 – Условия лицензирования и цены пакетов офисных программ

Наименование	Тип лицензии	Цена, тыс. грн.	Стоимость, тыс. грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Microsoft Office 2013	Проприетарная [5]	4,959 [7]	59,508
LibreOffice	Свободная (Mozilla Public License v2.0)[6]	0,00	0,00

Выбор интегрированной среды разработки осуществляется исходя из требований к разрабатываемому программному продукту и обуславливается целевой операционной системой, а также выбираемым для обучения студентов языком программирования. Сравнение наиболее часто используемых интегрированных сред разработки приведены в табл. 2 и табл. 4.

Таблица 2 – Условия лицензирования, цены и поддерживаемые языки программирования интегрированных сред разработки

Наименование	Тип лицензии	Поддерживаемые языки программирования	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Visual Studio Professional 2013	Проприетарная [8]	Visual Basic, Visual C#, Visual C++, Visual F#, Jscript [11]	30 352,56 [14]	364 224,00
Qt Creator	Свободная (GPL 2.1) [9]	C, C++ и QML [12]	0,00	0,00
Eclipse	Свободная (Eclipse Public License - v 1.0) [10]	Java, Ada, C, C++, COBOL, Fortran, Perl, PHP, Python, R, Ruby (включая каркас Ruby on Rails), Scala, Clojure и Scheme [13]	0,00	0,00

Высококвалифицированный инженер должен иметь навыки и опыт работы в пакетах математических программ. Пакеты математических программ предоставляют возможности для решения математических задач. Приобрели известность и активно используются для технических, инженерных и научных вычислений пакеты математических программ, приведённые в табл. 3.

Таблица 3 – Условия лицензирования и цены пакетов математических программ

Наименование	Тип лицензии	Цена, грн.	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
GNU Octave	Свободная (GNU General Public License (GPL)) [15]	0,00	0,00
Scilab	Свободная (CeCILL license (GPL-совместимая)) [16]	0,00	0,00
Maxima	Свободная (GNU General Public License (GPL)) [17]	0,00	0,00
MATLAB	Проприетарная [18]	От 89 до 2 650 долл. США (от 2 136 до 63 600 грн.) [21]	От 1 068,00 до 31 800,00 долл. США (от 25 632,00 до 763 200,00 грн.)
Mathcad	Проприетарная [19]	110 EUR (2 750 грн.) [22]	1 320,00 EUR (33 000 ,00грн.)
Mathematica	Проприетарная [20]	770 долл. США [20] (18 480 грн.)	9 240,00 долл. США (221 760,00 грн.)

Одним из определяющих факторов выбора программного обеспечения наряду с ценой является кроссплатформенность. Способность программного обеспечения функционировать в нескольких различных операционных системах или на разных аппаратных платформах обеспечивает удобство его использования, а также повышает эффективность документооборота. Сравнение программного обеспечения по кроссплатформенности и наличию веб-интерфейса приведено в табл. 4

Таблица 4 – Кроссплатформенность программного обеспечения (* – ограниченная поддержка)

Наименование	Операционная система				Вэб-интерфейс
	Windows 8.1	GNU/Linux (Debian 8.0)	OS X	Android	
Пакеты офисных программ					
Microsoft Office 2013	+	-	+	+	+*
LibreOffice	+	+	+	+	+
Интегрированные среды разработки					
Visual Studio Professional 2013	+	-	-	-	-
Qt Creator	+	+	+	-	-
Eclipse	+	+	+	-	-
Пакеты математически программ					
GNU Octave	+	+	+	+	+
Scilab	+	+	+	-	+
Maxima	+	+	+	+	+
MATLAB	+	+	+	+	+*
Mathcad	+	-	-	-	-
Mathematica	+	+	+	+	+*

Экономический эффект и преимущества внедрения свободного программного обеспечения.

Исходя из данных, приведенных в табл. 1 - табл. 4, могут быть реализована следующие наборы пакетов прикладных программ для обеспечения типового рабочего места студента в лаборатории компьютерных технологий, оценка стоимости которых приведена в табл. 5:

- проприетарная операционная система и проприетарные пакеты прикладных программ;
- проприетарная операционная система и свободные пакеты прикладных программ;

- свободная операционная система и свободные пакеты прикладных программ.

Таким образом, частичный либо полный переход на свободное программное обеспечение позволяет высвободить до 450 тыс. грн. с одного компьютерного класса. Высвобожденные средства могут быть потрачены на модернизацию компьютерного класса современными компьютерами. Так, например, компьютер PrimePC Multimedia A4074.01.36 (процессор AMD A4, 3 ГГц, 4 ядра; графический адаптер AMD Radeon HD 7480D; оперативная память DDR3 1333 МГц, 4 Гб; жесткий диск 1000 Гб HDD) [23] с монитором LG Flatron

22M37A (размер экрана 21.5", 1920x1080, 16:9) [24] стоит 8 980,00 грн., а стоимость за 12 компьютеров – 107 760,00 грн, что почти в 5 раз меньше стоимости набора пакетов проприетарных прикладных программ.

Таблица 5 – Оценка стоимости наборов пакетов прикладных программ типового рабочего места студента

Компоненты набора пакетов	Стоимость, грн., для компьютерной лаборатории (12 компьютеров)
Windows 8.1, Microsoft Office 2013, Visual Studio Professional 2013, Mathcad.	492 612,00
Windows 8.1, LibreOffice, Eclipse, GNU Octave.	35 880,00
Debian 8.0, LibreOffice, Qt Creator, Scilab.	0,00

К несомненными преимуществам перехода на свободное программное обеспечение (СПО) является высвобождение финансовых ресурсов, связанное со стоимостью приобретения СПО, снижение количества нелегального программного обеспечения, обеспечение кроссплатформенности и более низки системные требования СПО, что позволяет использовать даже морально устаревший парк вычислительной техники в учебном процессе.

Недостатки внедрения в учебный процесс свободного программного обеспечения. Несмотря на очевидные выгоды перехода на СПО, существует ряд трудностей, замедляющих процесс распространения СПО в высших учебных заведениях Украины. К психологическим трудностям следует отнести: - инертность и консервативность преподавательского состава; - необходимость переобучения преподавательского состава.

К техническим трудностям относятся:

- необходимость дополнительных затрат времени и усилий на разработку новых учебных программ, адаптацию существующих учебных программ к новому программному обеспечению;
- ориентированность некоторые узкоспециализированных программ исключительно на одну операционную систему, чаще всего Windows, что также осложняет внедрение свободных операционных систем (например, Debian);
- сложности с совместимостью закрытых форматов файлов, таких как .doc, .docx, .xls, .xlsx и другими.

Международный опыт внедрения СПО. Несмотря на сложности, возникающие при переходе на СПО, последнее получило значительное распространение не только в системе высшего образования, но и в корпоративном сегменте. Так, ПриватБанк стал самым крупным мировым корпоративным клиентом GNU/Linux: на 36 500 компьютерах банка установлена операционная система Ubuntu Linux [25]. Существующие сложности внедрения свободных операционных систем и СПО не являются критическими и непреодолимыми. Так, например, в Германии около 40% учебных заведений используют

GNU/Linux (университеты, школы), в Испании более чем 400 тыс. компьютерных систем учебных заведений используют GNU/Linux, ВУЗы Швейцарии также активно используют в образовательном процессе GNU/Linux [26]. Свободное программное обеспечение широко внедрено и используется как при обучении специалистов в области информационных технологий, так и при информационной подготовке специалистов различного направления в ряде университетов Российской Федерации, таких как Московский государственный университет (МГУ), Удмуртский государственный университет (УдГУ), Санкт-Петербургский торгово-экономический институт (СПбТЭИ), Томский государственный педагогический университет (ТГПУ), Университет города Переславля, Южный федеральный университет (ЮФУ), Елецкий государственный университет (ЕГУ) [27].

Выводы. Внедрение свободного программного обеспечения в учебный процесс высших учебных заведений представляет собой скрытый экономический ресурс для проведения работ по обновлению парка вычислительной техники студенческих компьютерных лабораторий. Так, использование свободного программного обеспечения в одной компьютерной лаборатории, в состав которой входит 12 компьютеров, может сэкономить до 492 612,00 грн., что в пять раз превышает стоимость этих 12-ти компьютеров. Несмотря на сложности перехода на СПО, международный опыт и опыт отечественных ВУЗов свидетельствует об экономических преимуществах внедрения СПО.

Список литературы: 1. *Экономика – Финансы.* Все на армю, образование не приоритет: кому урежут бюджет 2015 / *Экономика–Финансы*, 25 декабря 2014. – Режим доступа: <http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhet-bjudzhet-2015>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 2. *Д. Марчук.* В бюджете-2013 депутаты тайком увеличили расходы на себя, Кабмин и милицию / *Дарья Марчук* // Государство - Forbes Украина, 11 декабря 2012. – Режим доступа: <http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvelichili-rashody-na-sebya-kabmin-i-miliciyu>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 3. *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина.* Microsoft: в госорганах Украины пиратского ПО — 70% / *IT и Телеком: деловой новостной сайт Дело Украина*, 26 декабря 2014. – Режим доступа: <http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganah-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 4. *microsoft.com.* Статистика и вред пиратства / *microsoft.com*. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>. – Дата обращения: 08 мая 2015. 5. *microsoft.com.* Microsoft Volume Licensing - Microsoft Office / *microsoft.com*. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/office.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 6. *libreoffice.org.* Licenses | LibreOffice - Free Office Suite - Fun Project - Fantastic People / *libreoffice.org*. – Режим доступа: <https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 7. *soft.rozetka.com.ua.* Microsoft Office - Интернет магазин Rozetka.ua / *soft.rozetka.com.ua*. – Режим доступа: <http://soft.rozetka.com.ua/office-applications/c80064/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 8. *visualstudio.com.* How to buy Visual Studio / *visualstudio.com*. – Режим доступа: <https://www.visualstudio.com/en-us/products/how-to-buy-vs.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 9. *qt.io.* Qt Licensing | Qt 5.4 / *qt.io*. – Режим доступа: <http://doc.qt.io/qt-5/licensing.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 10. *eclipse.org.* Eclipse Public License - Version 1.0 / *eclipse.org*. – Режим доступа: <https://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. 11. *microsoft.com.* Visual Studio Languages / *microsoft.com*. –

Режим доступа: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/ee822860%28v=vs.100%29.aspx>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **12. qt.io.** Category:Tools::QtCreator - Qt Wiki / qt.io. – Режим доступа: <http://wiki.qt.io/Category:Tools::QtCreator>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **13. eclipse.org.** Eclipse - The Eclipse Foundation open source community website / eclipse.org. – Режим доступа: <https://eclipse.org/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **14. softkey.ua.** Средства разработки Visual Studio | Супермаркет программного обеспечения - Софткей-Украина / softkey.ua. – Режим доступа: <http://www.softkey.ua/catalog/index.php?CID=491>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **15. gnu.org.** Octave Copyright Information / gnu.org. – Режим доступа: www.gnu.org/software/octave/license.html. – Дата обращения: 17 мая 2015. **16. scilab.org.** License / Scilab / Home — Scilab / scilab.org. – Режим доступа: <http://www.scilab.org/scilab/license>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **17. maxima.sourceforge.net.** Система компьютерной алгебры Maxima / maxima.sourceforge.net. – Режим доступа: <http://maxima.sourceforge.net/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **18. mathworks.com.** MATLAB and Simulink Pricing and Licensing Overview / mathworks.com. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/pricing-licensing/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **19. ptc.com.** TS Miscellaneous: Mathcad Licensing FAQ - PTC.com / ptc.com. – Режим доступа: www.ptc.com/go/mathcad/licensingfaq. – Дата обращения: 17 мая 2015. **20. wolfram.com.** Research Universities & Teaching Colleges: Mathematica License Pricing / wolfram.com. – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/mathematica/pricing/colleges-universities.php?desktop>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **21. mathworks.com.** License for MATLAB Student R2015a / mathworks.com. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/store/link/products/student/new>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **22. ptc.com.** PTC Webstore / ptc.com. – Режим доступа: <http://www.store.ptc.com/promo/95144000>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **23. allo.ua.** Компьютер PrimePC Multimedia A4074.01.36 в интернет-магазине ALLO.ua / allo.ua. – Режим доступа: <http://allo.ua/kompjutyery/primepc-multimedia-a4074-01-36.html>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **24. plaza.kh.ua.** Монитор TFT 21.5 LG 22M37A-B. Интернет-Магазин Plaza.kh.ua / plaza.kh.ua. – Режим доступа: <http://www.plaza.kh.ua/product/index.php?id=122691880>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **25. privatbank.ua.** ПриватБанк став найбільшим у світі корпоративним користувачем Linux / privatbank.ua. – Режим доступа: <https://privatbank.ua/ua/news/privatbank-stal-krupneishim-v-mire-korporativnim-polzovatilem-linux/>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **26. ualinux.com.** Кто использует Linux и СПО? / ualinux.com. – Режим доступа: <https://ualinux.com/en/use-linux>. – Дата обращения: 17 мая 2015. **27. Алексеев Е. Р.** Использование свободного программного обеспечения в университетах и исследовательских учреждениях Российской Федерации / Е.Р. Алексеев, В.Н. Брагилевский // Материали другої міжнародної н-практичної конференції FOSS Lviv 2012, 26-28 квітня 2012 р. : Тези допов. – Львів : 2012. – С. 5.

Bibliography (transliterated): 1. *Ekonomika — Finansy. Vse na armiyu, obrazovaniye ne prioritet: komu urezhut byudzhet* - 2015. *Ekonomika — Finansy*, 30 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://finance.bigmir.net/news/economics/52667-Vse-na-armiju-obrazovanie-ne-prioritet-komu-urezhut-bjuzdhet-2015>>. 2. D. Marchak. V byudzhet-2013 deputaty taykom uvelichili rashody na sebya, Kabmin i militsiyu. *Gosudarstvo - Forbes Ukraina*, 11 December 2012. Web. 08 May 2015 <<http://forbes.ua/nation/1343816-v-byudzhet-2013-deputaty-tajkom-uvelichili-rashody-na-sebya-kabmin-i-militsiyu>>. 3. IT i Telekom: delovoy novostnoy sayt Delo Ukraina. Microsoft: v gosorganakh Ukrainy piratskogo PO — 70%. *IT i Telekom: delovoy*

novostnoy sayt Delo Ukraina, 26 December 2014. Web. 08 May 2015 <<http://delo.ua/tech/microsoft-v-gosorganah-ukrainy-piratskogo-po-70-287038/>>. 4. microsoft.com. Statistika i vred piratstva. *microsoft.com*. Web. 08 May 2015 <<http://www.microsoft.com/ru-ru/antipiracy/copyright/StatisticsAndHarmPiracy.aspx>>. 5. microsoft.com. Microsoft Volume Licensing - Microsoft Office. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.microsoft.com/en-us/licensing/product-licensing/office.aspx>>. 6. libreoffice.org. Licenses | LibreOffice - Free Office Suite - Fun Project - Fantastic People. *libreoffice.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.libreoffice.org/about-us/licenses/>>. 7. soft.rozetka.com.ua. Microsoft Office - Internet magazin Rozetka.ua. *soft.rozetka.com.ua*. Web. 17 May 2015 <<http://soft.rozetka.com.ua/office-applications/c80064/>>. 8. visualstudio.com. How to buy Visual Studio. *visualstudio.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.visualstudio.com/en-us/products/how-to-buy-vs.aspx>>. 9. qt.io. Qt Licensing | Qt 5.4. *qt.io*. Web. 17 May 2015 <<http://doc.qt.io/qt-5/licensing.html>>. 10. eclipse.org. Eclipse Public License - Version 1.0. *eclipse.org*. Web. 17 May 2015 <<https://www.eclipse.org/legal/epl-v10.html>>. 11. microsoft.com. Visual Studio Languages. *microsoft.com*. Web. 17 May 2015 <<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/ee822860%28v=vs.100%29.aspx>>. 12. qt.io. Category:Tools::QtCreator - Qt Wiki. *qt.io*. Web. 17 May 2015 <<http://wiki.qt.io/Category:Tools::QtCreator>>. 13. eclipse.org. Eclipse - The Eclipse Foundation open source community website. *eclipse.org*. Web. 17 May 2015 <<https://eclipse.org/>>. 14. softkey.ua. Средства разработки Visual Studio | Supermarket programmnogo obespecheniya - Softkey-Ukraina. *softkey.ua*. Web. 17 May 2015 <<http://www.softkey.ua/catalog/index.php?CID=491>>. 15. gnu.org. Octave Copyright Information. *gnu.org*. Web. 17 May 2015 <www.gnu.org/software/octave/license.html>. 16. scilab.org. License / Scilab / Home — Scilab. *scilab.org*. Web. 17 May 2015 <<http://www.scilab.org/scilab/license>>. 17. maxima.sourceforge.net. Sistema komp'yuternoy algebry Maxima. *axima.sourceforge.net*. Web. 17 May 2015 <<http://maxima.sourceforge.net/ru/>>. 18. mathworks.com. MATLAB and Simulink Pricing and Licensing Overview. *mathworks.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.mathworks.com/pricing-licensing/>>. 19. ptc.com. TS Miscellaneous: Mathcad Licensing FAQ - PTC.com. *ptc.com*. Web. 17 May 2015 <www.ptc.com/go/mathcad/licensingfaq>. 20. wolfram.com. Research Universities & Teaching Colleges: Mathematica License Pricing. *wolfram.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.wolfram.com/mathematica/pricing/colleges-universities.php?desktop>>. 21. mathworks.com. License for MATLAB Student R2015a. *mathworks.com*. Web. 17 May 2015 <<https://www.mathworks.com/store/link/products/student/new>>. 22. ptc.com. PTC Webstore. *ptc.com*. Web. 17 May 2015 <<http://www.store.ptc.com/promo/95144000>>. 23. allo.ua. Komp'yuter PrimePC Multimedia A4074.01.36 v internet-magazine ALLO.ua. *allo.ua*. Web. 17 May 2015 <<http://allo.ua/kompjutyery/primepc-multimedia-a4074-01-36.html>>. 24. plaza.kh.ua. Monitor TFT 21.5 LG 22M37A-B. Internet-Magazin Plaza.kh.ua. *plaza.kh.ua*. Web. 17 May 2015 <<http://www.plaza.kh.ua/product/index.php?id=122691880>>. 25. privatbank.ua. PrivatBank stav naybil'shim u sviti korporativnim koristuvachem Linux. *privatbank.ua*. Web. 17 May 2015 <<https://privatbank.ua/ua/news/privatbank-stal-krupneishim-v-mire-korporativnim-polzovatilem-linux/>>. 26. ualinux.com. Kto ispol'zuyet Linux i SPO? *ualinux.com*. Web. 17 May 2015 <<https://ualinux.com/en/use-linux>>. 27. Alekseyev Ye. R., V.N. Bragilevskiy. "Ispol'zovaniye svobodnogo programmnogo obespecheniya v universitetakh i issledovatel'skikh uchrezhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii". *Materiali drugoi mizhnarodnoi n-praktichnoi konferentsii FOSS Lviv 2012, 26-28 kvitnya 2012 r. : Tezi dopov. L'viv : 2012. 5. Print.*

Поступила (received) 01.09.2015

Краснокутский Евгений Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.
Краснокутский Yevgeniy Vladimirovich – PhD, senior lecturer of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.

УДК 674.8

В. Є. ВЕДЬ, А. М. МИРОНОВ**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ СТРУКТУРОЮ ДЕРЕВИНИ ТА КІНЕТИКОЮ ПРОЦЕСУ ЇЇ СУШКИ**

В роботі вивчається вплив структури деревинної сировини на механізм протікання процесів її сушіння. У даній статті досліджено мікроскопічну будову деревини та визначено пористість матеріалу. Кінетика сушки розглядається на прикладі п'яти різних порід дерев – чотирьох листвяних та однієї хвойної. Проведено досліді щодо випаровування води з плоскої поверхні та за допомогою встановлення термопар оцінено межі прогріву підослідного матеріалу. Досліджено процес випаровування вологи для трьох груп зразків різних порід, обчислена швидкість протікання сушки, а також визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу. З'ясовано удаваний порядок реакції, яка відбувається під час сушіння. На підставі вищевикладеного робиться висновок щодо необхідності у диференціації методик сушіння початкової сировини у залежності від її типу.

Ключові слова: деревина, сушка, порода, структура, волога, реакція, температура, піроліз, швидкість процесу.

Вступ. Деревина, яка заготовлена у лісі, доставляється до відповідних підприємств водояним, залізничним або автомобільним транспортом. Найбільш економічним видом транспорту є сплав деревини за течією річок або озер на баржах. Збереження деревинної сировини відбувається на лісових складах, які являють собою відкритий майданчик, максимально рівний та нерідко розташований поряд із водоймами або уздовж берегової лінії [1].

Таким чином, деревина завжди містить вологу. За вологістю вона підрозділяється на три групи: повітряно-суху (20–25%), напівсуху (26–50%) та сиру (з більшим вмістом вологи). Сушка сировини є початковим етапом для процесу піролізу. Головна мета сушки полягає у перетворенні деревини з природної сировини на промисловий матеріал з покращеними технологічними властивостями. Задля отримання вірної картини протікання усього комплексу процесів, пропонується розглянути цю початкову стадію. Вихід вугілля з деревини хвойних порід трошки більше, ніж з листвяних порід, проте якість вугілля з листвяних порід вище [1].

Кінцева вологість деревини після сушки, окрім виключно важливого впливу на технологічні процеси піролізу (продуктивність апаратів, якість вугілля та рідких продуктів піролізу, об'єм стічних вод тощо), помітно впливає на витрату теплової енергії при піролізі деревини [2].

Формулювання цілей статті, постановка проблеми. Ціль цієї роботи – дослідити процес випаровування вологи зі зразка деревини різних порід, визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу, з'ясований порядок реакції, яка відбувається, та обчислена швидкість протікання сушки.

Прийнято вважати, що найбільш економічно доцільним є піроліз деревини вологістю 15–25%, але реальна вологість висушеної деревини коливається у значно більш широких межах. Під час камерної сушки терміни висихання деревини порівняно невеликі (декілька годин), крім того при кваліфікованому проведенні процесу є можливість отримати технологічну сировину будь-якої кінцевої вологості.

Одним з основних чинників, які впливають на продуктивність підприємства з піролізу деревини та собівартість отриманої продукції є вологість сировини, яка йде на переробку. Чим більш сухою є деревина, тим швидше відбувається процес піролізу, підви-

щується кислотність жижи та, відповідно, зменшуються теплові витрати на її переробку та утилізацію стічних вод. Саме тому інтенсифікація процесу сушки є першочерговим завданням для підвищення ефективності роботи піролізних підприємств.

Опис процесу. Сушка – це процес видалення вологи з матеріалу шляхом її випаровування. Видаляється, як правило, волога, зв'язана з деревиною адсорбційним та осмотичним чином, а також механічно (волога макро- та мікрокапілярів) [1, 2].

Під час сушки деревини волога внутрішніх шарів перед тим, як випаруватись, повинна переміститися до поверхні. Швидкість її переміщення всередині деревини у багато разів менша за можливу швидкість її випаровування з поверхні. Саме тому поверхневі шари деревини висихають швидше, ніж внутрішні [2].

Через відставання процесу переміщення вологи з внутрішніх областей деревини у порівнянні з процесом випаровування її з поверхні утворюється значна різниця (перепад) вологості між внутрішніми та поверхневими шарами деревини. Чим більший перепад вологості у деревині, тим більш інтенсивне у ній переміщення вологи. Другим збудником переміщення вологи всередині матеріалу є різниця температур між внутрішніми та зовнішніми шарами матеріалу, що висушується [2].

У даній статті розглядатиметься процес сушіння деревинної сировини при температурах, що не перевищують 150 °С, та до кінцевої вологості, величина якої є межевою для процесів сушки та процесу початку власне піролізу.

Матеріали досліджень. Наразі для сушіння деревини на піролізних підприємствах використовується атмосферна (природна) та камерна (штучна) сушка.

Для дослідження було обрано зразки п'яти порід дерев: бук, береза, дуб, сосна та червоне дерево. Наведено дані щодо одного зразку листвяної породи та одного зразку хвойної (берези та сосни відповідно).

Задля отримання цілковитого уявлення про процес було проведено три серії дослідів (кожна з кількома дублюючими експериментами для уточнення даних):

1) обробка цехового технологічного матеріалу, який пройшов первинну підготовку для столярних цілей (нижчий рівень вологості);

2) обробка сирого матеріалу, отриманого безпосередньо з відкритого повітря (середній рівень вологості);

3) обробка цехового технологічного матеріалу, який попередньо був штучним чином максимально насичений вологою (найвищий рівень вологості).

Крім того, були здійснені попередні заходи: під мікроскопом досліджені внутрішні структури зразків деревини, проведені досліди випаровування води з плоскої поверхні, а також оцінені межі прогріву піддослідного матеріалу за допомогою встановлення термопар, про все це йтиметься нижче.

Результати досліджень. Очевидно, що суттєвий вплив на перебіг процесу випарювання рідини з товщі деревини має її структурна будова. Деревина складається з кліток, які здебільшого являють собою порожні трубки різного діаметру. Порожнини клітин, поєднані між собою порами (рис. 1), утворюють у деревині макрокапілярну систему.

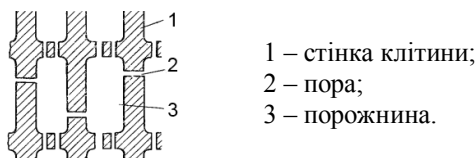


Рис. 1 – Схема макрокапілярної структури деревини

Відомо, що стінки клітин мають волокнисту будову. За допомогою мікроскопу, обладнаного камерою, було отримано фотознімки внутрішніх структур для кожної породи дерев. Це дослідження підтвердило уявлення про те, що сорбційна ємність деревини для різних порід відрізняється через структурні розбіжності. У якості найбільш цікавих зразків наведемо приклад берези та сосни (рис. 2 та 3).

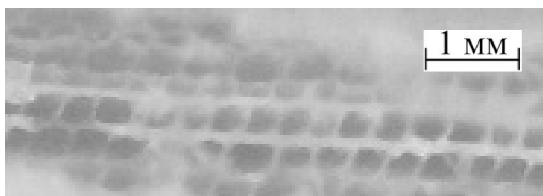


Рис. 2 – Внутрішня структура берези

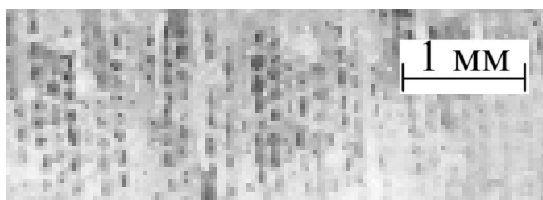


Рис. 3 – Внутрішня структура сосни

Сосуди зустрічаються тільки у листяних порід. Як можна побачити на першому знімку, у берези чітко вирізняються окремі волокна, які рівномірно розташовані уздовж зразка деревини. Відстань між структурними одиницями дозволяє накопичувати та утримувати достатньо велику кількість вологи за умов стабільної температури навколишнього середовища. Натомість смоляні ходи зустрічаються виключно у хвойних порід.

Вони представляють собою міжклітчасті канали, заповнені смолою. Наведений на знімку розріз наочно демонструє поздовжні волокнини, що перетягнуті поперечними, що дає змогу побачити сітчасту систему, яка більше нагадує бджолині стільники. Така структура довше набирає, але й довше утримує вологу, що продемонстрували результати наступних експериментів.

Якщо загальний об'єм шматочка деревини прийняти за 100%, то співвідношення між об'ємом стінок клітки та об'ємом порожнин клітки буде, яке наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Пористість деревини

Порода	Стінок клітки, % об'єму	Порожнин клітки, % об'єму
Береза	39	61
Сосна	33	67

Зрозуміло, що пористість впливає на питому вагу, гігроскопічність, теплопровідність та на інші фізичні властивості деревини.

Дослідження процесу випаровування води просто з плоскої поверхні проводилося для виявлення кореляції між параметрами часу сушки та кількістю вологи у вихідному матеріалі. Далі необхідно було визначити кількісну характеристику вмісту вологи у зразку.

За температури 150 °C зразок вагою 1 грам піддавався сушці та через фіксовані інтервали часу, однакові за величиною, знімалися показники зменшення маси зразку. Його кінцева вага дорівнює масі сухої деревини, а маса, що випарилася, – кількості води у складі вихідної одиниці зразка та відсотку пористості цього зразка.

Подібний експеримент фактично являє собою дослідження кінетики сушки – тобто він встановлює зв'язок між зміненням вологості матеріалу ω^c у часі та іншими параметрами процесу: $\omega^c = f(\tau)$.

Універсальна відсоткова величина вмісту вологи у матеріалі від початкової маси:

$$w_{\%} = \frac{G_{\text{поч.}} - W_i}{G_{\text{поч.}}} \cdot 100 \%,$$

де $G_{\text{поч.}}$ – вага зразку перед початком сушки;

W_i – кількість вологи у певний момент часу,

$$W_i = \frac{Y_i \cdot G_{\text{поч.}}}{100};$$

Y_i – відсоток вологи від початкової ваги зразку.

Поступовість випаровування вологи зі зразку деревини розглядається на прикладі одного шматку листяної та одного шматку хвойної породи, кожен з яких має найменший (цеховий підсушений) та найбільший (цеховий насичений) рівень вологості (рис. 4–7).

Отримані кінетичні залежності сушки деревини різних порід дозволяють апроксимувати їх диференціальними рівняннями n-ного порядку [3], для яких була проведена ідентифікація параметрів:

$$-\frac{dC_A}{dt} = nkC_A^n;$$

$$C_A^{1-n} - C_{A0}^{1-n} = (n-1) \cdot nkt.$$

Звідси виразимо n .

$$\ln C_{A_n}^{1-n} = (1-n) \cdot \ln C_{A_0};$$

$$n = 1 - \ln \frac{C_{A_n}^{1-n}}{C_{A_0}}$$

Доведено, що варіювання величини n не має суттєвого впливу на вигляд функції для усіх порід досліджуваної деревини при значеннях $n \sim 1,05$. Роби-мо висновок про те, що відбувається реакція першого порядку за загальною формулою $y=ax+b$. Наведемо приклад однієї функції – тут функції для сосни з меншою вологістю – рис. 8.

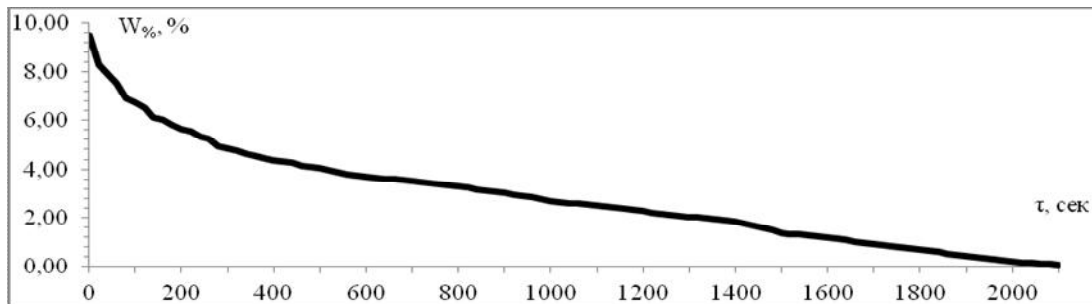


Рис. 4 – Кінетика сушки берези з найменшим рівнем вологості (9,3%)

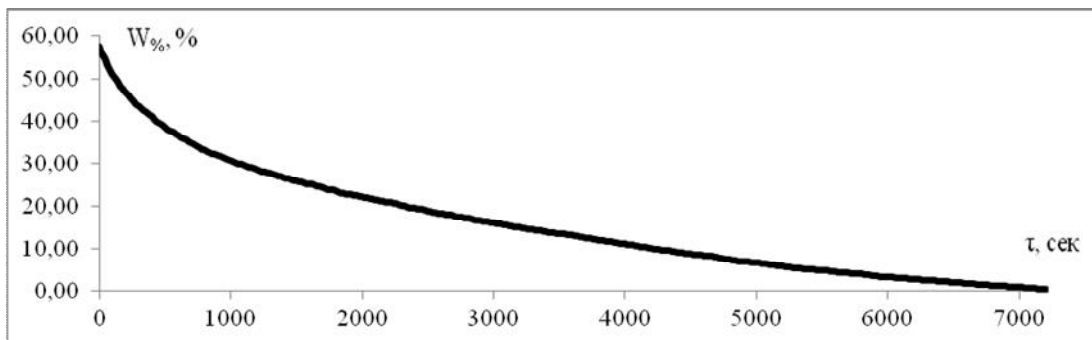


Рис. 5 – Кінетика сушки берези з найбільшим рівнем вологості (57,7%)

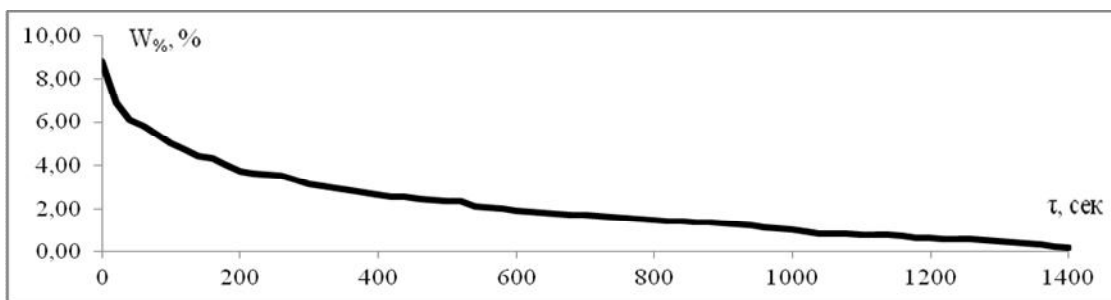


Рис. 6 – Кінетика сушки сосни з найбільшим рівнем вологості (8,8%)

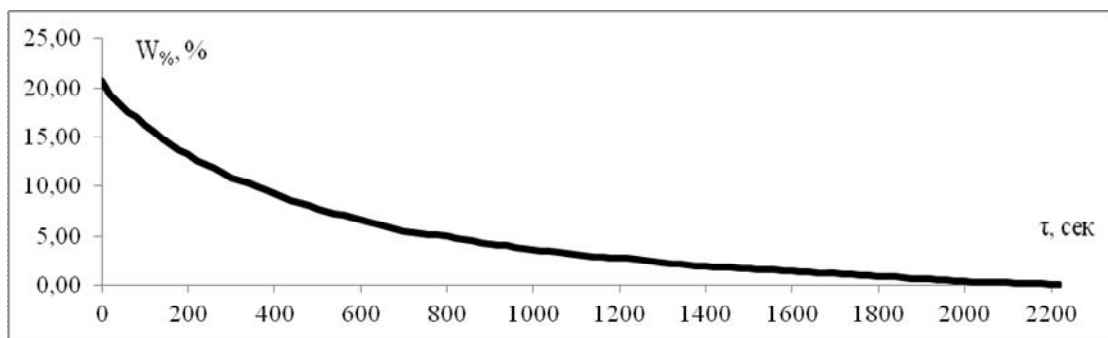


Рис. 7 – Кінетика сушки сосни з найбільшим рівнем вологості (20,7%)

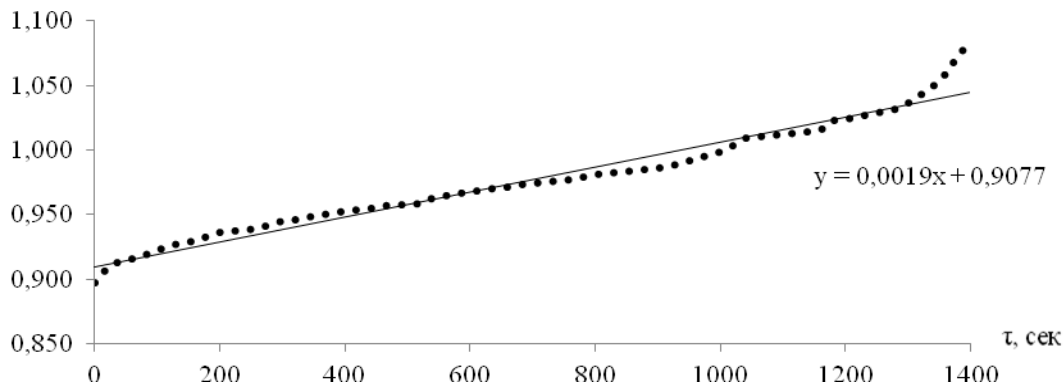


Рис. 8 – Функція пошуку порядку реакції на прикладі сушки зразку сосни

Ця функція може бути лінеаризована за допомогою виразу $y=0,001x+0,907$.

Подібним чином можна лінеаризувати всі отримані криві та для реакцій першого порядку використати рівняння кінетики сушки. Швидкість являє собою функцією часу, тобто можна скористатись наступним перетвореним рівнянням [3]:

$$-\int_{w_{\%0}}^{w_{\%i}} \frac{dw_{\%}}{w_{\%}} = k \int_0^t dt;$$

$$-\ln\left(\frac{w_{\%i}}{w_{\%0}}\right) = k \cdot t.$$

Швидкість процесу:

$$v = -\ln\left(\frac{w_{\%i}}{w_{\%0}}\right).$$

На рис. 9–12 зображені криві швидкостей сушки для тих самих зразків, які наведено вище. Всі криві мають однорідний вигляд та на них відсутні різкі зміни.

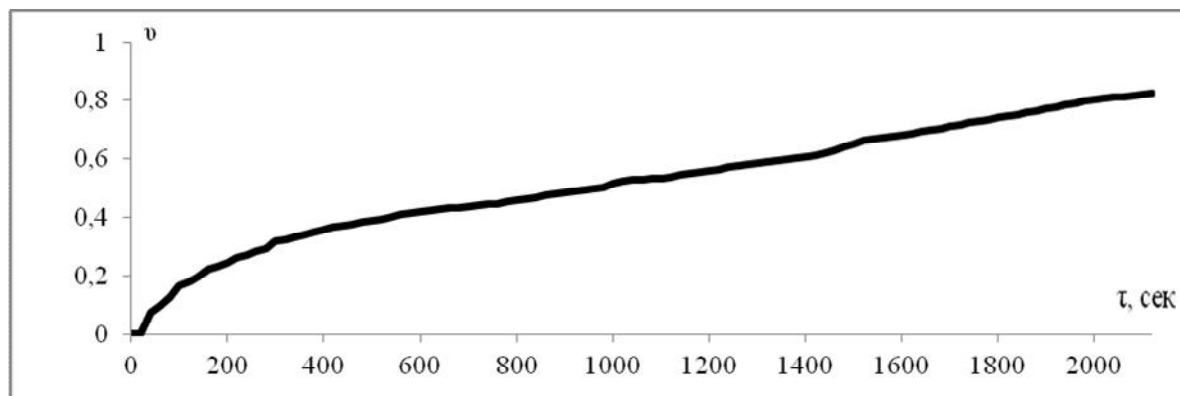


Рис. 9 – Швидкість сушки берези з найменшим рівнем вологості

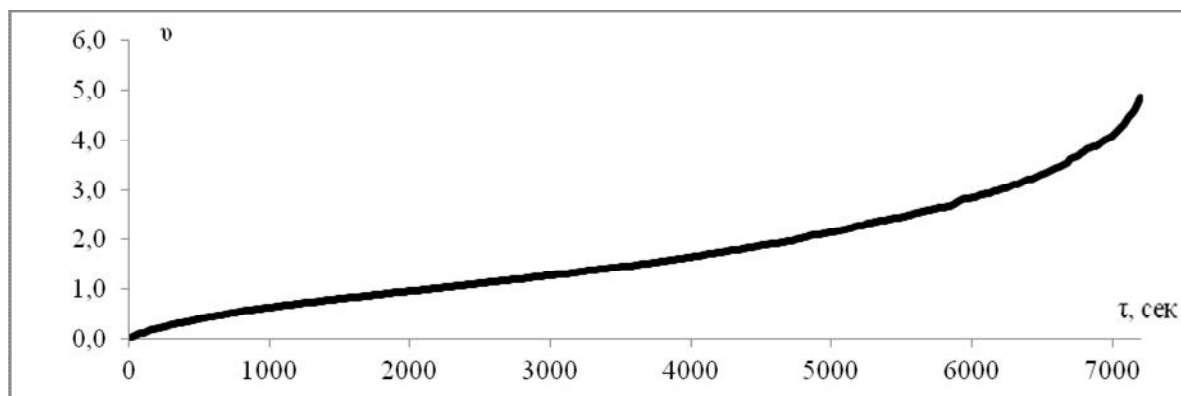


Рис. 10 – Швидкість сушки берези з найбільшим рівнем вологості

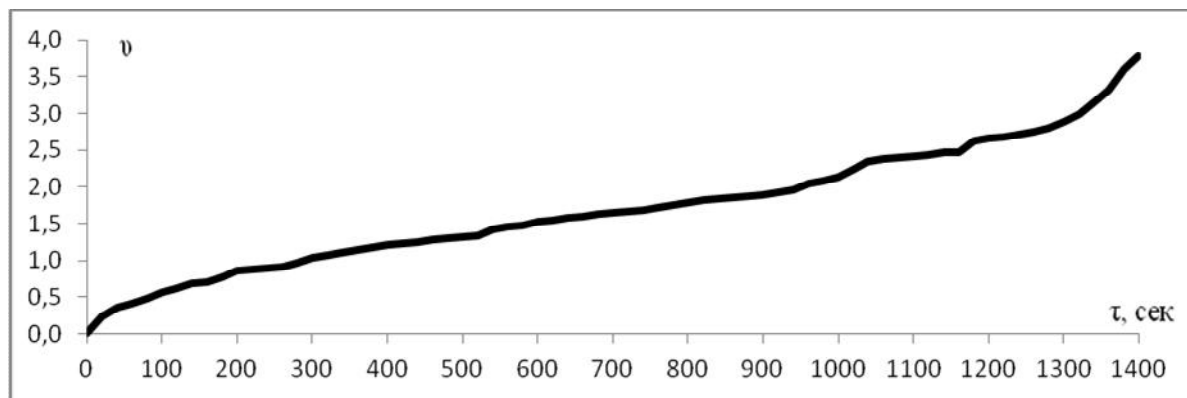


Рис. 11 – Швидкість сушки сосни з найменшим рівнем вологості

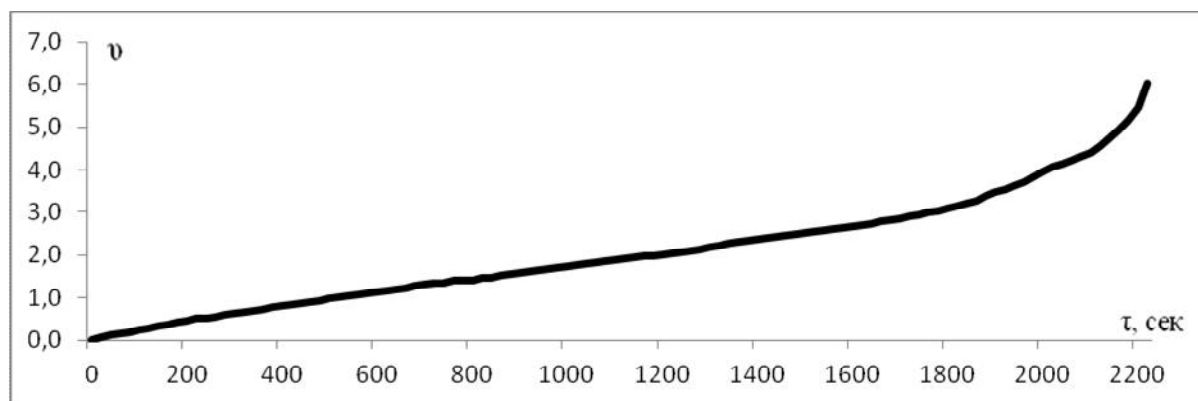


Рис. 12 – Швидкість сушки сосни з найбільшим рівнем вологості

Варіюючи величиною, обчислимо k :

$$k = \frac{t \cdot g \cdot \alpha}{n \cdot (n - 1)}$$

В результаті ми отримаємо сімейство кривих, що мають різний кут нахилу. Після підрахунків співвідношення отриманих значень здебільшого підтверджують попередні висновки щодо вологосприйнятливості, засновані на вивченні структури деревини та кривих кінетики сушки. Виходячи з вищевикладеного, є очевидною необхідність у диференціації методики сушіння початкової сировини.

Висновки. Сушка сировини є початковим етапом для процесу піролізу. У даній статті було вивчено структуру деревини, досліджено процес випаровування вологи зі зразків різних порід, визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу, з'ясований порядок реакції, яка відбувається, та обчислена швидкість протікання сушки. Процес має

розглядатися без відриву від подальшої переробки сировини на піролізному підприємстві.

Список літератури: 1. Ковернинский И.И. Комплексная химическая переработка древесины: Учебник для вузов / И.И. Ковернинский, В.И. Комаров, С.И. Третьяков, Н.И. Богданович, О.М. Соколов и др. – Архангельск: Издательство АГТУ, – 2002. – 347 с. 2. Выродов В.А. Технология лесохимических производств: Учебник для вузов / В.А. Выродов, А.Н. Кислицын, М.И. Глухарёва и др. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 352 с. 3. Царева З.М. Основы теории химических реакторов / З.М. Царева, Л.Л. Товажнянский, Е.И. Орлова – Харьков: ХГПУ, – 1997. – 624 с.

Bibliography (transliterated): 1. Koverninskiy I.I. Kompleksnaya himicheskaya pererabotka drevesyiny: Uchebnik dlya vuzov / I.I. Koverninskiy, V.I. Komarov, S.I. Tretyakov, N.I. Bogdanovich, O.M. Sokolov i dr. – Arhangelsk: Izdatelstvo AGTU, – 2002. – p.347. 2. Vyirodov V.A. Tehnologiya lesohimicheskikh proizvodstv: Uchebnik dlya vuzov / V.A. Vyirodov, A.N. Kislitsyin, M.I. Gluharyova i dr. – M.: Lesnaya promyshlennost, 1987. – p. 352. 3. Tsareva Z.M. Osnovy teorii himicheskikh reaktorov / Z.M. Tsareva, L.L. Tovazhnyanskiy, E.I. Orlova – Harkov: HGPU, – 1997. – p. 624.

Надійшла (received) 31.03.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Валерій Євгенович Ведь, доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0978326949; ved@kpi.kharkov.ua,

Антон Миколайович Миронов, аспірант, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 0934063035; 380934063035@ya.ru.

Valery Evhen'evych Ved, Doctor of Technical Sciences, professor, National technical university "Kharkiv polytechnic university", 0978326949; ved@kpi.kharkov.ua,

Anton Nikolaevych Myronov, postgraduate, National technical university "Kharkiv polytechnic university", 0934063035; 380934063035@ya.ru.

УДК 665.36

Ю. Е. ОМЕЛЬЧЕНКО, И. Н. ДЕМИДОВ**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ ЭКСТРАКЦИИ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИПИДОВ ИЗ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Воскоподобные вещества являются ценным продуктом и сырьем для многих отраслей промышленности. Существующие способы получения восков имеют ряд недостатков, таких как значительные энергетические затраты, большой расход растворителя или образование дополнительных отходов. В статье представлены результаты исследований выделения липидов из отработанного фильтрующего порошка (зажиренный перлит) с последующим выделением воскоподобных веществ методом перколяционной экстракции.

Ключевые слова: воскоподобные вещества, фильтрующий порошок, экстракция, гексан, сивушное масло.

Введение. На сегодняшний день переход на использование высокоэффективных экологически чистых производств и технологий является актуальной задачей для всех отраслей промышленности. Этот переход направлен не только на энергосбережение и полную использования сырья, но и на уменьшение отходов за счет их рециркуляции или дальнейшего использования в других производствах [1, 2].

В масложировой промышленности удаление воскоподобных веществ осуществляется на стадии вымораживания, которая включает в себя охлаждение масла, экспозицию и фильтрование выпавших кристаллов восков с помощью фильтрующего порошка [3]. Вследствие этого образуется трудно утилизируемый вторичный продукт с довольно большим содержанием липидов – до 65 %.

Предлагаемые способы использования и утилизации маслосодержащего фильтровального порошка многообразны:

- добавка к комбикормам животных [4, 5].
- удобрение для восстановления почвы.
- применение в качестве сырья для производства цемента и перпича.
- вывоз в места захоронения [6].

На первый взгляд перечисленные способы утилизации фильтровального порошка просты и целесообразны, однако не всегда рациональны с экономической точки зрения.

Отработанный фильтровальный порошок представляет собой смесь ценных продуктов, таких как воскоподобные вещества, масло и фильтрационный порошок. Воск является ценным продуктом для коммерческого использования (в косметологии, фармацевтике и др.), а также в технике. Выделенное из отработанного фильтрующего порошка масло может быть возвращено в производство или использоваться в качестве сырья для получения других продуктов. Обезжиренный порошок желателно использовать повторно на стадии вымораживания.

Исходя из выше сказанного, переработка такого побочного продукта масложировой промышленности, как зажиренный фильтрующий порошок, является актуальной задачей.

Анализ последних исследований и литературы. В ранее опубликованных изданиях [7 – 9] были представлены некоторые способы

извлечения воскоподобных веществ и регенерации фильтровального порошка.

Разделение отработанного перлита с использованием водного раствора мыла предусматривает получение регенерированного фильтрующего порошка и смеси масло-воск. Водный раствор мыла добавляется непосредственно к перлиту или получается путем омыления жирных кислот, находящихся в перлите, едким натрием. Подсолнечное масло отфильтровывают от кристаллов восков через тканевые салфетки на фильтр-прессе в присутствии свежего фильтрующего порошка или регенерированного [7]. Недостатком данного способа разделения является образование большого количества сточных вод, большая длительность и многостадийность процесса.

В работе [11] предлагается разделение отработанного фильтрующего порошка горячей водной экстракцией для получения жировосковой смеси с последующим удалением остаточной влаги вакуумной сушкой. Далее жировосковая смесь охлаждается в течение 5 – 72 часов при температуре 4 – 40 °С, и фильтруется от выпавших кристаллов воска. Неблагоприятным фактором данного способа является длительность процесса и сложность аппаратного оформления.

Использование органических растворителей для извлечения липидных веществ из отработанного фильтрационного порошка было продемонстрировано в [8 – 10]. В качестве растворителя при экстракции использовался изопропиловый спирт [8, 12] и абсолютный этиловый спирт (с концентрацией не ниже 99 %) [8, 9].

Использование в качестве растворителя изопропилового спирта описано в [12]. Технология предусматривает смешивание фильтровального порошка с маслом или жиром, нагревание смеси и отделение липидной части. Полученный фильтрат охлаждают и разделяют на масло и концентрированный масло-восковой осадок, который растворяют в изопропиловом спирте. После кристаллизации восков раствор фильтруют, мисцеллу дистиллируют с получением масла, воскоспиртовой осадок дистиллируют с целью получения восков [12]. Многостадийность и сложность аппаратного оформления процесса являются недостатками данной технологии.

Предложенный способ извлечения липидов из фильтрующего порошка абсолютным этанолом предлагает получение регенерированного фильтрующего порошка с остаточной масличностью ниже 2,0 % и смесь масло-воск, без последующего его разделения. Однако этиловый спирт дорог, а его абсолютизация длительный и недешевый процесс.

Метод регенерации отработанного фильтровального порошка предлагаемый в работе [13] заключается в пропускании метилендихлорида через слой фильтровального порошка с последующей отгонкой растворителя. В результате получают фильтровальный порошок, который может использоваться повторно и маслососковую смесь. Однако данный метод не предусматривает разделение маслососковой смеси с выделением ценного продукта – восков.

При выборе метода экстракции более перспективным является перколяционный, по сравнению с контактным. Этот метод экстракции рассматривался для извлечения липидов из фильтрующего порошка с использованием в качестве растворителя абсолютного этилового спирта [9]. Результаты показали сокращение расхода растворителя в два раза. Но на сегодняшний день стоимость абсолютного этилового спирта выше, по сравнению с другими растворителями, и это приводит к поиску альтернативных растворителей с аналогичными показателями извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка и кристаллизации воскоподобных веществ.

Цель и основные задачи исследования. Проанализировать глубину экстракции при использовании различных растворителей с помощью перколяционного метода. Определить выходы липидов и воскоподобных веществ.

Соответственно поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

– определить влияние предлагаемых растворителей на степень экстракции липидов из фильтрующего порошка;

– установить рациональные параметры технологического процесса экстракции липидов растворителями;

– исследовать кинетическую зависимость извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка;

– определить количественное содержание воскоподобных веществ в извлеченных липидах;

– определить состав обезжиренного и освобожденного от воскоподобных веществ фильтровального порошка.

Материалы исследования. Для реализации поставленной задачи объектом исследования был выбран отработанный фильтрующий порошок, полученный на Кировоградском жировом комбинате; масличность которого составила 56 %.

Экстракцию проводили перколяционным методом в колонне с водяной рубашкой при температуре 65 °С и 95 °С. Температурные режимы были выбраны в соответствии с температурами кипения используемых растворителей (гексан и сивушное масло).

Фильтрующий порошок помещался в экстракционную колонну, а растворитель подавался сверху, для воспроизведения производственных условий. В процессе эксперимента контролировалась подача растворителей и температура. Отбор пробы осуществлялся после каждых 10 см³ мисцеллы. В каждом полученном образце анализировалось содержание липидов, а в адсорбенте определяли остаточную масличность.

Результаты исследования. На рис. 1 показана кинетика извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка с использованием в качестве растворителей гексан и сивушное масло.

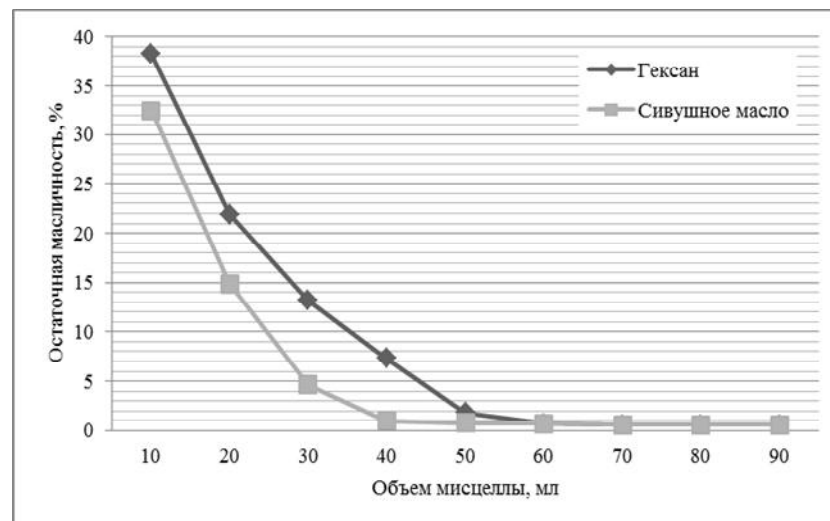


Рис. 1 – Кинетические кривые извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка

Из данных, приведенных на рис. 1 видно, что скорость экстракции выше при использовании в качестве растворителя сивушного масла. Остаточная масличность меньше 1 % наблюдается уже при отборе 4-й пробы, в то время как, у гексана она

довольно высока – более 7 %, при тех же параметрах.

По результатам эксперимента (рис. 1) было определено рациональное соотношение растворитель–зажиренный перлит. Для подтверждения полученных

данных была проведена серия экспериментов, результаты извлечения общего количества липидов изображены на рис. 2.

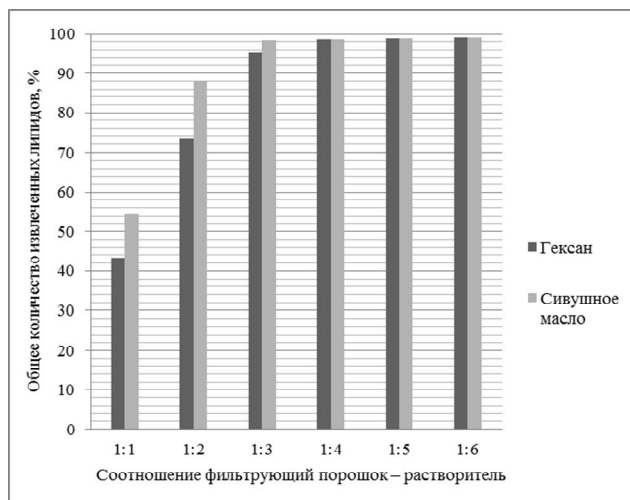


Рис. 2 – Степень извлечения липидов из отработанного фильтрующего порошка от количества растворителя

По результатам представленных на рис. 2 видно, что сивушное масло извлекает более 98 % от общего количества липидов при соотношении фильтрующий порошок : растворитель – 1:3, по сравнению с гексаном – около 95 % при том же соотношении.

На рис. 3 показывает зависимость остаточной масляности фильтрующего порошка от количества растворителя.

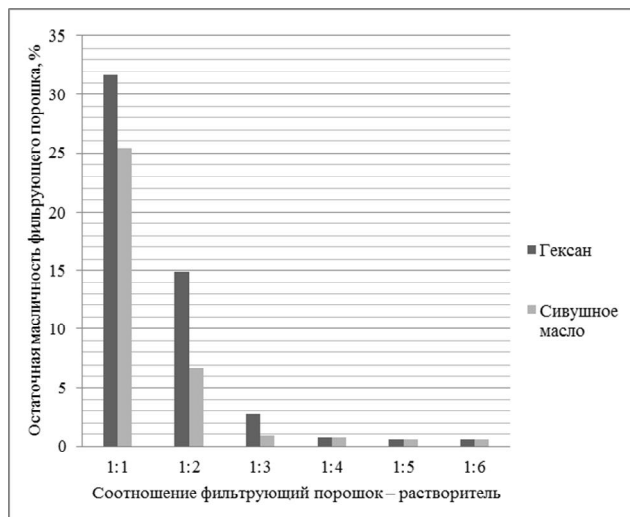


Рис. 3 – Извлечение остаточной масляности фильтрующего порошка от количества растворителя

Из графика видно, что остаточная масляность фильтрующего порошка при соотношении фильтрующий порошок : сивушное масло – 1:3, составило менее 1 %, по сравнению с гексаном – более 2 % при тех же условиях.

Из рис. 2 и 3 вытекает, что при перколяционном методе экстракции липидов из отработанного фильтрующего порошка рациональные условия извлечения достигнуты при использовании в качестве растворителя сивушного масла в

соотношении фильтрующий порошок : растворитель как 1:3 и температуре процесса 95 °С. Общее количество извлеченных липидов составляет 98 % при остаточной масляности перлита менее 1 %.

Преимущество данного метода заключается в высокой степени извлечения нейтральных липидов, сокращения расхода растворителя и в отсутствии стадии фильтрации мисцеллы от фильтрующего порошка.

В полученных образцах липидов определили методом кристаллизации из растворителя содержание воскоподобных веществ. Для проведения анализа были выбраны следующие условия процесса: соотношение смеси масло-воск : растворитель – 1:5, температура кристаллизации 10 °С и время кристаллизации 24 ч, растворитель использовался тот же, которым извлекали образцы. Результаты представлены на рис. 4.

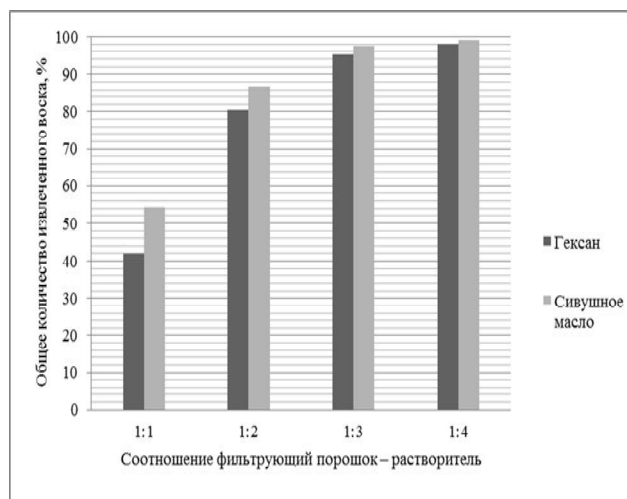


Рис. 4 – Количество извлеченных воскоподобных веществ в зависимости от количества растворителя

Как видно из рис. 4 наибольшее количество воскоподобных веществ извлечено из образца, полученного при соотношении отработанный фильтровальный порошок : растворитель – 1:3, в качестве растворителя использовалось сивушное масло. Выход воскоподобных веществ составил более 97 %.

В дальнейшей работе необходимо провести анализ показателей качества воскоподобных веществ, масла и фильтрационного порошка, полученных описанным выше методом.

Выводы. В ходе исследований были определены рациональные условия извлечения из отработанного фильтровального порошка (зажиренный перлит) нейтральных липидов и воскоподобных веществ. Был выбран дешевый и эффективный растворитель позволяющий извлекать 98 % воскоподобных веществ – сивушное масло. Определены рациональное соотношение компонентов смеси фильтрующий порошок : сивушное масло как 1:3, выбранный перколяционный метод экстракции доказал свою эффективность (более концентрированная мисцелла и снижение расхода растворителя). Остаточная масляность зажиренного перлита составила менее 1 %, что дает возможность

рекомендовать его к повторному использованию на стадии винтеризации растительных масел.

Таким образом, предложенный способ регенерации перлита дает следующие преимущества:

1. Возможность возврата адсорбента на стадию фильтрации воскоподобных веществ.
2. Нейтральные липиды после извлечения из них растворителя могут быть использованы в технических или кормовых целях.
3. Извлекается ценный продукт – воскоподобные вещества, которые используются во многих отраслях промышленности.

Список литературы: 1. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. – 2006. – Vol. 45, Issue 2. – P. 45–52. 2. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – P. 512–515. 3. О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение [Текст] / Р. О'Брайен: пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды – СПб.: Профессия, 2007. – С. 166–168. 4. Григорьева В. Использование жировых отходов масложировой промышленности в кормовых целях / В. Григорьева, В. Мачигин // Олейно-жировый комплекс. – 2005. – № 4 (11) – С. 40–42. 5. Герасименко Е. О. Применение отходов рафинационного производства для мыловарения / Е. О. Герасименко, Н. Н. Колосовская // Труды КубГТУ. – 2001. – вып. 1. – С. 260–263. 6. Камышан Е. М. Утилизация отработанной отбелочной глины и кизельгура / Е. М. Камышан // Масложировая промышленность – 2006. – № 3 – С. 56–57. 7. Пат. RU 2215025 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ разделения фильтрационного осадка от производства "вымороженного" подсолнечного масла на масло, восковой концентрат и фильтр-порошок [Текст] / Бавика В. И., Беденко В. Г., Чистяков Б. Е., Рцманов И. О. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Экохим». – № 99115983/13, заявл. 15.10.1998, опубл. 24.05.2001. 8. Пат. FR2374082 France B01J23194, C11B13/00. Procédé pour separer desresidus gras de catalyseuds en substances [Text] / Kidron Joel – applicant(s) Varta Batterie. – № 19771024, 1978. 9. Демидов И. Н. Перспективные технологии в масложировой промышленности / И. Н. Демидов // Олейно-жировый комплекс. – Дніпропетровськ: АПК-Информ, 2008. – № 4 (23) – С. 63–64. 10. Савус А. А. Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел перколяционным методом / А. А. Савус, С. Н. Мольченко, И. Н. Демидов // Вестник НТУ «ХПИ» – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2011. – С. 48. 11. Пат. RU 2385899 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ выделения воска [Текст] / Кислов С. В. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Маслоэкстракционный завод Юг Руси». – № 2008152688/13, заявл. 29.12.2008, опубл. 10.04.2010.

12. Пат. RU 2347805 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ безотходной утилизации отработанных диатомитовых и перлитовых фильтровальных порошков, используемых при производстве рафинированных растительных масел [Текст] / Цатурян А. С., Симкин В. Б., Авдеев А. А., Масликов В. А., Красавцев Б. Е. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Южный полюс». – заявл. 05.09.2006, опубл. 27.02.2009. 13. Пат. RU 2488425 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ регенерации отработанного фильтрующего материала [Текст] / Яруллин Р. Н., Яруллин Р. П., Сурьев А. В., Мустафин М. Т., Султанов И. Ю. – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Альцел». – № 2011100770/05, заявл. 12.01.2011, опубл. 27.07.2013.

Bibliography (transliterated): 1. Kovari K. Seed crushing, oil refining and environmental problem [Text] / K. Kovari, J. Denise, J. Hollo // Olaj. Szap. – Kozmet. – 2006. – Vol. 45, Issue 2. – 45–52 Print. 2. Weber K. New concepts of environmental, protection in the production of fat [Text] / K. Weber // Inform. Int. News Fats, Oils and Relat. Mater. – 2004. – Vol. 4. – 512–515 Print. 3. O'Brayen R. Zhiryi i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primenenie. per. s angl. 2-go izd. V. D. Shirokova, D. A. Babeykinoy, N. S. Selivanovoy, N. V. Magdyi. St. Petersburg: Professiya, 2007. Print. . 4. V. Grigoriev Use fatty waste oil industry in order to feed / V. Grigoriev, V. Machigin // Olyno fat complex. – 2005. – № 4 (11) – 40–42 Print. 5. Gerasimenko E. O. Application rafinatsionnogo waste production for the soap making / E. O. Gerasimenko, H. H. Kolosovskaya // Proceedings KubGTU. – 2001 – Vol. 1. – 260–263 Print. 6. Kamyshan E. M. Recycling the spent bleaching clay and diatomaceous earth / E. M. Kamyshan // Fat industry – 2006. – № 3 – 56–57 Print. 7. VI Bavika, Bedenko VG, E. B. Chistyakov, Rschmanov I.O Pat. RU 2215025 Russian Federation MPK C11B3/00. A method of separation of the filter cake from the production of "frozen" of sunflower oil in the oil, wax concentrate and filter powder. 99115983/13, 2001. 8. Joel Kidron Pat. FR 2374082 B01J23194 France, C11B13/00, Method to separate fatty residues catalyseuds substances. 19771024, 1978. 9. I. N. Demidov Advanced technologies in oil industry / I. N. Demidov // Olyno fat complex. – Dnipropetrovsk: APK-Infom, 2008. – № 4 (23) – 63-64 Print 10. Savus A. A. Removing fats from spent adsorbent production of edible oil by percolation / A. A. Savus, S. N. Molchenko, I. N. Demidov // Vestnik NTU "KPI" – Kharkiv: NTU "KPI". – 2011. – 48 Print. 11. Kislov S. V. Pat. RU 2385899 Russian Federation MPK C11B3/00. A method for isolating the wax. 2008152688/13, 2010. 12. Tsaturyan A. S., Simkin V. B., Avdeev A. A., Maslikov V. A., Krasavtsev B. E. Pat. RU 2347805 Russian Federation MPK C11B3/00. A method of disposing of waste without waste diatomite and perlite filter powders used in the production of refined vegetable oils, 2009. 13. Yarullin R. N., Yarullin R. R., Supyrev A. V., Mustafin M. T., Sultanov I. Y. Pat. RU 2488425 Russian Federation MPK C11B3/00. The method of regeneration of spent filter. 2011100770/05, 2013.

Надійшла (received) 10.12.2015

Демидов Игорь Николаевич – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», профессор кафедры «Технология жиров и продуктов брожения»; тел.: (095) 185-32-67; e-mail: punterra@yandex.ru

Demidov Igor Nikolaevich - doctor of technical sciences, professor, National Technical University "Kharkovsky Polytechnic Institute", Professor of the Department "Technology of fats and fermentation products"; tel.: (095) 185-32-67

Омельченко Юлия Евгеньевна – Национальный технический университет «Харковский политехнический институт», аспирант; тел.: (063) 880-88-90; e-mail: punterra@yandex.ru.

Omelchenko Julia Evgenyevna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Postgraduate student; tel.: (063) 880-88-90; e-mail: punterra@yandex.ru.

УДК: 664, 667

Е. А. ПАПАКИНА, С. А. ПЕТРОВ, Л. В. КРИЧКОВСКАЯ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА И ПРОДУКТОВ НА ЕГО ОСНОВЕ

В статье предложена технология получения продуктов на основе хлорофилла из экономически выгодного сырья высшего водного растения *Potamogeton perfoliatus*. Описывается актуальность экологической проблемы связанной с зарастанием, заиливанием и заболачиванием рек. Обосновывается экономическая выгода производства БАДов, которые представляют собой желатиновые капсулы, наполненные порошком хлорофилла и высушенной водоросли. Представлена методика выделения хлорофилла, на основе которой предложена технологическая схема получения хлорофилла содержащих продуктов. С целью создания малоотходного производства предложен выпуск сопутствующего продукта – добавки к корму жвачных животных, представляющий собой гранулы из перемолотого высушенного жмыха, богатого на клетчатку.

Ключевые слова: хлорофилл, краситель, БАД, водоросль рдест, экстракция, технология получения

Введение. На сегодня во всех проточных водоемах на территории Украины и, в частности, Харьковской области не только распространена, но и довольно часто образует заросли водоросль рдест. Зарастание водоемов – это природный процесс, который несет за собой негативные факторы (рис. 1). Происходит заиливание, омерление рек и их заболачивание. Заросли также создают проблемы для передвижения судов. Параллельно возникает и требует решения проблема социального характера – очистка рек от водорослей в районе пляжей.



Рис. 1 – Зарастание рек

Рдест, как биологическое сырьё для производства интересен и ценен потому, что на данный момент полезно не используется. Ввиду наличия большого объема невостребованного сырья нами была поставлена задача разработать проект по переработке водорослей рдест и получением из него продуктов: хлорофиллосодержащей БАД «Chlorophyll», пищевого красителя E140 и добавки к кормам для жвачных животных.

Анализ последних исследований и литературы. В общем хлорофиллы можно рассматривать как производные протопорфирина-порфирина с двумя карбоксильными заместителями, свободными или этерифицированными (рис. 2).

В высших растениях содержится две формы хлорофилла – хлорофилл А и хлорофилл Б. При общем содержании хлорофиллов 0,7-1,1 г на 1 кг зеленой массы растений соотношение хлорофиллов а и b обычно составляет 3:1 (в зависимости от освещенности, наличия удобрения и др. факторов

может колебаться от 2:1 до 3,4:1, что используется для контроля за развитием растений) [1].

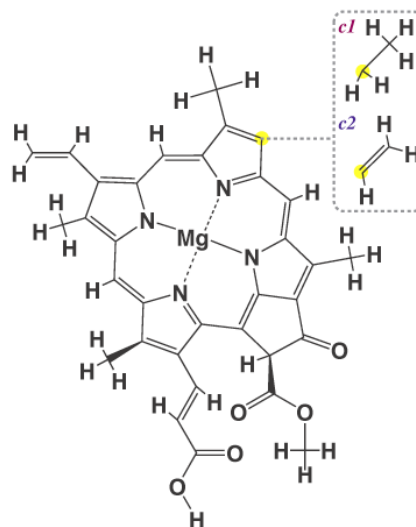


Рис. 2 – Формула хлорофилла

Хлорофилл а поглощает свет в фиолетовой, голубой и красной частях спектра, отражая в основном зелёный цвет, что и придаёт ему характерную окраску (рис. 3). Хлорофилл b – жёлтого цвета и поглощает свет преимущественно в синей части спектра [2].

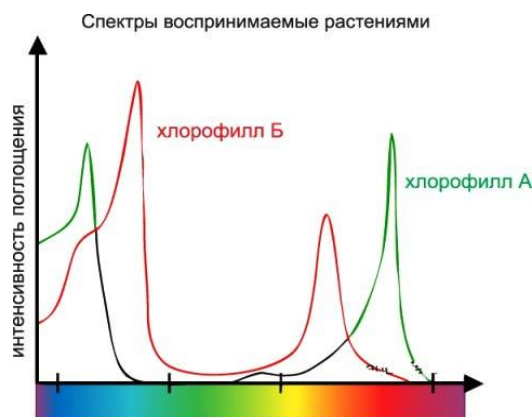


Рис. 3 – Спектры поглощения хлорофилла А и хлорофилла Б

© Е.А. Папакина, С.А. Петров, Л.В. Кричковская, 2015



Рис. 4 – БАДы на основе хлорофилла.



Рис. 5 – Внешний вид водоросли рдест.

На сегодняшний день известно несколько способов промышленного выделения хлорофилла из растительного сырья. Наиболее распространённым сырьём для промышленного получения является люцерна (многолетнее бобовое растение), реге – клевер, петрушка. Недостатком известных способов получения хлорофилла является использование в качестве экстрагента этилового спирта, который не обеспечивает максимального выделения хлорофилла из пресноводной травы. Также со временем хлорофилл в этаноле образует алломерные формы, которые неустойчивы в процессе хранения.

В нашем проекте для получения хлорофилла используется альтернативный вид экономически выгодного сырья – водоросли, которые не требуют посева и ухода. Важнейшими преимуществами данного вида сырья является то, что рдест распространён на всех континентах кроме Антарктиды, обладает высокой скоростью роста и хорошей зимостойкостью.

Следует заключить, что сбор и заготовка водоросли помогают улучшить экосистему водоемов, а также расширить сырьевую базу региона путем комплексной переработки сырья в производстве БАД, красителя и кормов для животных.

Основным целевым продуктом переработки водорослей является БАД «Chlorophyll», который представляет собой желатиновые капсулы, наполненные хлорофиллом и измельченным порошком водорослей [5]. Данный БАД обладает некоторыми важными фармакологическими свойствами:

- помогает повысить гемоглобин в крови;
- усиливает иммунную функцию организма;
- оказывает противовоспалительное и антибактериальное действие;
- предотвращает рост бактерий в ранах;
- очищает кровь, выводит токсины;
- поддерживает здоровую кишечную флору и т.д.

Следует отметить, что продукты на основе хлорофилла популярны в мире. Аналогичный БАД выпускается в некоторых странах (рис. 4).

В США его выпускают несколько крупных компаний (Paradigma, NSP,) а также международная компания «Альтера Холдинг». В нашей же стране производство данного продукта отсутствует, но существуют представительства вышеуказанных компаний, где спрос на данный товар высок.

Так как в Украине производство подобных продуктов отсутствует можно сделать вывод, что предлагаемый продукт БАД «Chlorophyll» востребован на рынке. Так же параллельно с основным продуктом планируется выпуск красителей и добавка к корму жвачных.

Актуальность красителя состоит в том, что он довольно часто используется в пищевой промышленности и известен как добавка E140. В Украине он так же не выпускается, а импортируется из Германии, Китая, России. Производство красителя в нашем регионе будет востребованным и гораздо удешевит его стоимость.

Добавка к корму из водоросли очень богата на клетчатку. Клетчатка в определенном количестве необходима жвачным животным как источник энергетического материала для стимуляции деятельности рубца, сохранения здоровья и поддержания на определенном уровне жирности молока. Она оказывает механическое воздействие на стенки рубца и кишечника, удлиняет процесс жвачки, в результате которого выделяется большое количество слюны, которая идет на щелочную реакцию, что обеспечивает кислотность рубца на уровне pH равном 6,5 – 7,0. Оптимальный уровень клетчатки в рационах зависит от продуктивности животных, их физиологического состояния, структуры кормления и других факторов. Для коров оптимальное количество сырой клетчатки в сухом веществе рациона должно быть 17 – 22 %, причем не менее 14 % должна составлять клетчатка грубых кормов. Для высокопродуктивных коров это количество должно быть на уровне 16 – 18 %. Снижение клетчатки ниже 16 % сопровождается нарушением процессов пищеварения, изменением соотношений летучих жирных кислот (ЛЖК) и уменьшением жира в молоке. Избыточное содержание клетчатки снижает перевариваемость других питательных веществ. [6]

Цель и задачи исследований. Разработка технологии получения хлорофиллсодержащих БАДов «Chlorophyll», красителя E140, создание малоотходного производства путем эффективного использования отходов для изготовления корма для жвачных животных.

Для решения поставленных задач сначала был проведен анализ литературных и справочных данных.

Из литературы известно, что рдест – многолетнее водное растение, род семейства Рдестовые (рис. 5). Сроки цветения: июль-август. Рдест пронзеннолистный растёт в стоячих и проточных, пресных и солоноватых водах разнообразных водоёмов. [3]

Материал исследований. Рдесты — растения-космополиты. Они растут повсюду в мире в стоячих или медленно текущих пресных или солоноватых водоёмах, часто образуя обширные заросли (рис. 6).



Рис. 6 – Зарастание рек водорослью Рдест пронзеннолистный

Химический состав водоросли «Рдест пронзеннолистный» представлен в таблице 1.

Таблица 1 Химический состав рдеста пронзеннолистного

Вид растения	Содержание веществ, %					
	Воды	Минеральных веществ	Фиторастворимых веществ	Углеводов	Белковых веществ	Хлорофилла
Рдест пронзеннолистный	9,1	28,6	0,6	56,7	3,6	0,8

Данные таблицы 1 свидетельствуют о том, что в водоросли рдест содержится достаточное количество хлорофилла – 0,8% от массы сырья с содержанием воды 9,1%. Углеводный состав водоросли представлен в табл. 2.

Таблица 2 Углеводный состав рдеста пронзеннолистного

Вид растения	Содержание, %			
	Растворимых углеводов	Легко гидролизуемых углеводов	Пектиновых веществ	Клетчатка
Рдест пронзеннолистный	9,4	7,3	17	23

Разработка технологии выделения хлорофилла За основу процесса экстракции была взята методика «Способ получения хлорофилла из высших водных растений» (Кабанов М.И., Салиева А.Р.) [5].

Методика получения хлорофилла включает следующие основные стадии: заготовка водоросли (сушка, измельчение), экстракция смесью гексана и этанола, отгонка растворителя и сушка. Вместе с хлорофиллом в незначительной степени экстрагируются каротиноиды. Полученный сухой порошок перемалывают и капсулируют.

Стадия заготовки сырья проходит в летний период – с начала июня до конца августа. Собирают водоросль в устьях рек и в водоемах. Далее ее измельчают, сушат и отправляют на хранение.

Структурная схема производства хлорофилла и добавки к корму изображена на рисунке 7.



Рис. 7 – Структурная схема производства хлорофилла и добавки к корму

На основе блок-схемы была разработана принципиальная технологическая схема производства хлорофилла и добавки для корма (рис. 8).

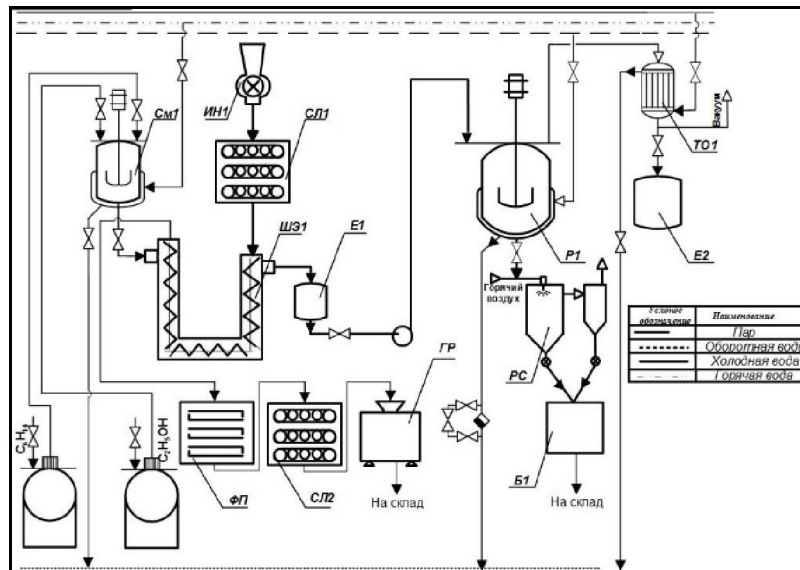


Рис. 8 - Принципиальная технологическая схема производства хлорофилла и добавки для корма жвачных животных

Заготовленную траву измельчают с помощью измельчителя ножевого ИН1 до размера 1 см в длину. Далее водоросли просушивают в ленточной сушилке С1 до влажности 5% при температуре 45°C. Сухой рдест подаем в шнековый экстрактор ШЭ1 и экстрагируем 16 часов при температуре 25-30°C смесью гексана и этанола (9:1), которые смешиваются на фильтр-прессе ФП и подается на ленточную сушилку С2, где сушится в течении 2 часов. Далее гранулируется в грануляторе ГР.

Полученный экстракт подаем в емкость Е1 и далее, с помощью центробежного насоса в Р1 осуществляем перегонку под вакуумом, чтобы отогнать растворитель. Растворитель отгоняется в емкость Е2, а концентрированный хлорофилл подается в распылительную сушилку РС, где улавливается горячим воздухом. Сухой порошок падает на дно и через шлюзовый питатель в бункер Б1 а остатки растворителя превращаются в пар и отгоняются.

В основу технологии изначально закладывался принцип реализации процесса как малоотходного производства путем эффективного использования отходов переработки исходного сырья. Так, после экстракции остается большое количество

жмыха, который, согласно химическим исследованиям, очень богат на клетчатку (табл. 3).

Таблица 3. Состав высушенного жмыха.




Показатель	Содержания, %
Белки	2
Углеводы	83
Минеральных веществ	15

Высушенный жмых содержит 83% углеводов, из них клетчатки 80%. Клетчатка обеспечивает нормальное пищеварение в преджелудках и кишечнике. Следовательно, его целесообразно использовать как добавку к корму жвачных животных.

Для получения еще одного продукта – корма для жвачных животных, жмых, который остается после экстракции подвергается промывке для удаления растворителя (экстрагента), далее он сушится, перемалывается и гранулируется.

Все описанные продукты являются актуальными и востребованными на рынке (табл. 4). Преимуществом нашего целевого продукта БАД является не только его востребованность, но и стоимость.

Таблица 4. Описание готовых продуктов и их характеристики

Внешний вид продукта	Описание продукта
	БАД «Chlorophyll». Желатиновые капсулы, наполненные зеленым порошком хлорофилла. Состав 1 капсулы: - Chlorophyll (as sodium-copper chlorophyllin) (хлорофилл) 100 мг - Potamogeton perfoliatus Powder (порошок рдеста пронзеннолистного) 250 мг - Другие ингредиенты: желатин (капсулы), магния стеарат, тальк.
	Краситель Е140 с легкостью растворяется в маслах и жирах, очень чувствителен к воздействию высоких температур и света. При их воздействии краситель Е140 распадается и теряет окраску. Так как данный краситель безопасен для здоровья человек, то его применяют в пищевой промышленности. Хлорофилл придает пищевому продукту оливковый цвет и применяется в производстве мороженого, кремов, различных десертов, пудингов, кисломолочных продуктов, в соусах, майонеза. В Украине разрешено окрашивание с помощью Е140 разных овощей в уксусе, масле или рассоле, а также использование в приготовлении желе и джемов и других продуктов, напитков.
	Добавка к корму для жвачных животных. Выпускается в виде гранул в полипропиленовых мешках весом 20 кг.

Так как поставщики вышеперечисленных продуктов иностранные, мы имеем большие преимущества по ценовой политике продукта, исходя из возможных экономий на транспорте, уровне зарплаты, технических и экономических отличий по требованиям государства к производству. Цены на конкурентные товары и форма выпуска приведены в таблице 5.

Таблица 5. Стоимость конкурентных продуктов.

Название, производитель	Форма выпуска	Цена за упаковку, грн
«Liquid Chlorophyll», NSP, США	Жидкость мутно-зеленого цвета (457,6 мл)	730
«Chlorophyll», NOW FOODS, США	Капсулы с порошком внутри (90 капсул)	540
«Chlorophyll + carotin», Украина	Капсулы с порошком внутри (90 капсул)	300

Востребованность на рынке и более выгодная цена доказывают жизнеспособность представляемого проекта.

Выводы. Таким образом, в ходе разработки проекта:

- изучен способ получения хлорофилла из перспективного сырья – рдеста пронзеннолистного;
- исследовано влияние растворителя, температурного режима в процессе экстракции на конечный выход хлорофилла;
- разработана непрерывная методика получения хлорофилла;
- разработана технология эффективного малоотходного производства;
- предложено комплексное решение по улучшению экосистемы водоема и расширению сырьевой базы для получения кормов.

В ближайших перспективах планируется: установить зависимость выхода хлорофилла от растворителя, времени и температурного режима процесса; исследовать химический и элементный анализ образцов водоросли с различных мест на территории Харьковской области и выявить места с наиболее подходящими результатами анализов; изучить вопрос об оптимальной массе водорослей, которую можно собрать с определенного участка для предотвращения нанесения вреда экосистеме водоема.

Список литературы. 1. Монтеверде Н. А., Любименко В. Н. Исследования над образованием хлорофилла у растений. 2. Декерсон Р., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии. Т2. Перевод с англ – М. Мир.

3. Биологический энциклопедический словарь / Гл. ред. М. С. Гиляров; Редкол.: А. А. Баев, Г. Г. Винберг, Г. А. Заварзин и др. — 2-е изд., исправл. — М.: Советская энциклопедия, 1989. — С. 532. — 864 с. 4. Ленинджер А. Основы биохимии: В 3-х т. Т. 2. Пер. с англ.-М.: Мир. 1985. 5. Интернет ресурс: <http://www.findpatent.ru/patent/249/2496813.html>. Патент на изобретение способа получения хлорофилла из высших водных растений. Авторы патента: Кабанин М.И., Салиева А.Р., Мукатова М.Д. 6. Интернет ресурс: Шупик М.В., Райхман А.Я. Учебно методическое пособие для студентов учреждения высшего образования «Кормление сельскохозяйственных животных», 2014 г.

Bibliography. 1. Monteverde N., Lubimenko V. «Studies on the formation of chlorophyll in plants» 2. R. Dekerson, H. Grey, G. Haught «The basic laws of chemistry». P 2. 3. Biological encyclopedic dictionary / CH. edited by M. S. Gilyarov; SYN. A. A. Baev, G. G. Vinberg, G. A. Zavarzin, and others. — 2nd ed. the right. — M.: Soviet encyclopedia, 1989. — pages 532. — 864. 4. Lehninger A. Fundamentals of biochemistry: In 3 t. T. 2. TRANS. angl.-M.: Mir. 1985. 5. Internet resource: <http://www.findpatent.ru/patent/249/2496813.html>. A patent for an invention method of producing chlorophyll from high water plants. The authors of the patent: M. Kabanin, A. Salieva, M. Mukatova 6. Internet resource: M. Shupyk, A. Reichman, textbook for students of institutions of higher education "Feeding farm animals", 2014

«Сведения об авторах/ About the authors»

Папакина Елена Александровна – студент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: alenapapakina@mail.ru

Papakina Elena Alexandrovna – student, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», e-mail: alenapapakina@mail.ru

Петров Сергей Александрович – старший преподаватель кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: petrowsa@yahoo.com

Petrow Sergey Alexandrovych - senior lecturer of Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», e-mail: petrowsa@yahoo.com

Кричковская Лидия Васильевна – доктор биологических наук, заведующая кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел. 38 (057) 707-61-41 e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

Krichkovskaya Lidia Vasilievna – Full Professor, Doctor of Biological Sciences, Director of the Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», phone 38 (057) 707-61-41 e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

УДК: 577.352.336: 613.165: 621.373.8

Т. В. ФАЛАЛЄЄВА, В. Б. ДІСТАНОВ**ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ДЕЯКИХ ФОРМАЗАНІВ, ПОХІДНИХ НАФТАЛЕВОЇ КИСЛОТИ**

В даній статті розглянуті питання технологія отримання формазанів, похідних нафталенової кислоти. Синтез формазанів, які випромінюють світло, дозволить розширити їх області використання, наприклад, як фотохромних і термохромних матеріалів, а також може привести до отримання стабільних вільних радикалів, що мають люмінесценцію з новими можливостями. Наведена методика синтезу формазанів, що мають у своїй структурі фрагмент з розвинутою хромофорною системою. В даній роботі описано синтез формазанів з похідними нафталенового ангідриду. Розглянуті деякі технологічні рішення отримання формазанів, похідних нафталенової кислоти.

Ключові слова: формазани, нафталенова кислота, люмінесценція, технологія отримання, стабільні радикали, принципова схема.

Вступ

Зацікавленість синтезом та дослідженням формазанів обумовлена їх властивостями та застосуванням, бо вони є зручним об'єктом при рішенні задач, як теоретичної органічної хімії, так і знайшли широке практичне застосування. Деякі формазани застосовуються як аналітичні реагенти для фотометричного визначення різних катіонів, селективні іонообмінники в прикладній хімії. Важне значення має те, що формазани схильні утворювати радикальні структури. Вони являються в більшості випадків вихідною сполукою для отримання вердазильних радикалів.

Останнім часом набуває актуальності використання формазанів в медицині в якості індикаторів ракових клітин. З цим пов'язано синтез та дослідження формазанів з новими якостями.

Аналіз основних досягнень і літератури. Питання синтезу і технології отримання нових сполук з люмінесцентними властивостями присвячені роботи таких вчених, як Б. М. Красовицький, Б. М. Болотін, В. М. Шершуков, К. Е. Барикін, Б. В. Гриньов. Синтез, властивості та застосування досліджували Б. І. Бузикін, Г. Н. Ліпунова, Л. П. Сисоєва та ін. Однак серед даних досліджень не було знайдено інформації щодо синтезу, технології отримання формазанів похідних нафталенової кислоти, та описання технологічної схеми.

Мета дослідження. Метою даної роботи є отримання формазанів, що містять в своїй структурі фрагмент з розвинутою хромофорною системою, який може додати таким сполукам люмінесцентні властивості.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як один з таких фрагментів може виступати нафталеновий ангідрид і його похідні. Синтез формазанів, які випромінюють світло, дозволить розширити їх області використання, наприклад, як фотохромних і термохромних матеріалів, а також може привести до отримання стабільних вільних радикалів, що мають люмінесценцію, з новими можливостями [1,2].

Нами була застосована наступна схема для отримання формазану, що мають у своєму складі угруповання нафталенового ангідриду [3].

По-перше ми отримали γ -оксіпропілімід-4-бромнафталенової кислоти взаємодією 4-бромнафталенового ангідриду з γ -амінопропіловим спиртом.

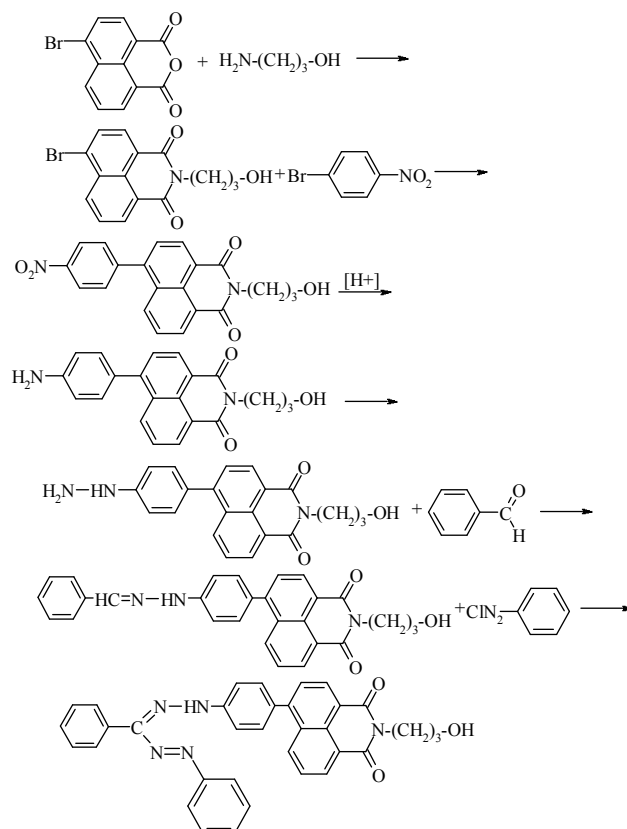
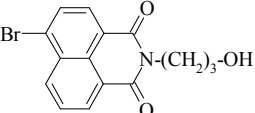
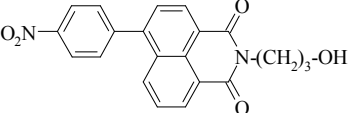
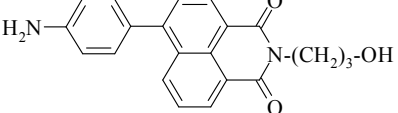
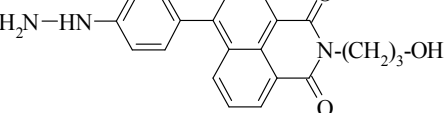
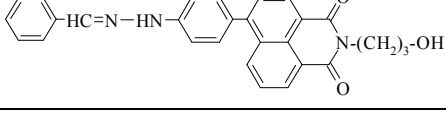


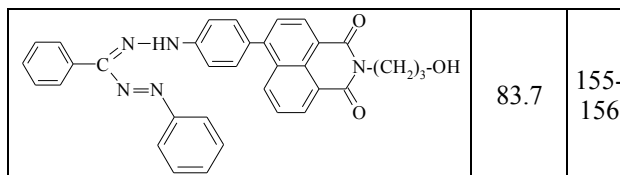
Рис. 1 – Отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-*p*-фенілнафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазан.

Далі, провели реакцію Ульмана взаємодією γ -оксіпропілімід 4-бромнафталенової кислоти з *p*-нітробенzenом в диметилформаміді в присутності каталізатору. Отриманий γ -оксіпропілімід 4-(*p*-нітро)-фенілнафталенової кислоти був відновлений залізними ошурками в соляній кислоті, і отриманий γ -оксіпропілімід 4-(*p*-аміно)-фенілнафталенової кислоти пере-творили у відповідний гідразин. При взаємодії γ -оксіпропілімід 4-(*p*-гідразінофеніл)нафталенової кислоти з бензальдегідом отримуємо відповідний гідразон. Реакція гідразону з фенілдіазонійхлоридом дала нам змогу отримати відповідний формазан.

За результатом проведеного процесу були отримані наступні результати [3].

Таблиця 1 – Вихід та температури плавлення отриманих сполук

Сполука	Вихід, %	T _{пл} , °C
	76	199-200
	79	268-270
	72	259-260
	89	241-242
	59.7	171-173



Якщо враховувати застосування формазанів і відповідно обсяг виробництва, ми обираємо періодичний метод виробництва [6].

Процес виробництва формазанів похідних нафталенової кислоти можна поділити на наступні стадії:

- 1) Отримання проміжного продукту - γ -оксіпропіліміду-4-(п-гідразино-феніл)нафталенової кислоти.
- 2) Синтез 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазану.

Для синтезу проміжного продукту характерні наступні стадії:

- 1) Взаємодія 4-бромнафталенового ангідриду з γ -амінопропіловим спиртом.
- 2) Отримання γ -оксіпропіліміду 4-(п-нітро)-феніл-нафталенової кислоти.
- 3) Відновлення γ -оксіпропіліміду 4-(п-нітро)-феніл-нафталенової кислоти.
- 4) Отримання гідразину.
- 5) Фільтрація і промивка продукту.
- 6) Сушка

Синтез 1-(γ -оксіпропілімід 4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазану представлений блок-схемою (рис 2).

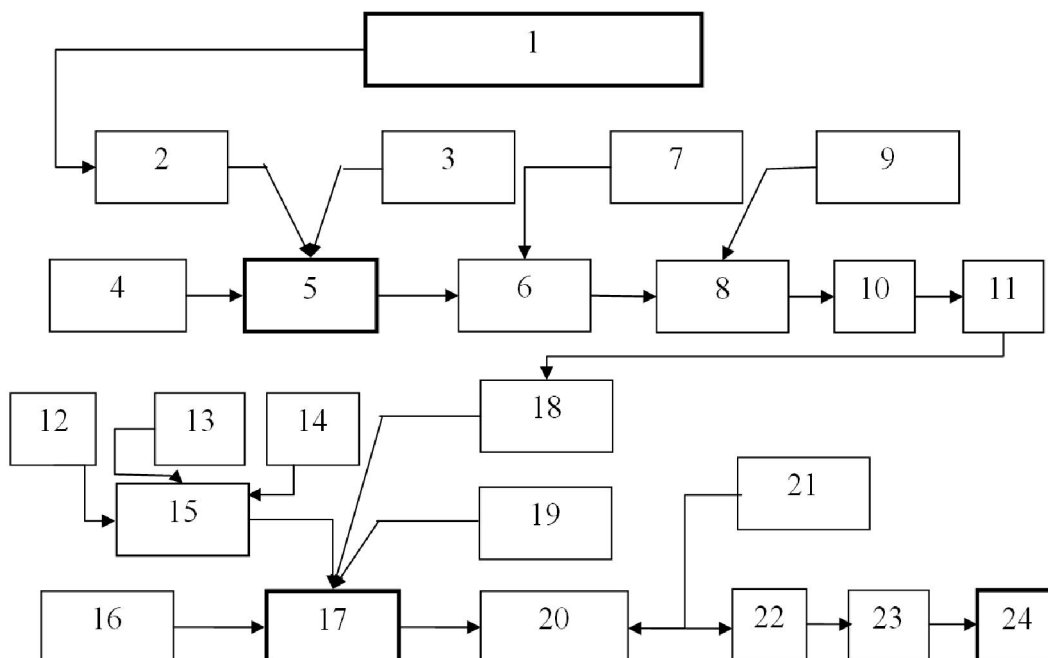


Рис. 2 – Блок-схема процесу отримання 1-(γ -оксіпропіліміду-4-п-феніл-нафталенової кислоти)-3,5-дифенілформазан.

де: 1 – отримання проміжного продукту; 2 – завантаження γ -оксіпропіліміду-4-(п-гідразинофеніл)-нафталенової кислоти; 3 – завантаження толуолу; 4 – завантаження бензальдегіду; 5 – утворення феніл-

гідразону γ -оксіпропіліміду 4-п-феніл-нафталенової кислоти; 6 – фільтрування гідразону; 7 – завантаження соляної кислоти на промивання осаду; 8 – перекристалізація гідразону; 9 – завантаження спирту на

перекристалізацію; 10 – фільтрація гідразону; 11 – сушіння гідразону; 12 – завантаження соляної кислоти на стадію діазотування; 13 – завантаження 30 %-го розчину нітриту натрію; 14 – завантаження аніліну; 15 – приготування фенілдіазонійхлориду та діазотування; 16 – завантаження розчину на стадію отримання формагану; 17 – отримання 1-(γ -оксіпропілімід 4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформагану 18 – завантаження гідразону на стадію отримання формагану; 19 – завантаження спиртового розчину оцтовокислого натрію; 20 – фільтрація отриманого продукту; 21 – завантаження спирту для промивання осаду; 22 – перекристалізація; 23 – фільтрація; 24 – сушіння продукту.

На основі блок-схеми була спроектована принципова схема отримання формаганів, похідних нафталевої кислоти (Рис. 3)

У процесі проектування хімічних виробництв вирішуються багато завдань:

- технологія виробництва і його апаратне оформлення;

- генеральний план;
- електротехнічне забезпечення і т.д.

Взагалі методологія створення і проектування хімічних виробництв включає послідовне виконання робіт на різних етапах:

- передпроектна розробка хімічних технологій;
- виконання робочого проекту виробництва хімічних продуктів.

Передпроектна розробка хімічних виробництв включає в себе:

- екологічне обґрунтування інвестованих проєктів хімічних виробництв;
- техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень.

Методи екологічної оцінки технології наступні:

- матеріальні баланси та технологічні розрахунки;
- технологічна альтернатива;
- прогнозування технологічного ризику;
- оцінка екологічної небезпеки технології.

Для обґрунтування норм технологічного режиму залучаються дані з термодинаміки, а також відомості за механізмом і кінетиці основних і побічних реакцій.

Термодинамічні дані використовуються для визначення області значення параметрів, в якій процес протікає, а також для розрахунку ступенів перетворення вихідних речовин, якщо процес відбувається в рівноважних умовах.

Кінетичні дані (константи швидкостей хімічних реакцій, константи рівноваги, енергії активації реакцій) необхідні як при визначенні норм технологічно-

го режиму, так і при розрахунку розмірів реакторів [7].

В контексті цієї роботи нас цікавить технологічне проектування, що включає в себе:

- вибір методу хімічного виробництва продуктів, що відповідає конкретних умов;
- вибір і розробка необхідного технологічного обладнання;
- раціональне розміщення устаткування;
- механізація і автоматизація процесу.

Реактор Р-1, що устаткований сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (1-1) завантажують поступово при перемішуванні, бензальдегід, толуол, γ -оксіпропілімід-4-(п-гідразінофеніл)нафталевої кислоти.

Суміш підігривають та витримують 30-40 хв. Після чого реакційну масу охолоджують до температури навколишнього середовища. Осад, що випав, фільтруємо на нутч-фільтрі НФ-1, промиваємо гарячою водою та слабим розчином соляної кислоти і технічний продукт подаємо в реактор Р-2, обладнаний сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (2-1), Завантажують спирт, суміш нагрівають до повного розчинення осаду, охолоджують до температури навколишнього середовища, фільтрують НФ-2 і сушать при температурі 80-90 °С в поличній сушарці СШ-1. Після сушки проміжний продукт завантажують у реактор Р-4, обладнаний сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та теплообмінником 3-1 на стадію отримання формагану.

Тим часом готуємо розчин солі фенілдіазонію. В реактор Р-3, що має сорочку для підігріву парою та охолодження водою, якірну мішалку та холодильник (1-1) завантажують поступово при перемішуванні анілін, додаємо соляну кислоту і 30 %-ий розчин нітриту натрію. Витримуємо суміш при 5-10 °С і направляємо до реактора Р-4.

Отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифеніл-формагану проводимо в реакторі Р-4, що устаткований сорочкою для підігріву парою та охолодження водою, якірною мішалкою та холодильником (4-1).

Завантажуємо спирт, додаємо гідразон і розчиняємо його при 30-40 °С, завантажуюємо спиртовий розчин оцтовокислого натрію, перемішуємо і охолоджуємо до 5 °С. Після чого по краплям додаємо розчин солі діафонію з реактора Р-3. Суміш витримують на протязі 40-50 хвилин

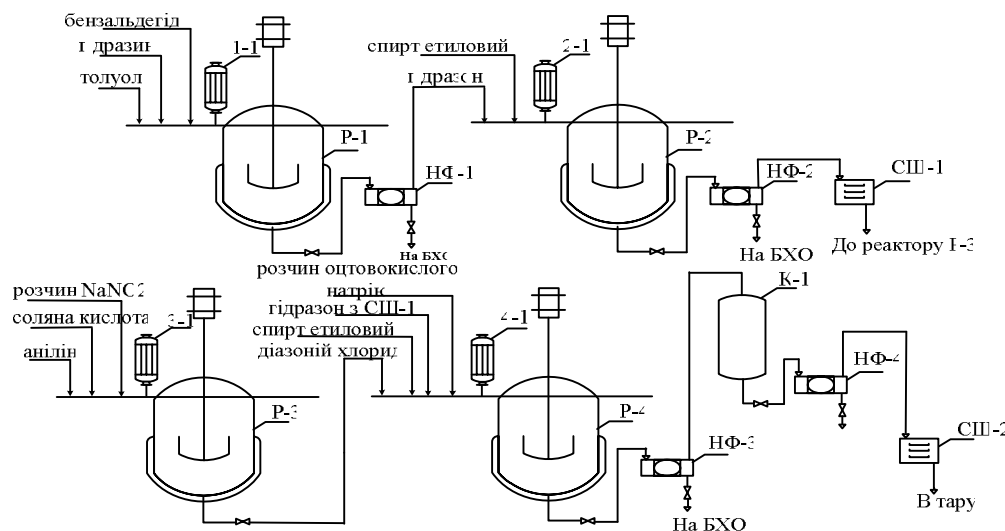


Рис. 3 – Принципова схема отримання 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазан

Отриманий 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-феніл-нафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазан фільтруємо, промиваємо водою і направляємо на перекристалізацію в апарат К-1. Після чого отриманий продукт фільтруємо на нутч фільтрі НФ-4 і сушимо в сушильній шафі СШ-1 при температурі 70-80 °С.

Висновки. Синтезований ряд формазанів, похідних нафталевої кислоти, що мають нові якості. Розроблена принципова схема отримання похідних 1-(γ -оксіпропілімід-4-п-фенілнафталевої кислоти)-3,5-дифенілформазану.

1. Список літератури: 1. Бузыкин Б. И. Прогресс в химии формазанов Синтез-свойства-применение. – В кн.: Химия гидразонов / Под ред. Китаева Ю. П. – М.: Наука, 1977. – С. 189 – 204. 2. Полумбрик О. М. Химия вердазыльных радикалов. – К.: Наукова думка, 1984. – 226 с. 3. Дістанов В. Б., Лисова І. В., Дістанов В. В., Фалалєєва Т. В., Аніщенко А. О. Синтез і дослідження синтонів для отримання вільних стабільних радикалів [Текст] // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – «Хімія, хімічні технології та екологія». – 2008. – № 41. – С. 145 – 155. 4. Фалалєєва Т. В., Дістанов В. Б. Синтез і дослідження производных 4-Морфолинонафталевої кислоти в качестве флуоресцентных зондов для определения качества крови [Текст] // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: «Наука и образование в XXI веке». Тамбов. – 2014 г. Ч.15. – С.52-53. 5. Дістанов В. Б., Фалалєєва Т. В., Дістанов В. В., Касатікова С. В., Використання реакції Ульмана в синтезі формазанів [Текст] // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – «Хімія,

хімічна технологія та екологія» – 2011. – № 31. – С. 53 – 63. 6. Тимонин А. С. Машины и аппараты химических производств / А. С. Тимонин – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2008. – 872 с. 7. Григорьева Л. Оборудование и складское хозяйство химических производств / Лариса Григорьева, С. Чекряжов, Ирина Леппик, Галина Трофимова – Учебное пособие для профессиональных центров Innove: Йыхви, 2012. – 336 с.

Bibliography (transliterated): 1. Buzykin B. I. *Progress in the chemistry of formazans. Synthesis-properties-use.* – In the book : Chemical hydrazones / Ed. Kitaeva YP – M.: Nauka, 1977. – S. 189 – 204. 2. Polumbryk O. M. *Chemistry verdazylnuh radicals.* – K.: Naukova Dumka, 1984. – 226 p. 3. Distanov V. B., Lusova I. V., Distanov V. V., Falaleeva T. V., Anischenko A. O. *Synthesis and study synthones for free stable radicals [Text]* // Bulletin NTU "KhPI". – Kharkov: NTU "KhPI". – "Chemistry, chemical technology and ecology". – 2008. – № 41. – S. 145 - 155. 4. Falaleeva T. V., Distanov V. B. *Synthesis and investigation of 4-Morfolinoaftalevoy acid as fluorescent probes to determine the quality of blood [Text]* // Collection of scientific papers on International scientific-practical conference "Science and education in the XXI century." – Tambov. – 2014 CH.15. – S.52-53. 5. Distanov V. B., Falaleeva T. V., Distanov V. V. Kasatikova S. V. *Use Ullman reactions in the synthesis of formazans [Text]* // Visnyk NTU "KhPI". – Kharkov: NTU "KhPI". – "Chemistry, Chemical Engineering and Environment" – 2011. – № 31. – S. 53 – 63. 6. Timonin A. S. *Machinery and Apparatus for Chemical Industry* / A. S. Timonin – Kaluga: Publisher N. Botchkareva, 2008. – 872 p. 7. Grigoryeva L. *Equipment and warehousing of chemical production* / Larisa Grigoryeva, S. Chekryzhov, Irina Leppik, Galina Trofimova – A manual for professional centers Innove: Jõhvi, 2012. – 336 p.

Фалалєєва Тетяна Василівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», ст. викл. каф. органічного синтезу і нанотехнологій;; тел.: (099) 139-60-43; e-mail: tanya_7310@mail.ru.

Falaleeva Tetyana Vasilevna – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", senior lecturer at the organics synthesis and nanotechnology Department; tel.: (099) 139-60-43; e-mail: tanya_7310@mail.ru.

Дістанов Віталій Баламірович – канд. хім. наук, с. н. с., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент каф. органічного синтезу і нанотехнологій; тел.: (068) 607-72-31; e-mail: distanov@ukr.net.

Distanov Vitaly Balamirovich – Candidate of Chemical Sciences, PhD, senior researcher, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", assistant professor at the organics synthesis and nanotechnology Department; tel.: (068) 607-72-31; e-mail: distanov@ukr.net.

УДК 547.97:665

В. Ю. ПАПЧЕНКО, Л. М. КУЗНЕЦОВА**УЗАГАЛЬНЕННЯ НАУКОВИХ ОСНОВ ОДЕРЖАННЯ ХАРЧОВИХ БАРВНИКІВ**

Серед речовин, що визначають зовнішній вигляд харчових продуктів, одне з найважливіших місць належить барвникам. Сучасний ринок здатний надати споживачеві досить широкий асортимент барвників для харчової промисловості, але найчастіше це синтетичні барвники. Заміною синтетичним барвникам у харчовій промисловості можуть стати натуральні, що є сумішшю каротиноїдів, флаваноїдів, хлорофілла та інших натуральних компонентів рослин, що містять пігменти. В статті проведено узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання натуральних харчових барвників – антоціанів і бетаціанінів з рослинної сировини з метою їх подальшого використання у харчовій, хіміко-фармацевтичній і парфумерно-косметичній промисловостях.

Ключові слова: натуральний барвник, синтетичний барвник, розчинник, антоціани, бетаціаніни.

Постановка проблеми.

З давніх часів для забарвлення харчових продуктів використовували натуральні рослинні барвники, які виділяли із таких джерел, як коріння, листя, квіти рослин через сумарні екстракти і вижимки, а також продукти органічного і мінерального походження.

Більшість природних барвників мають нестабільність кольору при зберіганні, нагріванні, дії сонячного світла та кисню повітря. Внаслідок цього на початку ХХ століття з'явилися яскраві і стійкі синтетичні барвники, які в більшості випадків витіснили натуральні барвники. Це призупинило на деякий час дослідження з одержання і застосування натуральних барвників.

Серед синтетичних барвників практично немає нешкідливих речовин, це – азо- і нітросполуки, діфенілметанові сполуки, хінони, хіноліни, піразолони, ксантени та інші. До того ж багато синтетичних барвників є канцерогенами, мутагенами або алергенами, доведено, що канцерогенів найбільше серед жиророзчинних барвників синтетичної природи [1]. Ці шкідливі та потенційно небезпечні для здоров'я людей властивості гостро поставили питання про безпеку та гігієнічну оцінку синтетичних барвників, що призвело до появи низки законодавчих документів в цій галузі. В зв'язку з цим стає актуальним обмежене використання у виробництві харчових виробів синтетичних барвників. Тому в сьогоденні існує тенденція з виділення та використання в харчових цілях переважно барвників, що мають природне походження.

Як правило, натуральні барвники представляють собою суміш каротиноїдів, флаваноїдів, хлорофілу та інших натуральних компонентів рослин, наділених пігментами [1, 2]. Серед плодів, листя та інших частин рослин, що пофарбовані у червоні тони, можна знайти такі, забарвлення яких обумовлено біосинтезом з'єднань з класу флаваноїдів – антоціанів, що надають органам рослин червоного чи синьо-фіолетового забарвлення. При цьому ряд об'єктів може мати близьке забарвлення, обумовлене присутністю в тканинах принципово інших природних колорантів – бетаціанінів [3, 4]. До теперішнього часу не знайдені рослинні об'єкти, що містять одночасно і бетаціаніни і антоціани [5].

Натуральний барвник може мати і інші властивості, наприклад, може бути застосований, як і ароматизатор, такі властивості мають барвники з рослинних джерел, як буркун, шафран [1]. Бетаціаніни крім фарбувальної

здатності мають широку і різноманітну біологічну активність завдяки високим антиоксидантним властивостям: сприяють розщепленню і засвоєнню білків їжі, активно беруть участь в утворенні холіну, підвищують життєдіяльність клітин печінки, інгібують процеси проліферації ракових клітин, перешкоджають виникненню злоякісних пухлин [5].

Антоціани (від грецького *anthos* – колір, забарвлення і *kyanos* – синій) або антоціаніни – широка група водорозчинних рослинних пігментів, що обумовлюють червоне, синє і фіолетове забарвлення плодів, квіток, листя і інших частин рослин. Антоціаніни відносяться до класу флаваноїдів (похідних 2-фенілбензопірана або 2-фенілхромана) і являють собою глікозиди катіонів флавілія – антоціанідінів (рис. 1).

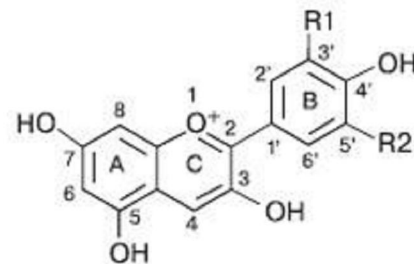


Рис 1 – Антоціанідіни (катіон флавілія)

Антоціанідіни рідко зустрічаються в природі у вільному вигляді. У квітках, плодах та інших частинах рослин вони знаходяться у вигляді глікозидів – антоціанінів. Загальний вміст мономерних антоціанінів в рослинах може доходити до 2%. У природному стані антоціаніни розчинені в вакуолярному соку епідермальних і суб'епідермальних, рідше палисадних і губчастих мезофільних клітин плодів, квіток і оцвітин, листя, стебел, коренеплодів та ін.

Антоціани також є сильними антиоксидантами [6], вони нейтралізують дію вільних радикалів, пригнічують ріст пухлин, благотворно діють на організм людини. Ці антиоксиданти зберігають свої властивості при вживанні рослин іншим організмом. Тому овочі та фрукти яскравих кольорів вважаються корисними для організму. Добавка Е163, в силу природних властивостей антоціанів, сприяє зменшенню ламкості капілярів, покращує стан сполучних тканин, допомагає запобігти і лікувати катаракту і в цілому сприятливо діє на весь організм.

Зараз у всьому світі ведеться безліч досліджень по вивченню дії антоціанів. Так, наприклад, недавні дослідження в США показали що вживання антоціанів в їжу допомагає скоротити ризик зараження раком стравоходу і прямої кишки. Інші дослідження говорять що антоціани сприяють зниженню запальних процесів в організмі.

Мета роботи.

Метою даної роботи є узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання натуральних харчових барвників – антоціанів і бетаціанінів з рослинної сировини та відходів її переробки, виробництво яких в Україні на даний час відсутнє.

Аналіз сучасного стану проблеми.

В якості джерела одержання натуральних барвників зазвичай використовують види дикорослих або культивованих рослин тропічних і субтропічних широт. Антоціанові препарати отримують і з ягід чорниці, чорної смородини, квітів волошки синьої, мальви, червоної троянди, маку і т.п., виявлено значний вміст і доступність антоціанів в деревині деяких хвойних дерев. Антоціани для фарбування харчових продуктів можуть бути іноді отримані з відходів при переробці їстівних ягід [7]. Проте потенціал місцевої рослинної сировини як джерела барвників ще не цілком оцінений.

Частіше натуральні барвники одержують методом екстрагування із рослинної сировини відповідним розчинником.

Екстрагування антоціанових пігментів проводять підкисленими водними та водно-спиртовими розчинами з рослинної сировини. З метою оптимізації умов екстрагування антоціанових пігментів з рослинної сировини проведено дослідження впливу на їх ступінь вилучення й стабільність таких параметрів, як сировина, розчинник, рН середовища, температура та час. В якості екстрагенту досліджено воду, етанол, гліцерин і водно-гліцеринові суміші, як рослинну сировину обрано чорноплідну горобину, чорну смородину, виноград та пелюстки червоної троянди [8–11].

У роботах [6, 12] з метою інтенсифікації процесу екстрагування фарбувальних речовин використано водно-гліцериновий розчинник, що дозволив збільшити концентрацію антоціанових пігментів і зменшити вміст води в екстракті. Вибір гліцерину як екстрагенту у даному дослідженні обумовлено його структурою, крім того він нетоксичний, має високу температуру кипіння, а тому нелеткий і менш вибухонебезпечний, ніж етанол.

Авторами [13] з метою підвищення точності визначення кількості антоціанінів у різних частинах рослин, харчових продуктах, харчових барвниках запропоновано екстракцію антоціанінів з рослинної сировини проводити у двофазній системі розчинників пентанол-1 – концентрована соляна кислота – вода у співвідношенні 10-12 : 10-12 : 2-4 при температурі 100–110 °C протягом 10–25 хвилин. Сумарну кількість антоціанінів розраховують по різниці оптичної щільності при довжині хвилі 530 і 655 нм до і після обробки органічної фази екстрагента сумішаю 30 % пероксиду водню і метанолу.

Поряд з сумішшю хлорофілів, каротиноїдів, флавонолів і флавонів у роботі [14] виділені антоціаніни

розчином метилового спирту з рослинної сировини – трави монарди трубчастої.

В [15] антоціани плодів екстрагували бутанолом і розділяли методом хроматографії на колонці з порошкподібною целюлози, використовуючи суміш бутанола, оцтової кислоти і води (4: 1: 2,5) як розчинник.

Перспективний спосіб одержання харчових барвників натурального походження, що базується на екстрагуванні червоного пігменту листової маси амаранта – бетаціаніна, представлено у роботі російських вчених [16]. Оскільки бетаціанін амаранта відноситься до водорозчинних з'єднань, тому як екстрагент краще обирати воду або водо-спиртову суміш з масовою часткою спирту етилового ректифікованого харчового 40–50 %. Встановлено основні параметри отримання водно-спиртового екстракту амаранту: тривалість екстрагування 40–50 хвилин, гідромодуль 1:10, температура процесу 40–50 °C, розмір часток висушеної листової маси амаранта сорта Валентина 0,3 мм. Одержаний водно-спиртовий екстракт представляє собою прозору рідину насиченого вишнево-червоного кольору з легким трав'янистим запахом.

Відомо одержання бетаціанінів з декількох сортів червоного столового буряку, так у роботі [5] досліджено рівень їх накопичення.

Авторами [17] встановлено наявність пігментів, а саме антоціанів, у лушпинні деяких сортів соняшнику за допомогою хроматографічних, спектральних і хімічних методів дослідження.

В роботі [18] встановлено, що чорний колір оболонки деякого насіння соняшнику при екстракції відповідною системою розчинників буде проходити в розчин у вигляді рубінового червоного барвника. Таке червоне забарвлення дає речовина helianthocyanine. Крім того, було встановлено, що ця речовина, з точки зору своєї хімічної структури, відноситься до класу антоціанінів.

Лушпиння насіння соняшнику [18] для вилучення антоціанінів краще використовувати в подрібненому стані і попередньо знежирене, якщо планується використовувати метод екстракції підкисленими водними розчинами.

В роботі [19] досліджено отримання антоціанів з лушпиння насіння соняшнику за допомогою системи розчинників етанол-оцтова кислота-вода (у співвідношенні 50: 1: 49); 0,01 М оцтової кислоти і води, що містить SO₂. Вивчено вплив на вихід антоціанів, таких факторів як природа розчинника, час екстракції, розмір часток (подрібненого лушпиння насіння соняшника), рН розчинника, співвідношення розчинник : лушпиння, концентрація SO₂ у воді. Встановлено, що оптимальними умовами отримання антоціанів в даному дослідженні є: концентрація SO₂ в 200 мг/л, час екстракції 5 хв. при температурі 22 °C і співвідношення розчинник : лушпиння 1:20, при цьому розмір часток лушпиння становить 20 мм.

В [18] екстракцію антоціанінів проводять наступним чином: 100 г лушпиння насіння соняшнику обробляють 1000 мл суміші етанол:вода (9 : 1), що містить 1 % HCl при кімнатній температурі в інтервалі від 12 до 24 годин при помірному перемішуванні у

середовищі CO₂. Після фільтрації фільтрат концентрують у вакуумі при температурі, що не перевищує 40 °C і одержують інтенсивно забарвлену рідину.

Авторами [20] також досліджено видалення корисних пігментів з лушпиння насіння соняшнику і встановлено, що вихід продукту найбільше залежить від рН середовища та співвідношення розчинник : порошок (подрібнене лушпиння соняшнику) і досягає свого максимуму приблизно через 2 години.

Відомо [21] виділення антоціанінів з лушпиння насіння соняшнику за допомогою водних розчинів SO₂ різних концентрацій, з подальшим дослідженням термічної стабільності отриманого пігменту в інтервалі температур 65–95 °C і при рН 1,0–5,0. Встановлено, що пігмент найбільш стабільний при рН 3,0.

Завданням дослідження [22] є створення стабільного природного барвника рубінового кольору з лушпиння насіння соняшнику, який був би стабільний у діапазоні рН 1,0–6,0, не зазнавав би помітної втрати кольору при температурах до 100 °C і тривалому впливі сонячного світла. З метою вирішення цього завдання екстракцію антоціанів з лушпиння насіння соняшнику проводили підкисленими водними розчинами карбонових кислот (лимонної, винної, яблучної та молочної), як індивідуально, так і у вигляді суміші розчинів цих кислот. Переважно, звісно, використовувати ті кислоти, які зазвичай використовуються при виробництві харчових продуктів, наприклад лимонна кислота. Встановлено, що на вихід антоціанів впливає час екстракції, температура екстракції і рН екстрагуючого розчину. Отриманий барвник можна використовувати для фарбування харчових продуктів, фармацевтичних препаратів, косметичних засобів, а також текстилю, паперу, шкіри і т.п.

Виходячи з вище зазначеного на даний час перспективним напрямом одержання харчових барвників натурального походження є використання:

по-перше місцевої рослинної сировини, а ще краще відходів її переробки і

по-друге використання методу екстрагування відповідним розчинником або їх сумішшю.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших досліджень в даному напрямку.

В роботі представлено узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання харчових барвників з рослинної сировини.

Напрямок розширення асортименту харчових барвників, що мають природне походження і які не містять канцерогенів та токсичних речовин, представляється особливо актуальним наданий час, а накопичена наукова база знань дозволить вивести на новий рівень розробку економічно прийнятної технології одержання натуральних барвників з рослинної сировини та відходів її переробки.

Список літератури: 1. Булдаков А. Пищевые добавки. Справочник. / А. Булдаков. – Санкт-Пет. : UT, 1996. – 240 с. 2. Лебедева И.С. Пигменты растительного мира / И.С. Лебедева, К.М. Сытнык. – К. : Наукова думка, 1986. – С. 85 – 92. 3. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов / Г. Бриттон. – М. : Мир, 1986. – 422 с. 4. Henriette M.C. Betalains: properties,

sources, applications and stability / M.C. Henriette // Intern. J. Food. Sci. Technol. – 2009. – Vol. 44. – С. 2365 – 2376. 5. Саенко И.И. Бетаинины корнеплодов красной столовой свеклы / И.И. Саенко, О.В. Тарасенко, В.И. Дейнека, Л.А. Дейнека // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – Выпуск 3. – Т. 18. – 2012. – С. 194 – 200. 6. Переверткина И.В. Влияние голицерина на экстрагирование антоциановых пигментов из растительного сырья / И.В. Переверткина, А.Д. Волков, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – № 2. – 2011. – С. 187 – 188. 7. Ветчинкин А.Р. Естественные органические красящие вещества в пищевой промышленности / А.Р. Ветчинкин // Сб. «Зап. Саратов. план. ин-та». – Вып. 7. – 1940. – С. 79 – 135. 8. Саввин П.Н. Исследование антиоксидантных свойств желеиног мармелада / П.Н. Саввин, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – 2008. – № 4. – С. 177 – 179. 9. Харламова О.А. Натуральные пищевые красители / О.А. Харламова, Б.В. Кафка – М. : 1979. – 191 с. 10. Патент 2228344 РФ. Способ получения антоцианового красителя из растительного сырья / А.П. Один, А.Д. Хайрутдинова, В.М. Болотов; БИ. – № 3. – 10.05.2004. 11. Переверткина И.В. Оптимизация условий экстрагирования антоциановых красителей из растительного сырья / И.В. Переверткина, А.Д. Волков, Н.Н. Титова, В.М. Болотов // Химия растительного сырья. – № 2. – 2014. – С. 137 – 141. 12. Патент 2426755 РФ. Способ получения антоцианового красителя из выжимок темных сортов ягод / И.В. Прерверкина, Н.С. Колтокова, Н.Н. Титова; БИ. – № 23. – опубл. 25.06.2009. 13. А.с. SU 1744647 A1 G01 N 31/22. Способ количественного определения суммы антоцианов / А.Д. Рошаль, В.И. Циновый, В.Д. Орлов; Украинский научно-исследовательский институт птицеводства. – № 4640525/13; заявл. 24.01.89; опубл. 30.06.1992. – Бюл. 24. 14. Шанайда М.И. Пигментный склад надземной части Monarda fistulosa L. / М.И. Шанайда, С.М. Марчишин // Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. – 2012. – № 2. (9) – С. 31 – 32. 15. Lamort C. Chromatographie et degradation d'anthocyanines de fruits // Rev. ferment. et inds aliment. – 1959. – Vol. 14. – № 2. – С. 70 – 72. 16. Дерканосова Н.М. Разработка способов получения и применения натурального пищевого красителя / Н.М. Дерканосова, В.К. Гинс, О.А. Лупанова, И.И. Андропова // Техника и технология пищевых производств. – № 1 (36). – 2015. – С. 18 – 22. 17. Vaccari A. Anthocyanins of Sunflower / A. Vaccari, P.G. Pifferi, G. Zaccherini // Helianthus annuus, Journal of Food Science. – 1982. – Vol. 47. – С. 40 – 42. 18. Грант US 4156077 A. Process for obtaining a dye substance of vegetal origin / Pier G. Pifferi; Pifferi Pier G.– № 05/737,768; заявл. 01.11.1976; опубл. 22.05.1976. 19. Gao L. Extraction of Anthocyanin Pigments from Purple Sunflower Hulls / L. Gao, G. Mazza // Journal of Food Science. – 1996. – Vol. 61. – С. 600–603. 20. Pier G. Pifferi. The anthocyanins of sunflower, nternational / A. Vaccari, P.G. Pifferi // Journal of Food Science & Technology. 1983. – Vol. 18. – С. 629–638. 21. Mok C. Heat Stability of Sunflower-Hull Anthocyanin Pigment / C.Mok, N.S. Hettiarachchy // Journal of Food Science. – 1991. – Vol. 56. – С. 553–555. 22. Грант US6132791 A. Natural red sunflower anthocyanin colorant with naturally stabilized color qualities, and the process of making / Gregory J. Fox; Barkley Seed, Inc.– № US 09/263,628; заявл. 05.03.1999; опубл. 17.10.2000.

Bibliography (transliterated): 1. Buldakov A. Pishchevye dobavki. Spravochnik. / A. Buldakov. – Sankt-Pet. : UT, 1996. – 240 p. 2. Lebedeva I.S. Pigmenty rastitel'nogo mira / I.S. Lebedeva, K.M. Sytnyk. – Kyev: Naukova dumka, 1986. – P. 85 – 92. 3. Britton G. Biohimiya prirodnyh pigmentov / G. Britton. – Moscow: Mir, 1986. – 422 p. 4. Henriette M.C. Betalains: properties, sources, applications and stability / M.C. Henriette // Intern. J. Food. Sci. Technol. – 2009. – Vol. 44. – P. 2365 – 2376. 5. Saenko I.I. Betaininy korneplodov krasnoj stolovoj svekly / I.I. Saenko,

O.V. Tarasenko, V.I. Dejneka, L.A. Dejneka // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. – Vypusk 3. – T. 18. – 2012. – P. 194 – 200. **6.** Perevertkina I.V. Vliyanie golicerina na ehkstragirovanie antocianovykh pigmentov iz rastitel'nogo syr'ya / I.V. Perevertkina, A.D. Volkov, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – No. 2. – 2011. – P. 187 – 188. **7.** Vetchinkin A.R. Estestvennye organicheskie krasyashchie veshchestva v pishchevoj promyshlennosti / A.R. Vetchinkin // Sb. «Zap. Sarat. plan. in-ta». – Vyp. 7. – 1940. – P. 79 – 135. **8.** Savvin P.N. Issledovanie antyoksydantnykh svoystv zheleznogo marmelada / P.N. Savvin, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – 2008. – No. 4. – P. 177 – 179. **9.** Harlamova O.A. Natural'nye pishchevye krasiteli / O.A. Harlamova, B.V. Kafka – Moscow: 1979. – 191 P. **10.** Patent 2228344 (RF). Sposob polucheniya antocianovogo krasitelya iz rastitel'nogo syr'ya / A.P. Odin, A.D. Hajrutdinova, V.M. Bolotov; BI. – No. 3. – 10.05.2004. **11.** Perevertkina I.V. Optimizaciya uslovij ehkstragirovaniya antocianovykh krasitelej iz rastitel'nogo syr'ya / I.V. Perevertkina, A.D. Volkov, N.N. Titova, V.M. Bolotov // Himiya rastitel'nogo syr'ya. – No. 2. – 2014. – P. 137 – 141. **12.** Patent 2426755 (RF). Sposob polucheniya antocianovogo krasitelya iz vyzhimok temnykh sortov yagod / I.V. Prerverkina, N.S. Koltokova, N.N. Titova; BI. – No. 23. – 25.06.2009. **13.** A.s. SU 1744647 A1 G01 N 31/22. Sposob kolichestvennogo opredeleniya summy antocianinov / A.D. Roshal', V.I. Cinovyj, V.D. Orlov; Ukrainskij nauchno-issledovatel'skij institut pticevodstva. – No. 4640525/13; zayavl. 24.01.89; opubl. 30.06.1992. – Byul. 24. **14.** SHanajda M.I. Pigmentnij sklad nadzemnoj chastini Monarda fistulosa L. / M.I. SHanajda, S.M. Marchishin // Aktual'ni pitannya farmaceutichnoї i medichnoї nauki ta praktiki. – 2012. – No. 2. (9) –

P. 31 – 32. **15.** Lamort C. Chromatographie et degradation d'anthocyanines de fruits // Rev. ferment. et inds aliment. – 1959. – Vol. 14. – No. 2. – P. 70 – 72. **16.** Derkanosova N.M. Razrobotka sposobov polucheniya i primeneniya natural'nogo pishchevogo krasitelya / N.M. Derkanosova, V.K. Gins, O.A. Lupanova, I.I. Andropova // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. – No. 1 (36). – 2015. – P. 18 – 22. **17.** Vaccari A. Anthocyanins of Sunflower / A. Vaccari, P.G. Pifferi, G. Zaccherini // Helianthus annuus, Journal of Food Science. – 1982. – Vol. 47. – P. 40 – 42. **18.** Grant US 4156077 A. Process for obtaining a dye substance of vegetal origin / Pier G. Pifferi; Pifferi Pier G. – No. 05/737,768; zayavl. 01.11.1976; opubl. 22.05.1976. **19.** Gao L. Extraction of Anthocyanin Pigments from Purple Sunflower Hulls / L. Gao, G. Mazza // Journal of Food Science. – 1996. – Vol. 61. – P. 600–603. **20.** Pier G. Pifferi. The anthocyanins of sunflower, international / A. Vaccari, P.G. Pifferi // Journal of Food Science & Technology. 1983. – Vol. 18. – P. 629–638. **21.** Mok C. Heat Stability of Sunflower-Hull Anthocyanin Pigment / C. Mok, N.S. Hettiarachchy // Journal of Food Science. – 1991. – Vol. 56. – P. 553–555. **22.** Grant US6132791 A. Natural red sunflower anthocyanin colorant with naturally stabilized color qualities, and the process of making / Gregory J. Fox; Barkley Seed, Inc. – No. US 09/263,628; zayavl. 05.03.1999; opubl. 17.10.2000.

Надійшла (received) 17.08.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Папченко Вікторія Юрївна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, заступник директора з наукової роботи, м. Харків; тел.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Кузнецова Лариса Миколаївна – кандидат технічних наук, Український науково-дослідний інститут олій та жирів Національної академії аграрних наук України, науковий співробітник, м. Харків; тел.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

Папченко Вікторія Юрєвна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины, заместитель директора по научной работе, г. Харьков; тел.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Кузнецова Лариса Николаевна – кандидат технических наук, Украинский научно-исследовательский институт масел и жиров Национальной академии аграрных наук Украины, научный сотрудник, г. Харьков; тел.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

Papchenko Victoria Yuryevna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Deputy Director for Science, Kharkov; tel.: (050) 902-65-08; e-mail: vikucya@gmail.com.

Kuznetsova Larisa Nikolaevna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Ukrainian Research Institute of Oils and Fats National Academy Agricultural Sciences, Researcher, Kharkov; tel.: (066) 591-54-25; e-mail: lararisa@mail.ru.

УДК 547.53

S. I. BUKHKALO, O. I. OLKHOVSKA**SELECTION EVIDENCE-BASED METHODS FOR EFFECTIVE USE OF ALTERNATIVE ENERGY**

The paper discusses the possibility of the development of science-based concept of integrated processes complex enterprises energy mix (alternative energy and polymer wastes). A review of the literature and the necessary articles written on the subject: as technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly; types and methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified; identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results. The results of studies of complex innovative projects conducted as inter-university cooperation. The features of the main projects participating EU Energy Week (environmental safety and scientifically grounded processes). Recognized as the most effective direction of resources and energy saving.

Key words: environmental safety, alternative energy, complex projects, polymer wastes, estimation criteria, scientifically grounded processes

Introduction. We have written this article alternative energy, solar and wind power plants, project development for all those who are engaged in the power studies and baseness. In this, phase of work in NTU «KhPI» – studies the possibility of increasing the economic efficiency of alternative energy sources. A review of the literature and the necessary articles written on the subject: 1. As technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly. 2. Types and methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified. 3. Identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results.

Energy is a fundamental input for economic systems. Current economic activity depends overwhelmingly on fossil fuels including oil, coal, and natural gas. These fuels are non-renewable. Renewable sources such as hydroelectric, wind, and solar power currently provide less than 10% of global energy. In just a few decade solar and wind power has developed from alternative energy sources to a new fast growing industrial branch. The history of industrial civilization is a history of energy transitions. In less developed, agrarian economies, people's basic need for food calories is provided through simple forms of agriculture, which is essentially a method of capturing solar energy for human use [1–5]. Solar or wind energy stored in firewood or other biomass energy meets other basic needs for home heating and cooking.

As economies develop and become more complex, energy needs increase greatly. Historically, as supplies of firewood and other biomass energy proved insufficient to support growing economies in Europe and the United States, people turned to hydropower (also a form of stored solar energy), then to coal during the nineteenth century, and then to oil and natural gas during the twentieth century. Since the tsunami last year and the resulting Fukushima nuclear plant disaster in Japan, grid instability has been a major issue while renewable energy installations have grown rapidly. In an effort to tie together both a need for more residential-side energy generation and smooth out grid stability, Kyocera has introduced a new home energy management system that integrates solar panels for power generation and a lithium-ion battery for power storage, all overseen and regulated with its energy software [3].

A review of the literature alternative energy.

Each stage of economic development has been accompanied by a characteristic energy transition from one major fuel source to another. Today, fossil fuels – coal, oil and natural gas – are by far the dominant energy source in industrial economies, and the main source of energy production growth in developing economies (see Fig. 1) [1]. But the twenty-first century is already seeing the start of the next great transition in energy sources – away from fossil fuels towards renewable energy sources. This transition is motivated by many factors, including concerns about environmental impacts (particularly climate change), limits on fossil fuel supplies, prices, and technological change. Solar energy comes in three basic forms [2]: low temperature solar thermal; solar electric or photovoltaic (PV); high-temperature solar thermal energy.

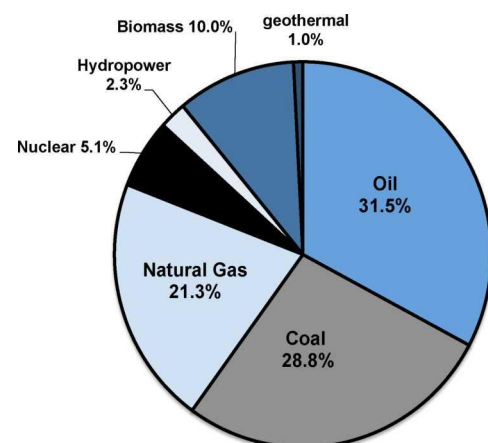


Fig. 1 – Global Energy Consumption by Source, 2011
Source: International Energy Agency (IEA 2013)

Like biomass and hydropower, wind power has been used since ancient times. On the best sites, modern electricity production from wind is very close to cost parity with sources like coal and nuclear power. But there is a big difference between wind power cost on the best sites and on less suitable sites. Wind power is generated by the energy in moving air, and available energy varies with the cube of wind velocity [1].

© S.I. Bukhhalo, O.I. Olkhovska, 2015

The authors then estimate the infrastructure that would be necessary to supply all energy worldwide from WWS in 2030. Table 1 presents their results, based on the assumption that 90% of global energy is supplied by wind and solar, and 10% by other renewables. The effi-

ciency of a solar collector depends on the ability to absorb heat and the reluctance to lose heat once absorbed. Figure 2 presents principle of energy flows in a solar collector [3]

Table 1 – Infrastructure Requirements for Supplying All Global Energy in 2030 from Renewable Sources

Energy Source	Percent of 2030 Global Power Supply	Number of Plants/Devices Needed Worldwide
Wind turbines	50	3,800,000
Wave power plants	1	720,000
Geothermal plants	4	5,350
Hydroelectric plants	4	900
Tidal turbines	1	490,000
Rooftop solar PV systems	6	1.7 billion
Solar PV power plants	14	40,000
Concentrated solar power plants	20	49,000
TOTAL	100	

Source: Jacobson and Delucchi (2011) [2].

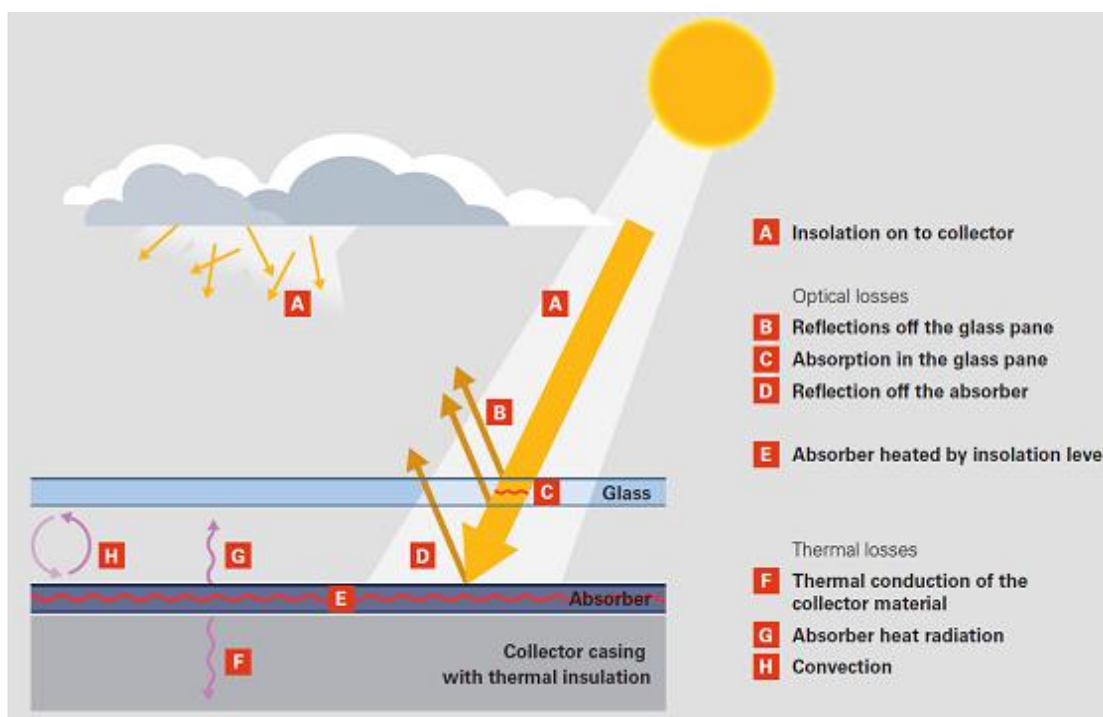


Fig. 2 – Principle of energy flows in a solar collector [3]

A simple way to calculate the efficiency is to use equation 1 [4]:

$$\eta_c = \eta_0 - a_1 \frac{(T_m - T_a)}{G} - a_2 \frac{(T_m - T_a)^2}{G} \quad (1)$$

where η_c – collector efficiency; G – total (global) irradiance on the collector surface [W/m^2]; T_m – mean collector fluid temperature [$^{\circ}C$]; T_a – temperature of the ambient air [$^{\circ}C$].

A review of the experimental research alternative energy together with the students. Most renewables are less available and/or have higher costs than fossil fuels used in the recent past. The costs of renewable en-

ergy resources are attributable in part to inherent characteristics, particularly their low net energy ratios, intermittent availability, and capital intensity.

Development of new technology will reduce cost but may not make renewable energy cost competitive with market prices of fossil fuels in the near future unless fossil-fuel externalities are considered. The speed of the transition to renewable energy will be highly influenced by policy choices; potential policies include increasing energy research and development expenditures, feed-in tariffs, and renewable energy targets.

These questions was designed together with the students, as complex and innovative projects in the student scientific society – is the third stage of the work in NTU «KhPI». Attraction to address environmental problems in

Ukraine public student organizations in the process of learning in higher education will allow them to prepare in the future society of Ukraine to the organized collection of various types of waste.

Our work is focus on evidence-based choice of integrated energy of different origin – alternative energy (AE) (Figure 3 – 9) and energy waste. This will reduce,

primarily, the total amount of waste to be disposed of in landfills or polluting harmful emissions.

This approach allows using the resource potential of these types of waste, and creating conditions for compliance with legal, health and environmental, economic and organizational aspects of the problem of waste management in general.

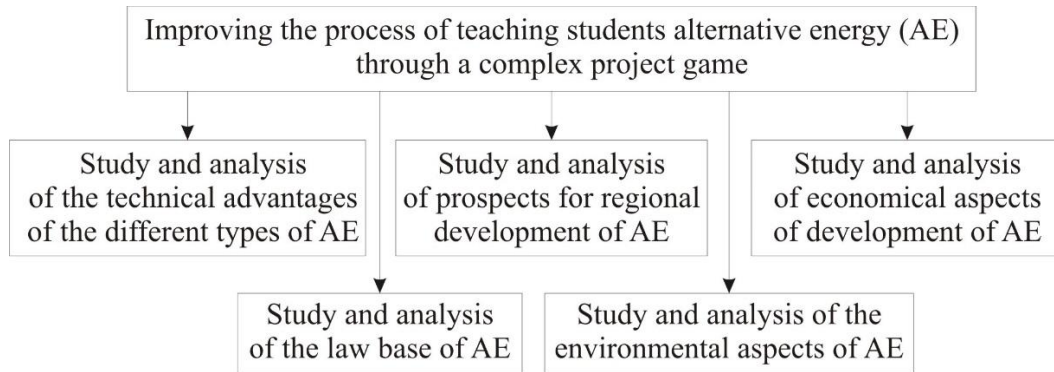


Fig. 3 – Improving the process of teaching students

While working to develop the principle of evaluating the effectiveness of the use of funds expended primarily for the construction of a particular object of alternative energy. For example, the methodology to calculate the allocation of public funds for the expansion of the subsequent reinvestigation innovation construction by

depreciation and profits, which are formed in the process of the wind power plant (Figure 3).

The total number of articles, papers in international and other conferences, study guide, tutorials, and guidelines for students – more than 30 are prepared and published.

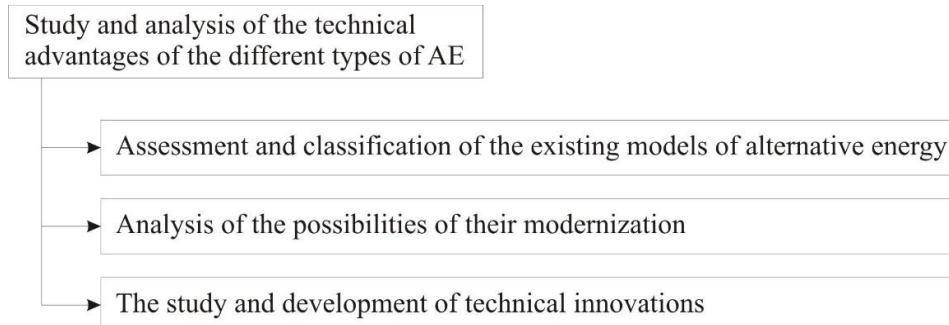


Fig. 4 – Study and analysis the process of teaching students

The global system of education is in a state of crisis, which is cause by both internal and external to its factors. For Ukraine, this transition to a market economy, a high level of unemployment among university graduates, especially in the economic crisis, sharply exacerbated the

problems and opportunities for young people to find their niche in the job market, highlighted lack of preparation of graduates for the real organizational and technical activities.

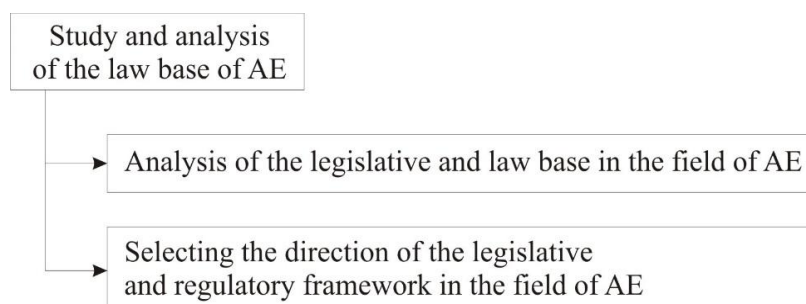


Fig. 5 – Study and analysis of the law base of AE

The problem of learning the practical skills of the students in higher education, even in the most modern of techniques, it is very difficult to solve. Creating the conditions for training students for the acquisition of the necessary competencies for life will contribute to the

competitiveness of graduates in the labor market; the key competence can facilitate their participation in the development of the democratic principles of society.

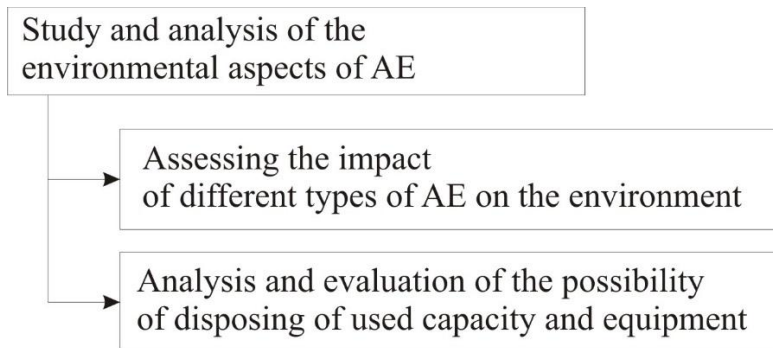


Fig. 6 – Study and analysis of the environmental aspects of AE

Ways and means to the development of solar and wind energy and the environment are widely used in the EU. This is linking to the development effectiveness environmental management and legislation.

Such experience is required at the stage of Ukraine training students in high school. University graduates, getting on the company as experts will have a modern legal framework, national programs of the EU.

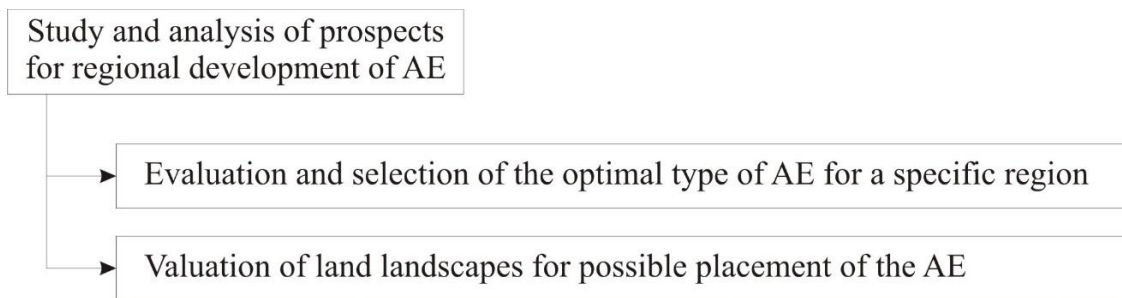


Fig. 7 – Study and analysis of prospects for regional development of AE for students

Education students should be associated with the reform of the environment at different levels, to identify

and achieve goals in the short and long term.

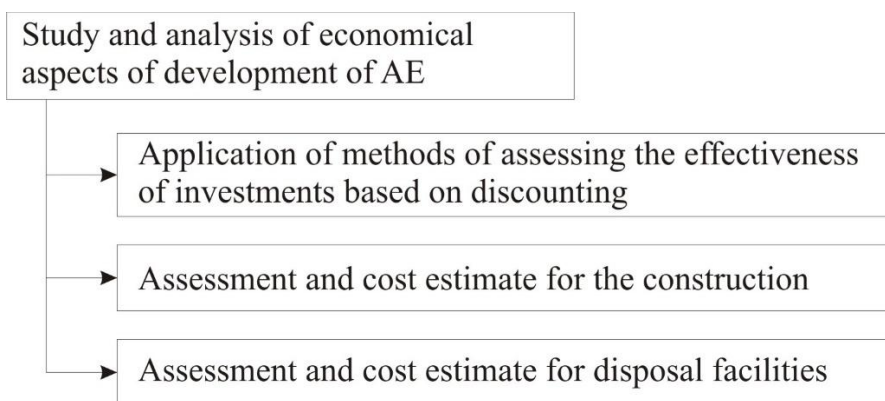


Fig. 8 – Study and analysis of economic aspects development of AE

Background to the project:

Out of the methods of alternative energy, the most promising in terms of economic efficiency of business is to direct the use of solar and wind energy. This will ex-

pand the resource base and improve the energy efficiency of their use as raw material.

To achieve these goals, and the prevention of pollution by millions of tons of waste fuel and energy needs to

be addressed and one of the main issues of this problem – efficiency of business. the choice of methods and mechanisms to improve the

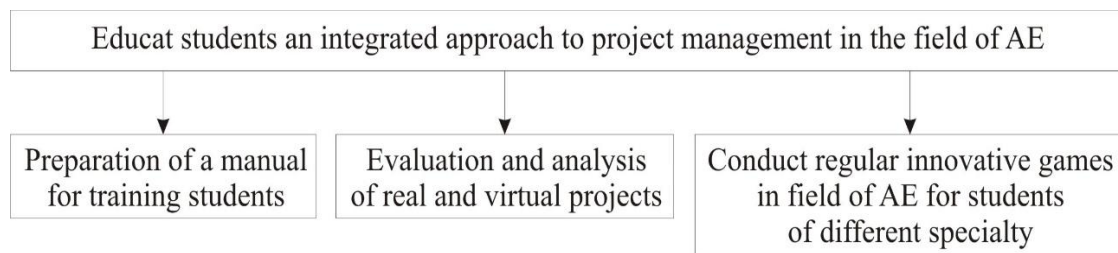


Fig. 9 – Study and analysis of management

Description of the problem to be solved:

The problem of learning the practical skills of the students in higher education, even in the most modern of techniques, it is very difficult to solve. Creating the conditions for training students for the acquisition of the necessary competencies for life will contribute to the competitiveness of graduates in the labor market; the key competence can facilitate their participation in the development of the democratic principles of society.

Ways and means to the development of solar and wind energy and the environment are widely used in the EU. This is linked to the development effectiveness environmental management and legislation. Such experience is required at the stage of Ukraine training students in high school. University graduates, getting on the company as experts will have a modern legal framework, national programs of the EU.

Education students should be associated with the reform of the environment at different levels, to identify and achieve goals in the short and long term. Our work is focused on evidence-based choice of integrated energy of different origin. This will reduce, primarily, the total amount of waste to be disposed of in landfills or polluting harmful emissions.

This approach allows to use the resource potential of these types of waste, and create conditions for compliance with legal, health and environmental, economic and organizational aspects of the problem of waste management in general. While working to develop the principle of evaluating the effectiveness of the use of funds expended primarily for the construction of a particular object of alternative energy. For example, the methodology to calculate the allocation of public funds for the expansion of the subsequent reinvestigation innovation construction by depreciation and profits, which are formed in the process of the wind power plant.

In order to integrate Ukraine into the EU and for the realization of our project to the following questions:

- 1) classification of wind power plants in terms of investment;
- 2) classification of wind power plants in terms of economic efficiency;
- 3) the classification of solar energy in terms of investment;
- 4) classification of solar sources energy in terms of economic efficiency

5) classification of types of polymer waste as an alternative energy source;

6) analysis of the experience of wind, solar and polymer waste systems for use in Ukraine.

The problem of wastes utilization and recycling is present as complex research and analysis of energy- and resource saving processes for treatment of polymer wastes of various origin [6–11].

Energy is a fundamental input for economic systems. Current economic activity depends overwhelmingly on fossil fuels including oil, coal, and natural gas. These fuels are non-renewable. Renewable sources such as hydroelectric, wind, and solar power currently provide less than 10% of global energy.

Many sources of renewable energy are available, and have been used for centuries. Most renewables are less available and/or have higher costs than fossil fuels used in the recent past. The costs of renewable energy resources are attributable in part to inherent characteristics, particularly their low net energy ratios, intermittent availability, and capital intensity. Development of new technology will reduce cost but may not make renewable energy cost competitive with market prices of fossil fuels in the near future unless fossil-fuel externalities are considered.

The speed of the transition to renewable energy will be highly influenced by policy choices. Potential policies include increasing energy research and development expenditures, feed-in tariffs, and renewable energy targets. Public policy can also aid in providing capital for renewable energy projects, and in providing a robust electricity grid for moving energy long distances.

Discussion questions for students:

1. In general, how do renewable energy sources differ from fossil fuels, i.e. what are some common characteristics of renewable energy sources that are different from characteristics of fossil fuels used in the past?

2. Explain the renewable energy sources principle in your own words. How would this apply to developing a portfolio of renewable energy sources in your home region?

3. Is energy conservation likely to be more important in a renewable energy economy than it has been in the past? Explain.

4. Hydropower is currently the largest source of renewably generated electricity in the world, and there is potential for expansion. In some parts of the world, a

renewable energy portfolio could be based on hydropower and energy conservation alone. Yet hydropower is also controversial, chiefly because of associated negative externalities. Describe some of these. Do you think more hydropower should be developed in the world?

5. How would you decide whether or not to develop a particular hydro project?

Список літератури: 1. Timmons D. The economics of renewable energy / D. Timmons, Jonathan M. Harris and Brian Roach // Global Development And Environment Institute, Tufts University. 2014. – P. 52. 2. Joshua Earnest, Tore Wizelius. Wind power plants and project development. 2011. – P. 484. 3. Technical guide – Solar thermal systems, Viessmann GmbH, 2009. 4. Solar district heating guidelines. Fact sheet 7.1, page 1 of 15, www.solar-district-heating.eu 5. Buoyancy Effects on Thermal Behavior of a Flat-Plate Solar Collector, Jianhua Fan & Simon Furbo, Dep. of Civil Engineering – Technical University of Denmark, 2008, www.aseanenergy.info/Abstract/31029901.pdf 6. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, О.А. Северин, О.І. Ольховська, А.В. Серіков, М.М. Зипунніков. – К. : «Центр учбової літератури», 2013. – 352 с. 7. Бухкало С.І. Исследование методов переработки отходов термопластов и композиционных материалов на их основе. Отчет о НИР, НТУ «ХПИ», – Харьков, № ГР 01850021487, 1990. 8. Бухкало С.І. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направленная модификация вторичного полиэтлена ; дис. ... канд. техн. наук. – М., 1988. 9. Бухкало С.І. Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості / Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. – Вип. 45. Т. 3. – С. 76–79. 10. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні приклади) [текст] підручник / Л.Л. Товажнянський, С.І. Бухкало, А.Є. Денисова, І.М. Демидов, П.О. Капустенко, О.П. Арсеньєва, О.В. Білоус, О.І. Ольховська. – К. : «Центр учбової літератури», 2015. – 468 с. 11. Бухкало С.І., Ольховська О.І. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу / Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. :НТУ «ХПИ». № 7 (1116), с. 103–108.

Bibliography (transliterated): 1. Timmons D. The economics of renewable energy / D. Timmons, Jonathan M. Harris and

6. Why does public policy have such a prominent role in promoting renewable energy use, and in accelerating the transition to renewable energy?

7. What public policy approaches do you think will be most effective?

Brian Roach // Global Development And Environment Institute, Tufts University. 2014. – P. 52. 2. Joshua Earnest, Tore Wizelius. Wind power plants and project development. 2011. – P. 484. 3. Technical guide – Solar thermal systems, Viessmann GmbH, 2009. 4. Solar district heating guidelines. Fact sheet 7.1, page 1 of 15, www.solar-district-heating.eu 5. Buoyancy Effects on Thermal Behavior of a Flat-Plate Solar Collector, Jianhua Fan & Simon Furbo, Dep. of Civil Engineering – Technical University of Denmark, 2008, www.aseanenergy.info/Abstract/31029901.pdf

6. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik / L.L. Tovazhnjans'kij, S.I. Buhkalo, O.A. Severin, O.I. Ol'hov's'ka, A.V. Serikov, M.M. Zipunnikov. – K. : «Centr uchbovoi literaturi», 2013. – 352 p. 7. Buhkalo S.I. Issledovanie metodov pererabotki othodov termoplastov i kompozicionnyh materialov na ih osnove. Otchet o NIR, NTU «KhPI», – Har'kov, № GR 01850021487, 1990, 103 p. 8. Buhkalo S.I. Izmenenie svojstv v processe jekspluatacii plenki i napravlenaja modifikacija vtorichnogo polijetilena ; dis. ... kand. tehn. nauk. – M., 1988, 153 p. 9. Buhkalo S.I. Dejaki aspekti ekologichnoi bezpeki polimernoї tari ta pakuvannja harchovoi promislivosti / Naukovi praci ONAHT. – Odesa, 2014. – Vup. 45. Vol. 3. – P. 76–79. 10. Buhkalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni prikladi) [tekst] pidruchnik / L.L. Tovazhnjans'kij, S.I. Buhkalo, A.C. Denisova, I.M. Demidov, P.O. Kapustenko, O.P. Arsen'eva, O.V. Bilous, O.I. Ol'hov's'ka. – K. : «Centr uchbovoi literaturi», 2015. – 468 p. 11. Buhkalo S.I., Ol'hov's'ka O.I. Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu / Visnik NTU «KhPI». Serija: Innovacijni doslidzhennja u naukovih robotah studentiv. – H. :NTU «KhPI». № 7 (1116). P. 103–108.

Надійшла (received) 22.09.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Бухкало Світлана Іванівна – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховская Оксана Игоревна – ст. преподаватель кафедры менеджмента и налогообложения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Ольховська Оксана Ігорівна – ст. викладач кафедри менеджменту та оподаткування, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Olkhovska Oksana Igorivna – Senior Lecturer of Department of Management and Taxation, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

УДК 004.4

С. И. БУХКАЛО, В. Н. СОЛОВЕЙ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ В СТАТИЧЕСКОМ КОАГУЛЯТОРЕ

Проведен первый этап эксперимента с целью выбора методов моделирования процессов коагуляции в статическом коагуляторе. Показано, что расчет и проектирование технологической схемы коагуляции на базе статических флокуляторов требуют предварительного экспериментального определения параметров коагуляции данной дисперсной системы в модельном аппарате с мешалкой. Определены конструкционные параметры, гидродинамические характеристики и потребляемая мощность модели, что позволяет воспроизвести режим работы производственного флокулятора и сделать необходимые выводы.

Ключевые слова: насосный эффект, решетчатый турбулизатор, коагуляционный смеситель, камера хлопьеобразования, среднеквадратичный градиент скорости.

Введение. Процессы измельчения и диспергирования твердых материалов имеют большое значение в химической и пищевой промышленности. Благодаря диспергированию нерастворимых компонентов удается интенсифицировать целый ряд химических и массообменных процессов. В различных промышленных технологических процессах требуется разделение жидкой и твердой фаз (сгущение, фильтрование, центрифугирование, флотация, очистка воды от взвешенных частиц). При этом могут возникать затруднения, обусловленные малым размером частиц и высокой агрегативной и седиментационной устойчивостью системы. Интенсификация этих процессов во многих случаях может быть достигнута за счет объединения частиц в агрегаты под действием коагулянтов и флокулянтов.

Постановка задачи и анализ литературных данных. Под коагуляцией понимают процесс слипания одинаковых по химической природе частиц, приводящий к образованию более крупных частиц – агрегатов. Различают два вида устойчивости дисперсных систем: седиментационную и агрегативную. Под седиментационной устойчивостью понимают способность системы сохранять неизменным во времени распределение концентрации частиц по высоте. Дисперсные системы являются в общем случае седиментационно неустойчивыми. После прекращения перемешивания частицы в них начинают седиментировать, что приводит к разделению системы на две части: осадок и отстой. Если плотность частиц совпадает с плотностью среды, то концентрация частиц на всех уровнях является одинаковой и не меняется во времени. Таким образом, дисперсная система с равномерным распределением частиц седиментационно устойчива. Под агрегативной устойчивостью дисперсных систем понимают способность частиц не слипаться. Все водные дисперсии гидрофобных частиц (слабо взаимодействующих с водой) агрегативно неустойчивы. Частицы, находящиеся в броуновском движении, при столкновении друг с другом коагулируют, а образовавшиеся в результате этого агрегаты седиментируют. Увеличение интенсивности броуновского движения частиц при повышении температуры, перемешивание дисперсной системы, приводящее к увеличению частоты столкновений частиц, увеличивают скорость коагуляции. Во всех случаях,

при использовании любых коагулянтов, условия смешения реагента с водой и условия образования частиц, т.е. хлопьеобразование, имеют решающее значение для последующего процесса разделения фаз [1].

При введении в воду коагулянта – сернокислого алюминия, ион Al^{3+} подвергается гидролизу, проходя через серию промежуточных соединений в результате реакций с гидроксильными ионами и полимеризации [2]. Эти соединения существуют в течение короткого промежутка времени и имеют положительный заряд, они легко адсорбируются на поверхности частиц, обеспечивая их эффективную дестабилизацию. Следовательно, используемый при коагуляции смеситель должен работать в таком режиме, чтобы коагулянт вступал в контакт с максимальным числом частиц до того момента, когда закончатся реакции гидролиза и полимеризации.

Анализ различных конструкций смесителей показал, что данному требованию наиболее соответствует трубчатый смеситель, в котором установлены с определенным шагом решетки-турбулизаторы, набранные из плоских пластин [3]. При этом третья по ходу потока решетка выполнена из полых стержней, в которых просверлены отверстия для ввода коагулянта во многих точках поперечного сечения трубы.

Гидродинамический режим в стационарном смесителе характеризуется следующими параметрами:

1. Среднеквадратичный градиент скорости

$$G_{CT} = \sqrt{\varepsilon / \nu} . \quad (1)$$

2. Мощность, затрачиваемая на перемещение жидкости

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H . \quad (2)$$

3. Скорость диссипации энергии

$$\varepsilon = N / (V \cdot S) . \quad (3)$$

4. Потери напора на преодоление гидравлических сопротивлений

$$\Delta H = \xi_T \frac{L_c W^2}{l 2g} \tag{4}$$

Подставляя данные уравнений (2) и (4) в уравнение (3) и с учетом значения $Q = W \cdot \pi \cdot d_{CT}^2 / 4$ получим выражение (5) $\varepsilon_{CT} = \xi \cdot W^3 / (2l)$; в приведенных уравнениях: Q – объемный расход суспензии; L_c – длина смесителя; l – шаг установки турбулизаторов; ξ_T – коэффициент сопротивления решетки [4]; W – среднерасходная скорость; V – объем смесителя. При живом сечении решетки 0,5, размере ячейки 0,015 м, среднерасходной скорости 0,4 л/с, время смешения составляет 4,5 с [3].

После дестабилизации частиц продуктами гидролиза коагулянта, столкновения между частицами за счет относительной пульсационной скорости приводит к образованию их агрегатов (микрофлокул). Затем при объединении микрофлокул образуются более крупные агрегаты – флокулы с возможностью дальнейшего захвата первичных частиц. Увеличение размера флокул осуществляется при медленном перемешивании в камере хлопьеобразования – трубчатом аппарате с размещенными в нем решетками. Процесс хлопьеобразования проводится с постоянно уменьшающейся величиной G по мере того как растут флокулы. Зачастую принимают следующий режим перемешивания: в первом, втором и третьем отделениях камеры величина G равна соответственно 90 с^{-1} , 50 с^{-1} и 20 с^{-1} . Такой режим хлопьеобразования уменьшает возможность разрушения крупных хлопьев и позволяет получить плотные хлопья.

Перед разработкой промышленной схемы коагуляции приходится проводить многочисленные исследования по выбору типа коагулянта или флокулянта и его дозы, определению оптимального значения среднеквадратичного градиента скорости и продолжительности процесса.

Статистический трубчатый смеситель и камера хлопьеобразования являются аппаратами непрерывного действия и проведение пробного коагулирования требует большого количества исходной дисперсной смеси и создания достаточно громоздкой экспериментальной установки.

Наиболее удобным для проведения пробной коагуляции является аппарат с мешалкой периодического действия. При этом гидродинамический режим его работы должен быть максимально близок к работе статических трубчатых аппаратов. В этом случае должно сохраняться приблизительное равенство расхода жидкости через мешалку (насосный эффект) v_n и расход жидкости в статическом смесителе v_c ; равенство жидкости, затрачиваемой на перемешивание $N_m = N_c$ и одинаковое время полного перемешивания $\tau_m = \tau_c$.

Основным конструктивным элементом решетки-турбулизатора является крестовина, выполненная из плоских пластин, длина которых равна размеру ячей-

ки решетки. Исходя из этого в механическом смесителе в качестве перемешивающего устройства была выбрана турбинная дисковая мешалка с четырьмя лопатками в виде крестовины с размерами, соответствующими статистическому смесителю (рис. 1). Поскольку поменялись размеры и форма лопаток мешалки по сравнению с традиционными турбинными мешалками, то возникла необходимость в экспериментальном исследовании мощности, потребляемой мешалкой; насосного эффекта; времени циркуляции и времени перемешивания.

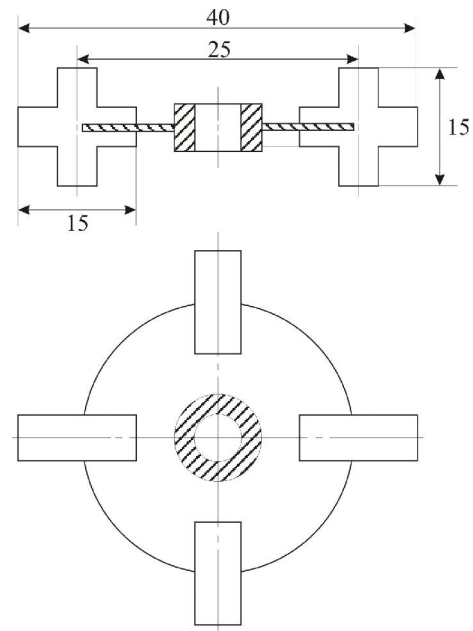


Рис. 1. Основные размеры турбинной мешалки с прямыми лопатками

Исходя из корректного проведения эксперимента принимаем объем $V = 10^{-3} \text{ м}^3$. Тогда диаметр смесителя $D = 108 \text{ мм}$ при высоте $H = D$, диаметр мешалки – $d \approx (1/3)D \approx 40 \text{ мм}$.

Мощность, расходуемая на перемешивание, измерялась с помощью электрической схемы (рис. 2) и рассчитывалась по уравнению

$$N = (U_{жс} I_{жс} - U_{жс}^2 R) - (U_{вг} I_{вг} - U_{вг}^2 R)$$

где R – сопротивление электродвигателя; $U_{жс}, U_{вг}, I_{жс}, I_{вг}$ – соответственно напряжение и ток при вращении мешалки в воде и воздухе.

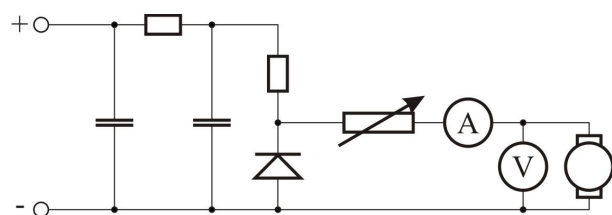


Рис. 2. Электрическая схема для измерения мощности, затрачиваемой на перемешивание

Результаты экспериментальных исследований мощности в виде зависимости $K_N = f(\text{Re}_N)$ представлены в графическом виде на рис. 3.

Определив из графика функции коэффициент мощности K_N , расчет потребляемой мощности проводится по уравнению

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5,$$

где n – число оборотов мешалки в секунду, d_m – диаметр мешалки.

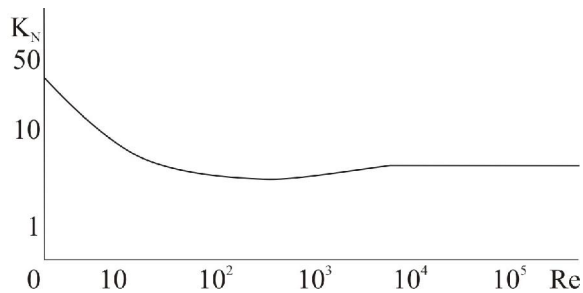


Рис. 3. Зависимости $K_N = f(\text{Re})$ для открытых турбинных мешалок с четырьмя лопатками

Время полного перемешивания определялось путем введения в воду 1 см^3 $0,5 \text{ N}$ раствора КСІ и измерения концентрации индикатора кондуктометрическим методом. В качестве времени перемешивания принималось время, после которого исчезали колебания электропроводности жидкости (рис. 4).

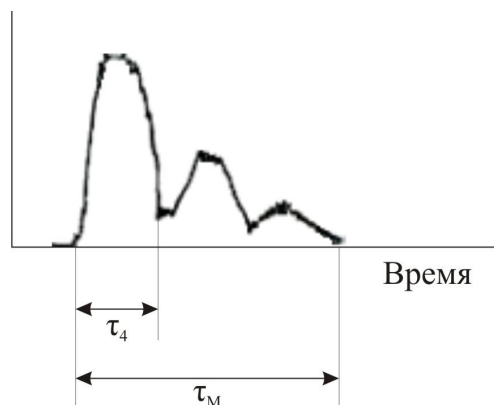


Рис. 4. Зависимость электропроводности жидкости от времени для измерения времени перемешивания τ_m и времени циркуляции τ_u

Из рис. 4 следует, время полного смешения τ_m и время циркуляции τ_u связаны зависимостью

$$\tau_m = 3\tau_u.$$

Зависимость между временем перемешивания и критерием Рейнольдса для используемой мешалки представлена на рис. 5.

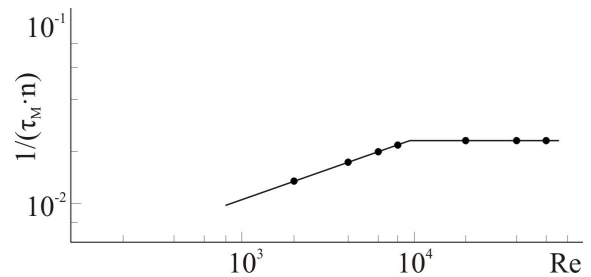


Рис. 5. Зависимость скорости смешения от числа Рейнольдса

Насосный эффект мешалки – объемный расход жидкости через мешалку можно представить в следующем виде:

$$v_n = v / \tau_u.$$

Экспериментальное и расчетное решение проблемы. В процессе исследования коагуляции конкретной дисперсной системы устанавливаются оптимальные значения скорости вращения мешалки и продолжительность процесса смешения и хлопьеобразования. В качестве примера выберем средне-квадратичный градиент скорости в смесителе $G_{см} = 770 \text{ с}^{-1}$, что соответствует скорости вращения мешалки $H = 10 \text{ с}^{-1}$, $G_x = 770 \text{ с}^{-1}$, в режиме хлопьеобразования и продолжительности его 5 минут. Тогда расчет статического трубного смесителя и камеры хлопьеобразования проводится в следующей последовательности.

1. Критерий Рейнольдса для мешалки

$$\text{Re}_m = n_m \cdot d_m^2 \cdot \rho / \mu = 10 \cdot 0,04^2 \cdot 10^3 / 10^{-3} = 1,6 \cdot 10^4.$$

2. Мощность, расходуемая на перемешивание после определения коэффициента мощности (рис. 3)

$$N_m = K_N \cdot \rho \cdot n_m^3 \cdot d_m^5 = 6 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,04^5 = 0,6 \text{ Вт}.$$

3. Скорость диссипации энергии

$$\varepsilon_m = N_m / (V_m \cdot \rho) = 0,6 / 10^3 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ Вт/кг}.$$

4. Время окончания перемешивание по рис. 5

$$1/(\tau_n \cdot n_m) = 0,02; \tau_n = 1/(0,02n_m) = 1/(0,02 \cdot 10) = 5 \text{ с}.$$

5. Время циркуляции в соответствии с рис. 4

$$\tau_u = \tau_n / 3 = 5 / 3 = 1,65.$$

6. Насосный эффект

$$v_n = v_m / \tau_u = 10^{-3} / 1,65 = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

7. Удельный насосный эффект, приходящийся на одну лопасть мешалки

$$v_{y0} = v_n / 4 = 6 \cdot 10^{-3} / 4 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

8. Скорость движения в статическом смесителе при условии $\varepsilon_c = \varepsilon_m$ с учетом уравнения (5)

$$W_c = ((2 \cdot l \cdot \varepsilon_m) / \xi)^{1/3} = ((2 \cdot 0,15 \cdot 0,6) / 3)^{1/3} = 0,4 \text{ м/с}$$

где $\xi = 3$ – коэффициент сопротивления решетки [4].

9. Диаметр статического смесителя (м) при условии $v_c = v_{y0}$, где v_c – удельный расход, отнесенный к площади одной ячейки решетки

$$d_c = \sqrt{4v_{y0} / (\pi \cdot W_c)} = \sqrt{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,4)} = 0,02.$$

10. Длина статического смесителя

$$L_c = W_c \cdot \tau_n = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ м}.$$

11. Скорость диссипации энергии в камере хлопьеобразования при $G_x = 25 \text{ с}^{-1}$ с учетом уравнения (1)

$$\varepsilon_x = G_x^2 \cdot \nu = 25^2 \cdot 10^{-6} = 6,2 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/кг}.$$

12. Скорость движения (м/с) в камере хлопьеобразования

$$W_x = ((2l_x \cdot \varepsilon_x) / \xi)^{1/3} = ((2 \cdot 0,2 \cdot 6,2 \cdot 10^{-4}) / 3)^{1/3} = 0,44.$$

13. Диаметр камеры хлопьеобразования, м:

$$d_x = \sqrt{4v_c / (\pi \cdot W_x)} = \sqrt{4 \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} / (3,14 \cdot 0,44)} = 0,065.$$

14. Длина камеры хлопьеобразования, м

$$l_x = W_x \cdot t_x = 0,44 \cdot 300 = 13,2.$$

Определенные параметры соответствуют общепринятым закономерностям процессов коагуляции статическом коагуляторе [5, 6].

Сведения об авторах /About the Authors

Бухкало Светлана Ивановна – кандидат технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Bukhhalo Svetlana Ivanovna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Соловей Валентин Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: bis.khr@gmail.com

Solovej Valentin Nikolaevich – PhD, docent of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: bis.khr@gmail.com.

Выводы.

Таким образом, показан алгоритм расчета и проектирования технологической схемы коагуляции на базе статических флокуляторов, который предполагает предварительное экспериментальное определение параметров коагуляции данной дисперсной системы в модельном аппарате с мешалкой.

Определены конструкционные параметры, гидродинамические характеристики и потребляемая мощность модели, что позволяет воспроизвести режим работы производственного флокулятора.

Предложенный подход может иметь положительный эффект от внедрения выбранных методов моделирования в системе высшего образования Украины и на предприятиях различных отраслей промышленности.

Список литературы: 1. *Vrale L.G. Jorden R.M.* Rapid mixing in water. Journal american water works associate. 1971. v. 63, № 1, p. 45–53. 2. *Letterman R.D., Vanderbrook S.G.* Effect of solution chemistry on coagulation with hydrolyzed AL(3+) Water research. 1983 v. 17, № 1, p. 195–204. 3. *Соловей В.Н.* Разделение водных дисперсий коагуляцией в статических аппаратах. Автореферат дис. канд. техн. наук. Х. 1990. 17 с. 4. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М. Госэнергоиздат, 1960. 463 с. 5. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] : учеб. пособие / *Л. Л. Товашнянский* [и др.] ; Харьковский политехнический ин-т, нац. техн. ун-т. Харьков : Підручник НТУ «ХПІ», 2013. 432 с. 6. *Б.Г. Покусаев.* Процессы переноса в многофазной среде // Теоретические основы химической технологии. 2007 – т. 41 – № 1 – С. 35–43.

Bibliography (transliterated): 1. *Vrale L.G. Jorden R.M.* Rapid mixing in water. Journal american water works associate. 1971. v. 63, № 1, p. 45–53. 2. *Letterman R.D., Vanderbrook S.G.* Effect of solution chemistry on coagulation with hydrolyzed AL(3+) Water research. 1983 v. 17, № 1, p. 195–204. 3. *Solovej V.N.* Razdelenie vodnykh dispersiy koagulyatsiy v staticheskikh apparatakh. Avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk. Kharkiv. 1990. 17 p. 4. *Primery i zadachi po kursu protsessov i apparatov khimicheskoy tekhnologii* [Tekst] : ucheb. posobie / *L.L. Tovazhnyanskiy* [i dr.] ; Khar'kovskiy politekhnicheskij in-t, nats. tekhn. un-t. Khar'kiv : Pidruchnik NTU «KhPI», 2013. 432 p. 5. *B.G. Pokusaev.* Protsessy perenosy v mnogofaznoy srede // Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii. 2007 – vol. 41 – No. 1 – P. 35–43.

Поступила (received) 01.09.2015

УДК 519.2

В. В. ЄВЛАШ, З. В. ЖЕЛЕЗНЯК, С. М. ГУБСЬКИЙ, О. Ф. АКСЬОНОВА**ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ МЕТОДОМ ГАЛЬВАНОСТАТИЧНОЇ КУЛОНОМЕТРИЇ В ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГІДРОКОЛОЇДІВ**

Запропоновано та обґрунтовано використання методу гальваностатичної кулонометрії для оцінки вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів. Описано послідовність операцій в процедурі пробопідготовки зразків для вимірювання АК, яка є підґрунтям кількісного визначення аскорбінової кислоти на фоні решти харчової матриці.

Ключові слова: аскорбінова кислота, желатин, гальваностатична кулонометрія.

Вступ. Особливу цінність в рішенні проблеми повноцінного харчування різних верств населення відіграють якісні, доступні за ціною продукти із цілим рядом корисних властивостей. До таких продуктів можна віднести желеїні вироби на основі натуральних фруктових соків та желатину, фортифіковані вітаміном С.

Вітамін С (Е 300 – аскорбінова кислота) входить до списку харчових добавок, які дозволено використовувати під час виробництва харчових продуктів в якості антиоксиданту. Кількість харчової добавки Е300 регламентується технологічною інструкцією по виготовленню харчової продукції. В той же час аскорбінова кислота входить до складу преміксів на ряду із іншими вітамінами та мінеральними речовинами. І якщо для харчових добавок існує чітко визначена система перевірки якості, то для преміксів такої системи не існує через відсутність у світовій практиці стандартизованих вимог до їх складу та уніфікованих методів їх підтвердження. Треба зазначити, що розробку уніфікованих методів оцінки показників якості великою мірою здійснено, але не існує загального керівництва, щодо проведення комплексних досліджень. Тому розробка вимог до якості преміксів, складовою яких є аскорбінова кислота, являється однією з найбільш актуальних гігієнічних задач. Але складність полягає у тому, що кількісний та якісний склад преміксів великою мірою залежить від виду харчової продукції, яка підлягає фортифікації. Все вищесказане є підґрунтям для проведення досліджень щодо пошуку досконалої методики кількісного визначення аскорбінової кислоти у харчових продуктах після їх фортифікації.

Аналіз останніх досліджень та літератури. Відомо, що вітамін С або Аскорбінова кислота (АК) (гамма-лактон 2,3-дегідрол-гулонової кислоти) є водорозчинним вітаміном, який не синтезується в організмі людини і надходить лише з продуктами харчування. АК є антиоксидантом с терапевтичними властивостями, які відіграють значну роль в активації імунного захисту, в остеогенезі, в біосинтезі колагену, в запобіганні згортання крові та в інших метаболічних процесах [1–4].

Методи ідентифікації та кількісного визначення вмісту вітаміну С в харчових продуктах та в харчовій сировині є трудомісткою процедурою, пов'язаною із складністю пробопідготовки, через низький вміст АК в досліджуваному об'єкті, її нестійкістю в розчині через окислення. Цим питанням присвячені багаточисленні

публікації, в тому числі монографії [5–7].

Аналіз літературних джерел свідчить, що для визначення вмісту АК в харчових системах використовують різноманітні фізико-хімічні методи [8]. По-перше, титриметричний метод з 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію або йодатом чи броматом калію; по-друге, спектрофотометричні, які базуються на визначенні АК в УФ області під час реакції йоду з АК; також застосовуються хемілюмінесценція або флуориметричне визначення реакції дигідроаскорбінової кислоти з о-фенілдіаміном. Хроматографічні методи забезпечують більш точні та чутливі результати, особливо з використанням високоефективної рідинної хроматографії з електрохімічним детектуванням [9]. В останній час значно зросло використання електрохімічних методів для визначення вмісту АК. А саме, вольтамперометрії, прямої потенціометрії та кулонометрії. Слід відмітити, що більшість публікацій щодо використання розглянутих вище фізико-хімічних методів стосується простих харчових систем, таких як фруктові соки, рослинна сировина та екстракти. На відміну від них, желеїні вироби зазвичай мають в своєму складі досить високі концентрації гідроколоїдів, наприклад желатини, агару або пектину. В роботах [10–11] було показано, що стандартний метод визначення АК титруванням 2,6-діхлордіфенілдофенолятом натрію дає занижені результати відносно референтного методу. Це пояснюється неоднозначним механізмом окиснення АК та необхідністю проведення грамотної пробопідготовки. На значно занижені результати вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів, порівняно із внесеними кількостями АК, вказують і дослідження методом хроматографії [12–13]. Автори пов'язують це із сорбційною взаємодією АК з молекулами гідроколоїдів, зокрема желатину та агару. Аналогічні результати відносно невизначеності кінцевого результату було отримані в роботах титриметричним методом [14].

Вказані публікації свідчать про наявність проблеми визначення АК в харчових матрицях, до складу яких входять гідроколоїди та актуальність розробки адекватної та експресної методики в рамках бюджетного фізико-хімічного методу, що дозволила б контролювати вміст АК в зазначених вище харчових системах.

Мета і постановка задачі дослідження. Метою роботи було обґрунтування методики визначення вітаміну С в водних розчинах гідроколоїдів методом гальваностатичної кулонометрії із подальшою оцінкою можливості визначення вмісту АК в желеїних виробах.

Це передбачало вирішення задач, пов'язаних з розробкою методики кількісного визначення аскорбінової кислоти, яка б мала максимально спрощену процедуру пробопідготовки з максимальною можливістю визначення вмісту АК на фоні решти харчової матриці.

Для розв'язання поставлених задач було обрано метод гальваностатичної кулонометрії, який має значні переваги, оскільки є абсолютним методом – не потребує попереднього калібрування та має доступне апаратне оформлення при достатньо високій статистичній визначеності та чутливості кінцевого результату. Його використання для визначення вмісту АК в різноманітних фармацевтичних субстанціях рослинного походження, а також в аналізі таких продуктів харчування як соки, вина та інші, довели свою ефективність [9].

Матеріали та метод дослідження. В експерименті використовували наступні реагенти з відповідною кваліфікацією: аскорбінова кислота фарм. (Китай), желатин харчовий П-11 (ТМ «Мрія», Україна), калій бромід х.ч., калій йодид ч.д.а., сульфатна кислота х.ч., хлоридна кислота х.ч., дистильована вода.

Модельні розчини желатини з масовою часткою в діапазоні 0,1–3,0% готували ваговим методом наступним чином: до наважки желатини додавалася вода, після чого желатина набрякала протягом 30–40 хвилин. Далі на водяній бані із контролем температури проводилося розчинення желатини при температурі 40–50 °С. Після охолодження розчину желатини до температури 30–40 °С до системи вводилася аскорбінова кислота у вигляді водного розчину, який готувався в день приготування модельних систем. Після чого додавалася певна наважка води виходячи з того, розчин з якою масовою часткою готувався. Далі розчин ретельно перемішувався для рівномірного розподілу АК.

Стандартні розчини аскорбінової кислоти готувалися ваговим методом.

Модельні системи АК-желатина у воді готували додаванням відповідних водних розчинів АК до водних розчинів желатини в пропорціях, які відповідають кінцевому значенню концентрації.

Кулонометрична комірка складалася з двох розділених камер – катодної та анодної, ємністю 10 та 40 мл відповідно, з'єднаних за допомогою скляної мембрани. В якості генераторного використовували пластинчатий платиновий електрод з площею приблизно 2 см². Допоміжним електродом виступав графітовий стержневий електрод. Попередню очистку платинових електродів перед вимірами проводили в три етапи шляхом витримання в розчинах при робочому струмі 5 мА: 1) впродовж 5 хвилин в розчині 0,2 М КВr або КІ; 2) в розчині концентрованої азотної кислоти (1:1) впродовж 5 хвилин; 3) впродовж 15 хвилин в розчині 0,2 М сульфатної кислоти. Між вимірюваннями електроди зберігали в розчині калій броміду або калію йодиду в залежності від виду дослідження.

Вимірювання проводили при силі струму 1–10 мА залежно від концентрації досліджуваного розчину таким чином, щоб час титрування доданої маси зразка знаходився в межах від 150 с до 300 с. Це забезпечує з одного боку, експресність методу, а, з іншого боку, певну

точність виміру часу. В якості джерела стабілізованого струму використовували блок-титратори Т-201М1 (Аналітприлад, Грузія). Вимір величини струму проводили за допомогою комбінованого приладу В7-21 з похибкою, що не перевищувала 0,2 %.

Розчин в комірці перемішували за допомогою електромагнітної мішалки.

Контроль точки кінця титрування здійснювали потенціометричним методом за допомогою пари індикаторних електродів: платинового окисно-відновного ЕПВ-1 та хлорсрібного ЕВЛ-1М3.1 електродів (ЗІП, Білорусь). ЕРС електрохімічної системи вимірювали іономіром 692 pH/Ionmeter (Metroohm, Швейцарія) з похибкою 0,1 мВ. Зазначений пристрій використовували для виміру температури з похибкою 0,1 °С та рН з похибкою 0,002 одиниці з використанням комбінованого скляного електроду з температурним датчиком Pt1000 (Combined LL pH glass electrode with Pt 1000 temperature sensor, № 6.0238.000 Metroohm, Швейцарія).

В якості титрантів використовували бром та йод, які були електрогенеровані з 0,2 М розчину калій броміду в 0,1 М розчині сульфатної кислоти та з 0,1 М розчину калій йодиду в хлоридній кислоті із значенням рН=1,2.

Моніторинг та запис даних титрування (потенціал-час) в електронному вигляді проводили за допомогою програми PicoLog Recorder v.5.24 (PicoScope Ltd., UK). Розрахунки часу кінця титрування та статистичну обробку результатів дослідження здійснювали в програмі Excel пакета Microsoft Office 2010 та Sigma Plot v.11.

Результати досліджень. Для вивчення питання про можливість використання кулонометричного титрування для кількісного визначення загального вмісту АК в досліджуваних розчинах було проведено процедуру валідаційної оцінки вимірів за наступними показниками: специфічність, лінійність та аналітична область методики, межа визначення, правильність та відтворюваність. За цією метою було приготовано модельні водні розчини АК в діапазоні 0,5–1800 мкг/г.

Виходячи з експериментальних даних, щодо кулонометричного титрування модельних та досліджуваних розчинів, розрахунок концентрації АК g (мкг/г) з експериментальних даних здійснювали за наступною формулою (1).

$$g = \frac{I \cdot t \cdot M}{n \cdot F \cdot m_p} \quad (1)$$

де I – сила струму, А;
 t – час електролізу, с;
 M – молярна маса досліджуваної речовини, г/моль;
 F – стала Фарадея, Кл/моль;
 n – кількість електронів у напівреакції окислення титранта,
 m_p – маса розчину, г.

Під час визначення часу t враховували час попереднього електролізу генеруючого розчину без проби, що аналізується для того, щоб врахувати вплив домішок в електрогенеруючому розчині. Як було зазначено у роботах [8,10], АК під час взаємодії

із галогенами, що електрогенеруються у комірці, окислюється до дигідроаскорбінової кислоти з переносом двох електронів, що відповідає значенню $n=2$ в формулі (1).

На рис. 1 наведено залежність $Q = f(g)$ для розчинів АК на рівні 9 концентрацій. Як і очікувалося, вказана залежність має лінійний характер з коефіцієнтом кореляції 0,9987, що доводить умову лінійності та можливості кількісного визначення АК в даній аналітичній області у запропонованій методиці.

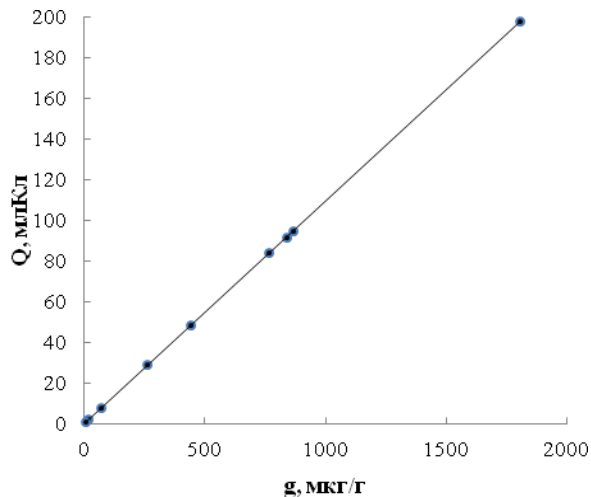


Рис. 1 – Залежність між вмістом АК (g, мкг) та кількістю електрики для електрогенерації титранту бром (Q, мкКл) для модельних водних розчинів АК

Залишкове стандартне відхилення лінійної регресії σ та нахил S кривої $Q-f(g)$ використовували для розрахунку межі виявлення DL та QL межі кількісного визначення за формулою (2).

$$DL = 3\sigma / S, \quad QL = 10\sigma / S \quad (2)$$

В результаті розрахунків за формулою (2) були отримані наступні результати: $DL=2,7$ мкг/г (або $1,5 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³) та $QL=8,1$ мкг/г (або $4,6 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³).

Специфічність оцінювалася способом «введено-знайдено» (табл. 1).

Правильність і відтворюваність оцінювали методом варіювання наважок на трьох рівнях концентрації з використанням трьох наважок на кожному рівні. Було отримано статистично значимі результати з точки зору критерію Фішера.

На рис. 2, а-б, наведено приклади експериментальних кривих титрування АК в водних (а), АК в водно-желатинових розчинах (б) та водного розчину желатини (в). Як видно з рис.2, отримані криві мають класичний вигляд із спадаючою гілкою, що характерна для титрування АК в окисно-відновних реакціях. Титрування водних розчинів АК (графік а) дозволяє отримати чітко детерміновані дані, враховуючи різкий стрибок в точці кінця

титрування, який складає від 1 до 2 секунд із зміною ЕДС (електрорухомої сили) індикаторної системи більш ніж на 250 мВ. Введення желатини робить криву титрування (рис. 2, б) менш чіткою, а хід кривої в районі точки кінця титрування стає менш різким. Крім того вигляд верхньої частини кривої титрування дає можливість зробити висновок про реалізацію процесу окиснення желатини, оскільки вигляд цього фрагменту є ідентичним до вигляду таких саме фрагментів на кривих титрування водних розчинів желатини (рис. 2, в). З урахуванням значної реакційної здатності електрогенерованого бром, було очікуваним окиснення в водних розчинах обох компонентів. Але, як видно з наведеної кривої титрування (рис. 2, в), процес окиснення желатини спостерігається в межах 680-800 мВ, в той час як АК окиснюється при більш низьких потенціалах. Подібний факт дає передумову для реалізації можливості визначення АК в присутності желатини.

Таблиця 1 – Результати кулонометричного визначення вмісту АК в модельних водних розчинах електрогенерованим бромом ($n=5$, $P=0,95$)

Речовина	Введено g_B , мкг/г	Знайдено g_3 , мкг/г	S_r
Аскорбінова кислота	0,47	0,42±0,15	0,256
	4,60	4,45±0,09	0,017
	17,50	17,46±0,04	0,011
	69,48	68,39±0,09	0,016
	260,0	261,2±0,1	0,009
	440,0	442,0±0,6	0,009
	766,3	766,1±0,3	0,002
	864,7	864,0±0,8	0,004
	1806,5	1805,4±1,9	0,007

Слід також відмітити, що визначення вмісту АК в водних розчинах желатини з концентрацією більше ніж 1,5% пов'язано із труднощами, зумовленими утворенням желеподібної структури через 30 хвилин після приготування розчинів, це є відомим фактом [15,16] і пов'язано із утворенням просторової структури за рахунок водневих зв'язків. Спроби помістити до електрохімічної комірки та провести титрування зразку, що вже має просторову структуру з макромолекул желатини не дали відтворюваних та адекватних результатів. Тому рекомендовано при відборі проби від структурованого продукту спочатку нагріти його на водяній бані до температури приблизно 40 °С (розплавити), тим самим зруйнувавши просторову сітку і перевівши його до рідкого стану, а потім використовувати для подальшого визначення АК. Як показали додаткові дослідження, отримані результати щодо вмісту АК, які були визначені до початку процесу желеутворення та після плавлення желе, добре узгоджені, незалежно від кількості переходів з желеподібного стану до рідкого шляхом плавлення досліджуваних систем.

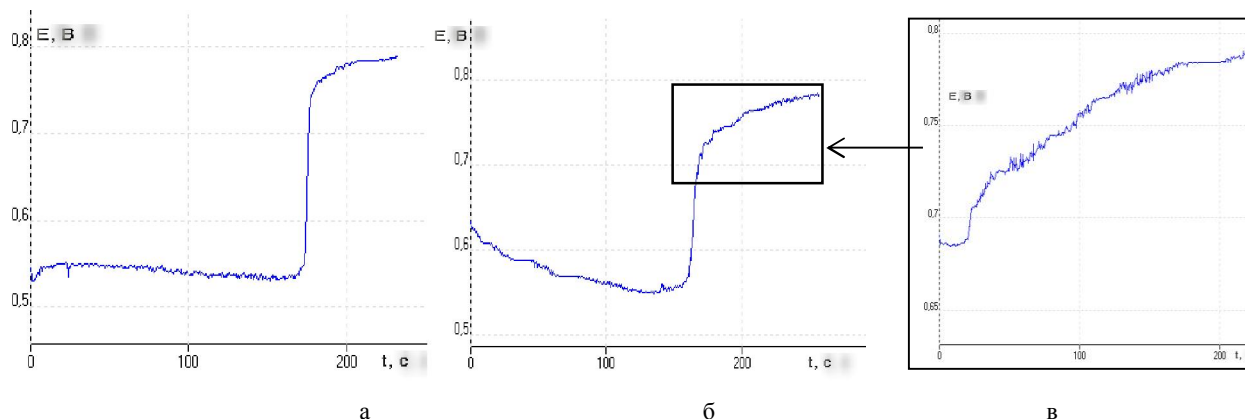


Рис. 2 – Криві кулонометричного титрування (залежність електрорушійної сили (E, В) від часу (t, с), скан з програми PicoLog Recorder): а – розчин АК з концентрацією 76,63 мкг/г (I=9,921 мА, $m_p = 2,030$ г); б – розчин АК з концентрацією 75,01 мкг/г в 3% розчині желатини (I=9,923 мА, $m_p = 2,145$ г); в – розчин 3% желатини (I=9,919, $m_p = 4,140$ г)

Таблиця 2 – Результати кількісного визначення вмісту АК в системах АК-желатина-вода (n=4, P=0,95)

	Введена концентрація АК g_B , мкг/г									
	90,02		250,1		500,0		750,1		1000	
Концентрація желатини	Знайдена концентрація АК g_3 та відносна різниця між величинами δ									
	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$	g_3	$\delta_g, \%$
відсутня	90,2	0,1	249,7	-0,2	499,2	-0,2	750,5	0,1	1001	0,1
0,1%	89,0	-2,1	245,0	-2,0	489,7	-2,1	688,3	-8,2	*	-
1,0%	86,9	-5,1	235,5	-5,8	465,3	-6,9	695,0	-7,3	*	-
3,0%	85,2	-5,3	234,5	-6,2	466,8	-6,2	702,4	-6,4	970,4	-4,3

* - дослідження не проводили

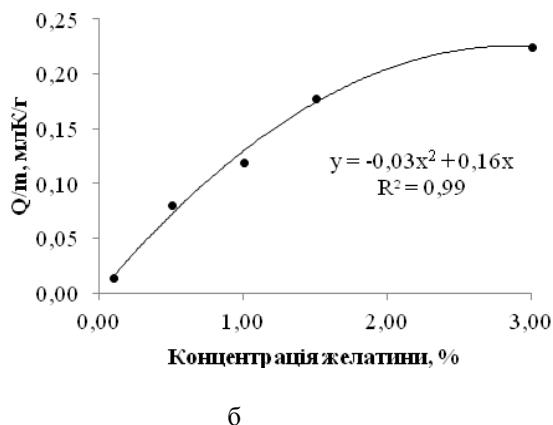
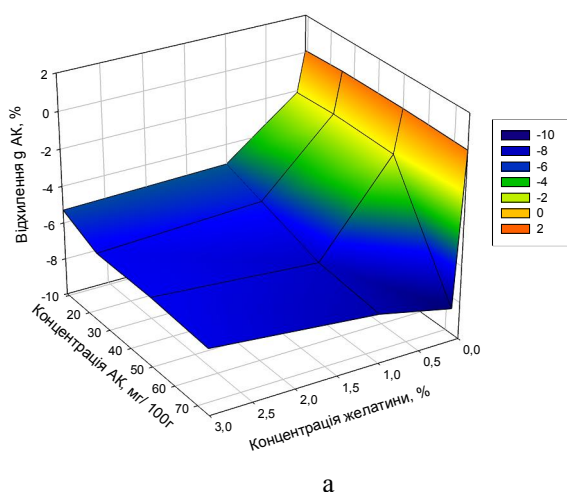


Рис. 3 – Залежність δ_g від концентрацій АК та желатини в водних розчинах (а) та залежність питомої величини електрики, необхідної для титрування одиниці маси від концентрації желатини (б)

Отримані факти дають підґрунтя для розробки методики визначення АК в комерційних продуктах харчування – желейних виробів на основі желатини, якщо враховувати їх агрегатний стан.

В табл. 2 наведено результати визначення вмісту АК в водних розчинах желатини різних концентрацій.

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати про систематично занижений результат вмісту АК, отриманого методом кулонометричного титрування, по відношенню до введеного в досліджувану систему. Така тенденція відсутня для водних розчинів АК без желатини.

Як видно з табл. 2, відносна величина похибки

$$\delta_g = (g_3 - g_B) / g_B, \%$$

експериментально визначеної та введеної величин вмісту АК складає від -0,1% до -8,2%.

На рис.3, а приведена залежність відхилення значення вмісту введеної АК від концентрації компонентів системи желатин-вода, включаючи систему без желатини. Для наведеної діаграми характерна нелінійна залежність зростання значення δ_g із збільшенням концентрації желатини та, майже лінійна залежність від концентрації АК. Нелінійний характер залежності величини δ_g від концентрації желатини корелює з величиною кількості електрики, необхідної для титрування одиниці маси желатини. Остання залежність добре апроксимується параболічною залежністю з коефіцієнтом кореляції 0,99. Збільшення похибки визначення вмісту АК в розчинах желатини (рис. 3, а), яка змінюється по тому ж закону що й залежність (рис. 3, б), може свідчити, що незважаючи на факт взаємодії желатини з електрогенерованим бромом при більших потенціалах, ніж ті, що характерні точки кінця титрування АК, окислення желатини впливає на процес кількісного визначення АК.

Подальше вивчення механізму окислення останньої та його математичний опис дасть змогу для удосконалення методики кількісного визначення АК в розчинах желатини, а тим самим і в виробках на її основі. Проте, враховуючи зазначені вище залежності, є можливість розглянути відносну похибку δ_g як систематичну, не вдаючись в хімічний механізм явища, та застосувати апарат нелінійної множинної регресії для її апроксимації в залежності від концентрації компонентів системи на підставі експериментальних даних.

Проведені додаткові розрахунки показали, що найбільш адекватним з точки зору величини стандартного відхилення є наступне рівняння, яке зв'язує δ_g з концентраціями АК g_{AK} та желатини $g_{Ж}$ наступним рівнянням з відповідними коефіцієнтами регресії:

$$\Delta g = a_0 + a_1 g_{AK} + a_2 g_{Ж} + a_3 g_{Ж}^2, \quad (3)$$

де коефіцієнти регресії дорівнюють наступним величинам $a_0 = 0,061$; $a_1 = -0,034$; $a_2 = -7,07$;

$a_3 = 1,83$ при величині стандартного відхилення апроксимації 1,71. В рівнянні (3) концентрація АК виражена в мг/100 г розчину.

Для перевірки запропонованого підходу був визначений вміст АК в 0,5% водному розчині желатини з введеною концентрацією 9 мг/100 г розчину. Експериментально була знайдена величина 8,71 мг/100 г, а з урахуванням рівняння (3) розраховуємо величину 9,01 мг/100 г розчину.

Висновки та перспективи досліджень. Отримані данні є суто емпіричним математичним підходом, який не розкриває хімічний механізм явища, але є перспективним підґрунтям для проведення подальших досліджень щодо можливостей використання методу кулонометрії з адаптованою пробопідготовкою для визначення кількості аскорбінової кислоти в желеїних виробках.

Список літератури: 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 С. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 P. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 P. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L., Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 P. 5. Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. - Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. 6. Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. 7. Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. 8. *Pisoschi A.M.* Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. 9. *Russel L.F.* Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – pp. 32–442. 10. *Letters R.B.* Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – № 1. – P. 1497–1504. 11. *Hernandez Y.* Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. 12. *Journal I., Electrochemical O.F.* Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, № October 2015. P. 105–115. 13. *Fadhel D.* Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahuai Un. 2012. – Vol. 15. – № 3. – P. 88–94. 14. *Nováková L.* HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – № 10. – P. 942–958. 15. *Добровольская Е.В.* Определение аскорбиновой кислоты в модельных системах содержащих структурообразователи полисахаридной природы / *Добровольская Е.В., Вакигуль З.В., Мурликина Н.В., Евлаш В.В.* // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Вип. 2 (5). С. 11–13.

16. *Евлаш В.В.* Апробация методики хроматографического определения аскорбиновой кислоты в пищевых системах с гидроколлоидами / *В.В. Евлаш, Т.О. Кузнецова, Е.В. Добровольская, З.В. Железняк, В.Г. Панченко* // Успехи в химии и химической технологии. 2015. – Т. XXIX, №1. – С.58-60.

Bibliography (transliterated): 1. *Davies M.B.* Vitamin C: Its Chemistry and Biochemistry / M.B. Davies, J. Austin, D.A. Partridge.- London: Royal Society of Chemistry, 1991. – 154 p. 2. *Voet D.* Biochemistry, 4th Edition / D. Voet, J.G. Voet. – New York: John Wiley & Sons, 2010. – 1520 p. 3. *Kucharski H.* Handbook of Vitamin C Research: Daily Requirements, Dietary Sources and Adverse Effects / H. Kucharski, Z. J. – New York: Nova Bimedical Books, 2009. – 415 p. 4. Handbook of Antioxidants / Ed. Packer L.,

- Cadenas E. – New York: CRC Press, 2001. – 732 p. **5.** Vitamins in Food: Analysis, Bioavailability, and Stability / ed. Ball G.F.M. – Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2004. – 787 p. **6.** Vitamin Analysis for the Health and Food Sciences, Second Edition/ Ed. Eitenmiller R.R. et al. – New York: CRC Press, 2007. – 664 p. **7.** Handbook of Vitamins / Ed. Zemleni J. et al. – New York: CRC Press LLC, 2007. – 489 p. **8.** Pisoschi A.M. Electrochemical methods for ascorbic acid determination/ A.M. Pisoschi, A.S. Pop, A.I. Serban, C. Fafaneata // Electrochim. Acta. 2014. – Vol. 121. – P. 443–460. **9.** Russel L.F. Water-Soluble Vitamins Food in Analysis by HPLC, Third Edition / Ed. Nollet L., Toldra F. – New York: CRC Press, 2013. – p. 32–442. **10.** Letters R.B. Determination of vitamin C in pharmaceutical products with physico-chemical and bioanalytical technics // Roum. Biotechnol. Lett. 2004. – Vol. 9. – No. 1. – P. 1497–1504. **11.** Hernandez Y. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods / Y. Hernandez, M.G. Lobo, M. Gonzalez // Food Chem. 2006. – Vol. 96. – P. 654–664. **12.** Journal I., Electrochemical O.F. Vitamin C Contents of Tropical Vegetables and Foods Determined by Voltammetric and Titrimetric Methods and Their Relevance to the Medicinal Uses of the Plants // Int. J. Electrochem. Sci. 2010. Vol. 5, No. October 2015. P. 105–115. **13.** Fadhel D. Spectrophotometric Determination of Ascorbic Acid in Aqueous Solutions // J. of Al-Nahai Un. 2012. – Vol. 15. No. 3. – P. 88–94. **14.** Nováková L. HPLC methods for simultaneous determination of ascorbic and dehydroascorbic acids / L. Nováková, P. Solich, D. Solichová // TrAC Trends Anal. Chem. 2008. – Vol. 27. – No. 10. – P. 942–958. **15.** Dobrovolska E. Determination of ascorbic acid in the model systems containing structurants polysaccharide / E. Dobrovolska, Z. Vakshul, N. Murlykina, V. Evlash // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. Košice, 2014. Vol. 2 (5). p. 11–13. **16.** V. Evlash. Testing techniques of chromatographic determination of ascorbic acid in food systems with hydrocolloids / V. Evlash, T.Kuznetsova, E.Dobrovolska, Z. Zheleznayk, V. panchenko // Journal Advances in chemistry and chemical technology. 2015. – Vol. XXIX, No. 1. – p. 58–60.

Надійшла (received) 05.02.2015

Відомості про авторів / About the Authors

Євлаш Вікторія Владленівна – доктор технічних наук, професор, Харківської державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (011) 847-83-70; e-mail: v.evlash@hduht.edu.ua.

Evlash Viktoriya Vladlenivna – Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: v.evlash@hduht.edu.ua

Железняк Зінаїда Валерівна – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; e-mail:

Zheleznayk Zinaida Valerivna – Grade student; Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (057) 349-45-61; e-mail: chem_hdyht@gmail.com

Губський Сергій Михайлович – кандидат хімічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 364-03-34; e-mail: s.gubsky@hduht.edu.ua

Gubsky Sergey Mihaylovych – Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry Microbiology and Higyene of Food; tel.: (050) 364-03-34; e-mail: gubsky.kharkov.ua@gmail.com

Аксенова Олена Федорівна – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків; тел.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.

Aksenova Olena Fedorivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Associate Professor at the Department of Chemistry, Microbiology and Hygiene of Food; tel.: (050) 5764056; e-mail: aeph@mail.ru.

УДК 666.9-16

О. В. САВВОВА, Г. К. ВОРОНОВ, О. В. БАБІЧ, А. О. ГРИВЦОВА**РОЗРОБКА ЗАХИСНИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ЛІТІЙАЛЮМОСИЛІКАТНИХ СТЕКОЛ**

Проаналізовано основні напрямки розробок захисних склокристалічних матеріалів та встановлено перспективність їх застосування як елементів індивідуального бронезахисту. Розроблено модельні літійалюмосилікатні стекла та синтезовано склокристалічні матеріали на їх основі. Встановлено, що визначальним фактором при визначенні впливу фазового складу на температурний коефіцієнт лінійного розширення дослідних матеріалів є наявність та вміст β -сподумену у їх складі. Застосування як елементів індивідуального бронезахисту розроблених склокристалічних матеріалів дозволить знизити термоудар, який виникає при зіткненні снаряду з бронематеріалом.

Ключові слова: захисні склокристалічні матеріали, β -сподумен, температурний коефіцієнт лінійного розширення, елементи індивідуального бронезахисту.

Вступ. На сьогоднішній день широкого використання набувають захисні склокристалічні матеріали, які використовуються у авіа- та ракетобудуванні (обтікачі антенних апаратів, кожухи антен), в машинобудівництві (термостійкі деталі, вузли), теплообмінники, обігрівачі, панелі нагрівальних пристроїв, конструкційні елементи високотемпературних агрегатів, лабораторний і кухонний посуд. Високі термічні, механічні властивості та низька щільність таких матеріалів дозволяють використовувати їх як елементи індивідуального бронезахисту [1]. Саме одержання високоміцних склокристалічних матеріалів з підвищеним рівнем термічних, механічних властивостей та бронестійкості є пріоритетним напрямком для оборонного комплексу України.

Аналіз основних досягнень і літератури. Відомо, що ситали з низьким температурним коефіцієнтом лінійного розширення (ТКЛР) отримують на основі стекел в яких при кристалізації виділяються сполуки з нульовим та негативним ТКЛР (табл. 1) [2].

Кристалічна фаза β -евкриптиту відзначається значною анізотропією теплового розширення, внаслідок якої при нагріванні відбувається безперервна зміна кутів між хімічними зв'язками, а також зміна міжатомних відстаней у ґратці, яке не супроводжується утворенням нових елементів симетрії у структурі матеріалу. При 800 °С його

ТКЛР по вісі c рівний $\alpha = -176 \cdot 10^7$ град⁻¹, по осях a і b $\alpha = +182,1 \cdot 10^7$ град⁻¹. Для сподумену в процесі нагрівання змінюються кути між хімічними зв'язками сусідніх тетраедрів $[AlO_4]$ та $[SiO_4]$ у результаті чого розміщення тетраедрів в межах однієї елементарної комірки змінюється таким чином, що параметр « a » зменшується, а параметр « c » збільшується.

Широко відомі склади на основі боросилікатних стекел TEMPAX, BOROFLOAT, PYREX (фірма Schott, Німеччина), які використовуються як оглядові вікна технічних та побутових приладів, що працюють при високих температурах [3]. Однак, показники механічних властивостей є недостатніми для їх використання в умовах дії значних термічних та механічних навантажень.

Захисні термостійкі ізоляційні вироби одержують на основі радіопоглинаючої цельзіанової склокераміки ВКП-3Л, ВКП-4Л та ПК-1 (ООО «Керапен», Росія) з $\alpha = (29 \div 47) \cdot 10^{-7}$ °С⁻¹ [4]. Для виготовлення циліндричних склокерамічних волноводів широкого використання набула склокераміка (ДВНЗ УДХТУ, Україна) з $\alpha = (29 \div 47) \cdot 10^{-7}$ °С⁻¹, яка містить як основну кристалічну фазу β -цельзіан [5].

Стекла, які вміщують BeO у кількості 9,3 мас. % при термообробці при температурі 1250 °С впродовж 1,5 годин кристалізуються з вмістом берилу, який характеризується низьким ТКЛР [6].

Таблиця 1 – ТКЛР кристалічних фаз, які входять до складу ситалів

Кристалічні фази	Температурний інтервал, °С	ТКЛР, $\alpha \cdot 10^7$, град ⁻¹
β -евкриптит $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	20–700	-90
титанат алюмінію $Al_2O_3 \cdot TiO_2$	20–1000 25–1000	-64 -19
α -кордієрит $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$	100–200 25–700	6 26
β -сподумен $Li_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$	20–1000	9
берил $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$	25–800	26 (вісь a) 29 (вісь c)
β -цельзіан $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$	20–100	27

© О. В.Саввова, Г. К. Воронів, О. В. Бабіч, А. О.Гривцова, 2015

Ситали такого типу мають високу температуру деформації, значну механічну міцність та твердість. Оксид берилію має здатність розсіювати іонізуюче випромінювання високих енергій, має високий коефіцієнт уповільнення теплових нейтронів, і тому склокераміка на його основі застосовується як вакуумний матеріал в ядерних реакторах. Однак сировина та шихта для варки таких стекол є токсичною. Тому при виробництві захисних бронеситалів найбільш доцільною є розробка склокристалічних матеріалів, які вміщують як основну кристалічну фазу β -сподумен.

Фірмами Corning Glass Works (США) [7] та Schott (Німеччина) [3] в літійоалюмосилікатних системах розроблені термостійкі ситали (ZERODUR K20, ROBAX) з ТКЛР від негативного до $\alpha = 20 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, які використовуються в побутових виробках та термостійкому обладнанні (табл. 2).

Тривалий час на ФДУП «ОНВП «Технологія»» (Росія) успішно проводяться розробки та впроваджуються у виробництво матеріали для антенних обтічників. Під керівництвом Суздальцева Є.І. розроблена зміцнена склокераміка ОТМ-357-У, яка характеризується високими експлуатаційними властивостями [8]. Фірмою ООО «Керапен» (Росія) розроблені термостійкі радіопоглинаючі матеріали та радіопрозорий склокристалічний матеріал СО115 М для елементів оптичних систем [4] (табл. 2). Серед вітчизняних розробок склокристалічних матеріалів на основі алюмосилікатних стекол відомі роботи НВП "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ", які спрямовані на розробку сподуменових ситалів на основі скла 8к з $\alpha = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, але вони спрямовані на виготовлення каталізаторів для окислення аміаку [9].

На сьогодні технологічні розробки щодо елементів бронезахисту на основі високоміцних склокристалічних матеріалів відсутні. Тому актуальним є розвиток даного напрямку для України, який буде полягати у розробці захисних склокристалічних матеріалів.

Постановка мети та методика дослідження. Метою даної роботи є розробка модельних стекол та склокристалічних матеріалів на їх основі, а також дослідження впливу їх кристалізаційної здатності на ТКЛР.

Наявність кристалічної фази в дослідних стеклах після випалу було встановлено за допомогою рентгенофазового аналізу на установці «ДРОН-3М». Характер та кількість кристалічної фази в стеклах та матеріалах встановлювали петрографічним методом на оптичному мікроскопі МІ-2е зі збільшенням $25 \div 1200$ раз. Відносне подовження матеріалу при нагріванні ($\Delta t_{\text{н}} - t_{\text{к}}$) визначали на вертикальному кварцовому дилатометрі.

Експериментальна частина. Колективом співробітників кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» для досягнення поставленої мети були проведені дослідження і одержані наступні експериментальні дані.

Для встановлення області існування стекол як основи для синтезу літійоалюмосилікатних матеріалів як елементів індивідуального бронезахисту було обрано систему $\text{R}_2\text{O} - \text{LiF} - \text{CaF}_2 - \text{RO} - \text{RO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$, де $\text{R}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}, \text{Li}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}$; $\text{RO} - \text{CaO}, \text{MgO}, \text{ZnO}, \text{MnO}$; $\text{RO}_2 - \text{ZrO}_2, \text{TiO}_2, \text{SnO}_2, \text{CeO}_2$; $\text{R}_2\text{O}_3 - \text{Al}_2\text{O}_3, \text{B}_2\text{O}_3$. В дослідній системі було обмежено область та синтезовано склади модельних склокристалічних матеріалів серії СП як основи для одержання захисних сподуменових склокристалічних матеріалів. Слід зазначити, що кристалізація β -евкрипиту у складах літійоалюмосилікатних стекол при термообробці буде негативно позначатися на їх механічних властивостях.

Тому основною кристалічною фазою при одержанні високоміцних склокристалічних матеріалів повинен бути саме β -сподумен.

Для одержання об'ємно закристалізованої структури було обрано традиційні каталізатори кристалізації $\text{TiO}_2, \text{ZrO}_2, \text{SnO}_2$ та фториди з різним механізмом дії. Особливістю складів модельних стекол є наявність P_2O_5 та ZnO , що пояснюється їх здатністю до формування тонкокристалічної взаємозв'язаної структури. Разом з цим наявність P_2O_5 у структурі модельних стекол дозволяє зменшити деформацію зразка та напруг, які виникають при поглинанні енергії удару.

Введення до складу дослідних стекол визначеного вмісту оксидів натрію та калію дозволить суттєво знизити їх температуру варки та термічної

Таблиця 2 – Характеристики закордонних термостійких склокристалічних матеріалів

Експлуатаційні властивості	Термостійкі склокристалічні матеріали			
	ZERODUR K20	ROBAX	CO 115 M	ОТМ-357-У
Щільність ρ , кг/м ³	2,53	2,5	2,46	2,4–2,55
ТКЛР $\alpha \cdot 10^7$, $^\circ\text{C}^{-1}$	$20 - 700$ 20,0	3,0	$0 - 280$ 2,8	$20 - 900$ 17,0
Міцність на згин $\sigma_{\text{згин}}$, МПа	–	–	166,0	137,0
Модуль Юнга E , ГПа	83,0	92,0	90,0	69,0
Коефіцієнт Пуассона μ	0,25	0,2	0,28	0,28
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	1,6	–	1,71	1,6

обробки, а також, поряд з введенням V_2O_5 , дозволить зменшити їх щільність, що є важливою умовою одержання технологічних полегшених склокристалічних матеріалів.

Вибір режимів термічної обробки для даних скломатеріалів базувався на основних принципах проектування ситалів. Одержані склокристалічні матеріали серії СП за скляною технологією в умовах низькотемпературної термічної обробки (I стадія $620\text{ }^\circ\text{C}$ з тривалістю 5 год., II стадія $800\text{--}1150\text{ }^\circ\text{C}$ з тривалістю 5 год.) характеризуються протіканням об'ємної тонкодисперсної кристалізації з вмістом високоміцних кристалічних фаз β -сподумену та його твердих розчинів (табл. 2). Винятком є лише стекла СП-3 та СП-4, які вміщують флюорит та нефелін.

Синтезовані скломатеріали характеризуються значеннями ТКЛР в температурному інтервалі $20\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ $\alpha = (22,4\text{--}74,5) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$ (табл. 3).

Визначальним фактором забезпечення низьких значень ТКЛР модельних стекел поряд з вмістом у їх структурі оксидів цинку, цирконію та бору є

кристалізація алюмосилікатів літію в процесі термічної обробки у кількості $50\text{--}80$ об. % (рис.1).

Для стекел СП-3 та СП-4 зниження вмісту SiO_2 до $37\text{--}40$ мас. % та наявність Na_2O до $9,8\text{--}10,6$ мас. %

позначається на підвищенні значень показнику ТКЛР. Завдяки наявності β -сподумену у структурі стекел СП-1, СП-2 та СП-5, СП-6, СП-7, СП-8 та СП-9 характеризуються $\alpha = (20,78\text{--}27,6) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$.

Враховуючи необхідність одержання захисних невартисних склокристалічних матеріалів як елементів індивідуального бронезахисту вміст оксиду літію повинен бути в межах $6,0\text{--}8,0$ мас. %. Для одержання бездефектного склокристалічного матеріалу з підвищеною стійкістю до термоудару можуть бути обрані як основа скломатеріали з вмістом β -сподумену у кількості $60\text{--}80$ об. % з показниками

$\alpha = (20,78\text{--}25,2) \cdot 10^{-7}$ град $^{-1}$.

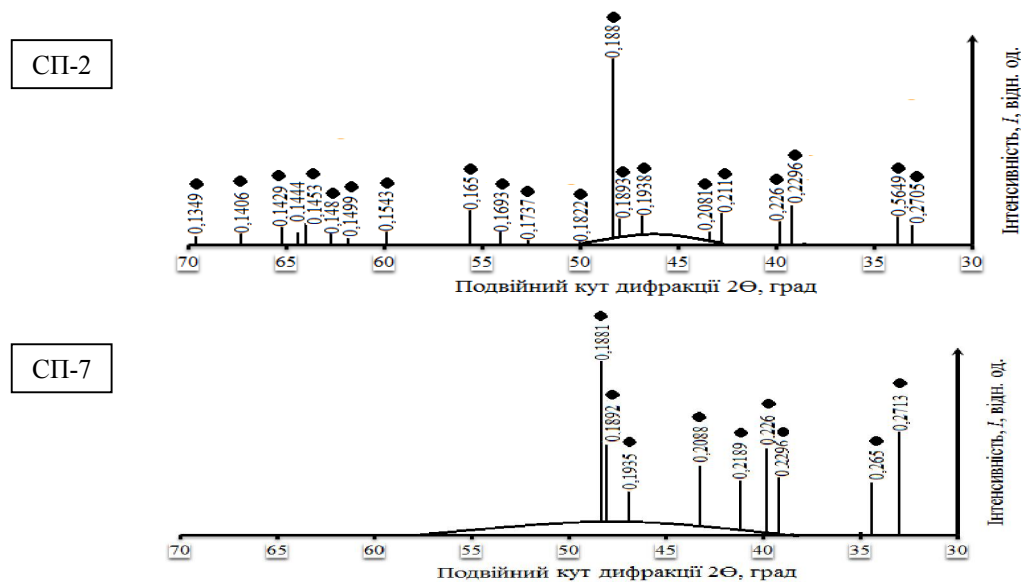


Рисунок 1 – Дифрактограми дослідних скло матеріалі β -LiAlSi $_2$ O $_6$ $Li_{0,6}Al_{0,6}Si_{2,4}O_6$

Таблиця 3 – Значення ТКЛР для дослідних скломатеріалів серії СП

$t_n - t_k$, T $_g$, T $_{дил.}$, $^\circ\text{C}$	Дослідні скломатеріали								
	СП-1	СП-2	СП-3	СП-4	СП-5	СП-6	СП-7	СП-8	СП-9
	Значення коефіцієнта ТКЛР ($\alpha \cdot 10^{-7}$), град $^{-1}$								
20–100	6,59	-13,70	42,69	47,71	11,25	15,6	14,4	9,73	9,73
20–200	24,23	4,35	64,83	62,42	39,2	28,87	23,3	33,5	6,13
20–300	26,5	9,15	71,75	75,94	36,43	32,3	35,02	33,8	40,9
20–400	29,08	17,28	73,13	83,91	31,71	39,06	33,8	29,22	31,86
20–500	22,9	20,6	56,88	74,47	24,2	39,88	35,63	26,23	30,39
20–600	-	22,4	-	-	20,1	27,6	30,7	24,5	20,78

Висновки досліджень і перспективність подальшого розвитку у даному напрямку: 1. Розроблено склокристалічні матеріали, які можуть бути використані як основа при одержанні бронееlementів та досліджено вплив їх кристалізаційної здатності на ТКЛР.

2. Встановлено, що визначальним фактором при визначенні впливу фазового складу на ТКЛР дослідних матеріалів є наявність та вміст β -сподумену.

3. Одержані склокристалічні матеріали в умовах низькотемпературної термічної обробки характеризуються об'ємною тонкодисперсною закристалізованою структурою з вмістом високоміцних кристалічних фаз β -сподумену та його твердих розчинів.

4. Застосування як елементів індивідуального бронезахисту розроблених склокристалічних матеріалів дозволить знизити термоудар, який виникає при зіткненні снаряду з бронематеріалом. Одержані експериментальні дані вказують на перспективність подальших досліджень у напрямку створення захисних склокристалічних матеріалів для індивідуального бронезахисту.

Список літератури: 1. Саркісов, П. Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов [Текст] / П.Д. Саркісов. – М.: РХТУ им. Д.И.Менделеева, 1997. – 218 с. 2. Яцишин, Й. М. Технологія скла: підручник для вищих навчальних закладів [Текст]. В 3 ч. Ч.1. Фізика і хімія скла. / Й. М. Яцишин. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2001. – 188 с. 3. Krause, D. Lov thermal expansion glass ceramic [Text] / Dieter Krause, Hans Bach. – Springer-Verlag Berlin Herdelberg, – 2005. – 248 p. 4. Шелков, Е. М. Многофункциональный керамический строительный материал – керпен [Текст] / Е. М. Шелков, В. С. Бакунов, В. А. Кочетков, А. В. Наденный, Б. С. Черепанов, // Строительные материалы. – 2004. – № 11. – С.10 – 11. 5. Голєус, В. И. Стеклокерамика цельзаноного состава с реакционно формируемой структурой [Текст] / В. И. Голєус, А. В. Носенко, Н. Ю. Ильченко, Е. В. Пономарчук, А. О. Карасик // Вестник НТУ «ХПИ». – 2001. – Вып. №18. – С. 71 – 75. 6. Бережной, А. И. Ситаллы и фотоситаллы [Текст] / А. И. Бережной. – М.: Машиностроение, 1966. – 348 с. 7. Pat. 201 5274581, USA, IPC C03 C10/00. High strength glass-ceramics having lithium disilicate and beta-spodumene structures [Text] /

George Halsey Beall, Qiang Fu, Lisa Anne Moore, Linda Ruth Pinckney, Charlene Marie Smith; Corning Inc. – № 14/474708; appl. 02.09.2014; publ. 01.10.2015. 8. Пат. 33014 А, Україна, МПК В01J 23/76. Катализатор для окислення аміаку [Текст] / Трет'яков О. С.; Челпанов І. П.; Жигайло Б. Д.; Сердюк А. І.; Голєус В. І.; Носенко О. В.; Ильченко Н. Ю.; Науково-виробниче підприємство "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ". – № 98105298; заявл. 07.10.1998; опубл. 15.02.2001. 9. Пат. 2222504 Россия, МПК⁷ С 03 С 10/12, С 04 В 35/19. Способ получения изделий из спеченного стеклокристаллического материала литийалюмосиликатного состава [Текст] / Суздальцев Е. И., Видулин В. В., Русин М. Ю., Харитонов Д. В., Рожкова Т. И., Сулова М. А.; заявитель и патентообладатель Федер. гос. унитар. предприятие «Обнинск. науч.-произв. предприятие «Технология». – № 2002116905/03; заявл. 24.06.2002; опубл. 27.01.2004. – 12 с.

Bibliography (transliterated): 1. Sarkisov, P.D. Napravlenaja kristallizacija stekla – osnova poluchenija mnogofunkcional'nyh steklokristallicheskih materialov [Текст] / P.D. Sarkisov. – М.: RHTU im. D.I.Mendeleeva, 1997. – 218 s. 2. Jashhishyn, J.M. Tehnologija skla: pidruchnyk dlja vyshhyh navchal'nyh zakladiv [Текст]. V 3 ch. Ch.1. Fyzyka i himija skla. / J.M. Jashhishyn. – L'viv: Vydavnyctvo NU «L'viv'ska politehnika», 2001. – 188 s. 3. Krause, D. Lov thermal expansion glass ceramic [Text] / Dieter Krause, Hans Bach. – Springer-Verlag Berlin Herdelberg, – 2005. – 248 p. 4. Shelkov, E. M. Mnogofunkcional'nyj keramicheskij stroitel'nyj material – kerpen [Текст] // E. M. Shelkov, V. S. Bakunov, V. A. Kochetkov, A.V. Naddennyj, B. S. Cherepanov, // Stroitel'nye materialy. – 2004. – № 11. – С.10 – 11. 5. Goleus, V.I. Steklokeramika cel'zianovogo sostava s reakcionno formiruemoj strukturoj [Текст] / V.I. Goleus, A.V. Nosenko, N.Ju. Il'chenko, E.V. Ponomarchuk, A.O. Karasik // Vestnik NTU «HPI». – 2001. – Вып. №18. – С. 71 – 75. 6. Berezhnoj, A.I. Sitally i fotositally [Текст] / A.I. Berezhnoj. – М.: Mashinostroenie, 1966. – 348 s. 7. Pat. 201 5274581, USA, IPC C03 C10/00. High strength glass-ceramics having lithium disilicate and beta-spodumene structures [Text] / George Halsey Beall, Qiang Fu, Lisa Anne Moore, Linda Ruth Pinckney, Charlene Marie Smith; Corning Inc. – № 14/474708; appl. 02.09.2014; publ. 01.10.2015. 8. Пат. 33014 А, Україна, МПК В01J 23/76. Катализатор для окислення аміаку / Трет'яков О. С.; Челпанов І. П.; Жигайло Б. Д.; Сердюк А. І.; Голєус В. І.; Носенко О. В.; Ильченко Н. Ю.; Науково-виробниче підприємство "ТЕПЛОЕНЕРГОМАШ". – № 98105298; заявл. 07.10.1998; опубл. 15.02.2001. 9. Пат. 2222504 Россия, МПК⁷ С 03 С 10/12, С 04 В 35/19. Способ получения изделий из спеченного стеклокристаллического материала литийалюмосиликатного состава [Текст] / Суздальцев Е. И., Видулин В. В., Русин М. Ю., Харитонов Д. В., Рожкова Т. И., Сулова М. А.; заявитель и патентообладатель Федер. гос. унитар. предприятие «Обнинск. науч.-произв. предприятие «Технология». – № 2002116905/03; заявл. 24.06.2002; опубл. 27.01.2004. – 12 с.

Надійшла (received) 25.11.2015

Відомості про авторів

Савцова Оксана Вікторівна – д-р техн. наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доц. каф. технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Savvova Oksana – Doctor of engineering science, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: savvova_oksana@ukr.net

Воронов Геннадій Костянтинович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Voronov Gennadij – Candidate of engineering science, Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: voronov1976@ukr.net

Бабіч Олена Вікторівна – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», асистент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей; тел.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

Babich Olena – Candidate of engineering science, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Assistant the Department of the ceramics, refractories, glass and enamel technology; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: lenysjababich@ukr.net

Гривцова Анастасія Олександрівна – студент; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: (057) 707-68-78; e-mail: anastasiya_grivcova@mail.ru

Gryvtsova Anastasiya – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", student; tel.: (057) 707-68-78; e-mail: anastasiya_grivcova@mail.ru

РЕФЕРАТИ

УДК 697.329

Використання ґрунтових вод для систем теплопостачання на базі теплонасосних установок / І. А. Боднар, А. Є. Денисова, С. І. Бухало // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 3–10. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Одним з основних напрямів вдосконалення систем теплопостачання є тенденція переходу на низькотемпературні системи опалення на основі застосування теплонасосних установок. Запропоновані системи теплопостачання з джерелом тепла ґрунтових вод, які забезпечують ефективне використання теплонасосних установок. Запропоновані їх методики розрахунку. Отримані розрахункові значення глибин свердловин H_0 , необхідні для забезпечення ефективної роботи запропонованих схем, а також значень потужностей електродвигунів $N_{\text{скв}}$ насосів, що перекачують ґрунтову воду до теплонасосної установки. Приведені розрахункові значення електричної енергії N , споживаної приводом компресорів, і коефіцієнта перетворення тепла μ систем теплопостачання з джерелом геотермального тепла ґрунтових вод міста Одеси, що дозволяють оцінити ефективність застосування запропонованих систем на основі застосування теплонасосних установок.

Ключові слова: фреон, теплонасосна установка, глибина свердловини, ґрунтова вода, енергетична ефективність, тепла підлога.

УДК 519.2

Розробка технологічної схеми виробництва нейтралізованих жирів в системі полярних розчинників та переробки соапстоків / П. Ф. Петік, І. П. Петік, З. П. Федякіна, Л. М. Філенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 11–14. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Науково обґрунтовано та розроблено технологію лужної нейтралізації жирів в системі вода-гліцерин-етанол (ВГЕ). Запропоновано і обґрунтовано склад системи ВГЕ, що підвищує ефективність нейтралізації жирів в мильно-лужному середовищі. Знайдено технологічне рішення щодо застосування соапстоків після нейтралізації жирів в системі ВГЕ. Запропоновано технологію і технологічну схему виробництва нейтралізованих жирів в системі ВГЕ та переробки отриманих соапстоків.

Ключові слова: нейтралізація жирів у мильно-лужному середовищі, гліцерин, етанол, соапстоки, рідке мило, ресурсо- та енергозощадження.

УДК 665.1.094.3:541.12

Визначення строку зберігання олій прискореним методом / А. О. Демидова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 15–18. Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Визначення строку зберігання харчових продуктів залишається однією з найбільш актуальних задач для харчової промисловості. Особливо це стосується розробки прискорених методів дослідження, зокрема для жировмісних продуктів, як одних з найбільш швидкопсувних. У даній статті наведена методологія визначення строку зберігання рослинної олії за розробленим методом, який при його швидкому виконанні при підвищених температурах дає прогнози щодо строку зберігання олії при будь-яких температурах зберігання.

Ключові слова: лляна олія, окиснення, строк зберігання, період індукції, швидкість окиснення.

УДК 664.346

Удосконалення технології низькокалорійних майонезів / В. О. Бахмач, Т. Т. Носенко, Т. О. Березка // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 19–22. Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Приведено результати досліджень удосконалення технології низькокалорійних майонезів з використанням стабілізатора на основі стабілізаційної системи «Стабілекс» та рослинних білкових продуктів. Встановлено технологічні режими процесу для майонезів з вмістом жиру 35 % – співвідношення рецептурних компонентів, температурні режими, умови емульгування та гомогенізації. Отримано результати дослідження показників якості дослідних зразків. Застосування стабілізатора на основі суміші гідроколідів «Стабілекс» разом з рослинними білковими продуктами дозволяє отримати майонези з заданими високими показниками якості. Комбінування рецептурного складу з залученням комп'ютерних програм дозволяє розширити асортимент майонезів та соусів на основі високоякісної сировини.

Ключові слова: майонез, емульсія, стабілізатор, білкові продукти, властивості, якість.

УДК 665.584.2

Жирова основа для крем-мила з лікувально-профілактичними властивостями / Л. В. Кричковська, В. С. Марченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 23–26. Бібліогр.: 17 назв. – ISSN 2220-4784.

В статті вивчалась проблема недостатності біологічно активних речовин в ліпідному складі епідермісу сухої шкіри. Проведено аналіз підвищення біологічної цінності олій за рахунок їх купажування. Науково обґрунтовано та розроблено склад купажованої олії – жирової основи, що представляє собою олію підвищеної біологічної цінності, збалансовану за складом ПНЖК ω -3 та ω -6 груп, для крему-мила з лікувально-профілактичними властивостями.

Ключові слова: крем-моло, купажовані олії, поліненасичені жирні кислоти, лікувально-профілактичні властивості косметичних засобів, окиснення, антиоксиданти.

УДК 004.4

Перспективи впровадження вільних операційних систем у освітній процес в умовах зниження рівня фінансування системи вищої освіти України / Є. В. Краснокутський // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 27–29. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2220-4784.

У статті розглянуто стан фінансування системи вищої освіти України. Визначено внутрішні ресурси вищих навчальних закладів для проведення модернізації учбових лабораторних комп'ютерних технологій: парку обчислювальної техніки та програмного забезпечення, пов'язані з переходом на використання у учбовому процесі вільного програмного забезпечення. Проаналізовані переваги та вади пропонованого підходу. Сформовано висновки щодо економічної доцільності запропонованого у даній публікації підходу.

Ключові слова: вільне програмне забезпечення, ліцензії, системні вимоги, GNU/Linux, Windows.

УДК 664.36

Способи одержання індивідуальних поліненасичених жирних кислот / Т. В. Матвеева // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 30–33. Бібліогр.: 24 назв. – ISSN 2220-4784.

Поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) надзвичайно важливі для здоров'я людини. Організм людини не в змозі самостійно виробляти ці кислоти. Вони потрапляють до організму з їжею. Однак не завжди можна відкоригувати нестачу ПНЖК в організмі людини збалансованими харчовими продуктами. В статті здійснено аналіз науково-технічної інформації, щодо технологій одержання індивідуальних ПНЖК, зокрема арахідонової (АК), ейкозапентасенової, γ -ліноленової, лінолевої та інших з доступної вітчизняної сировини з метою подальшого їх використання у харчовій, косметичній, фармацевтичній та хімічній галузях.

Ключові слова: поліненасичені жирні кислоти, «незамінні» жирні кислоти, *Mortierella alpina*, арахідонова кислота, технологія, гідроліз, біоконверсія, трансформація.

УДК 547.53

Екстракція даних для пінч-аналізу процесів стабілізації та поділу гідродеалкілату на установці виробництва бензолу / Л. М. Ульєв, М. В. Львченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – С. 34–37. – Бібліогр.: 8 назви. – ISSN 2220-4784.

Робота присвячена дослідженню та обробці результатів обстеження установки виробництва бензолу. Визначені передумови для мінімізації використання зовнішніх енергоносіїв за рахунок максимізації рекуперації теплоти в рамках розглянутої енерготехнологічної системи. В статті наводиться короткий опис процесу стабілізації та поділу гідродеалкілату. На базі розгляду технологічної схеми виробництва наведено аналіз даних енергоспоживання та визначено перспективи для пінч-інтеграції установки. З метою впровадження теплової інтеграції з теплообмінної мережі було виділено необхідну кількість технологічних потоків, які прийматимуть участь у теплообміні. Складено таблицю потових даних та наведено основні характеристики кожного потоку. Для існуючого процесу побудовано сіткову діаграму, за якою визначено потужність рекуперації установки.

Ключові слова: пінч-аналіз, теплообмін, потокова таблиця, сіткова діаграма, утиліти, рекуперація тепла.

УДК 665.3

Застосування карбонатів лужних металів як нейтралізуючого агенту при нейтралізації жирів / С. М. Мольченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 38–42. Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2220-4784.

Наведено результати дослідження процесу нейтралізації соняшникової олії водно-спиртовими розчинами карбонатів лужних металів. Встановлено раціональні технологічні параметри процесу нейтралізації, які дозволяють прогнозувати технологічний процес нейтралізації жирів, а саме: температура, концентрація нейтралізуючого агенту, час протікання реакції нейтралізації, інтенсивність перемішування. Показано, що використання водно-етанольних розчинів карбонатів лужних металів як реагентів для нейтралізації олій та жирів дозволяє знизити відходи нейтрального жиру у соапсток.

Ключові слова: жири, нейтралізація, карбонат натрію і калію, водно-спиртовий розчин.

УДК 004.4

Впровадження вільного програмного забезпечення у навчальний процес як внутрішній ресурс вищих навчальних закладів для оновлення парку обчислювальної техніки студентських комп'ютерних лабораторій / Є. В. Краснокутський // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 43–46. – Бібліогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

У статті розглянуто питання ліцензування програмного забезпечення, що використовується у навчальному процесі. Показані економічні ресурси, що вивільняються у випадку використання у навчальному процесі вільного програмного забезпечення. Показані переваги та вади впровадження вільного програмного забезпечення.

Ключові слова: вільне програмне забезпечення, ліцензія, системні вимоги, GNU/Linux, Windows.

УДК 674.8

Дослідження зв'язку між структурою деревини та кінетикою процесу її сушки / В. Є. Ведь, А. М. Миронов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – С. 47–51. – Бібліогр.: 3 назви. – ISSN 2220-4784.

В роботі вивчається вплив структури деревинної сировини на механізм протікання процесів її сушіння. У даній статті досліджено мікроскопічну будову деревини та визначено пористість матеріалу. Кінетика сушки розглядається на прикладі п'яти різних порід дерев – чотирьох листяних та однієї хвойної. Проведено досліді щодо випаровування води з пласкої поверхні та за допомогою встановлення термодинамічної межі прогріву піддослідного матеріалу. Досліджено процес випаровування вологи для трьох груп зразків різних порід, обчислена швидкість протікання сушки, а також визначені основні фактори, що впливають на перебіг процесу. З'ясовано удаваний порядок реакції, яка відбувається під час сушіння. На підставі вищевикладеного робиться висновок щодо необхідності у диференціації методик сушіння початкової сировини у залежності від її типу.

Ключові слова: деревина, сушка, порода, структура, волога, реакція, температура, піроліз, швидкість процесу.

УДК 665.36

Використання методу перколяційної екстракції для вилучення ліпідів із вторинних продуктів масложировий промисловості / Ю. Е. Омелченко, І. М. Демидов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 52–55. Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Воскоподібне речовини є цінним продуктом і сировиною для багатьох галузей промисловості. Існуючі способи отримання восків мають ряд недоліків, таких як значні енергетичні витрати, велика витрата розчинника або утворення додаткових відходів. У статті представлені результати досліджень виділення ліпідів з відпрацьованого фільтруючого порошку (зажірнені перліт) з подальшим виділенням воскоподібних речовин методом перколяційної екстракції.

Ключові слова: воскоподібне речовини, фільтруючий порошок, екстракція, сивушне масло.

УДК: 664, 667

Розробка технології одержання хлорофілу і продуктів на його основі / Е. О. Панакіна, С. О. Петров, Л. В. Кричківська // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 56–60. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

У статті запропонована технологія отримання продуктів на основі хлорофілу з економічно вигідної сировини вищої водної рослини *Rotamogeton perfoliatus*. Описується актуальність екологічної проблеми, пов'язаної із заростанням, замуленням і заболочуванням річок. Обґрунтовується економічна вигода виробництва БАДів, що являють собою желатинові капсули, наповнені порошком хлорофілу і висушеної водорості. Представлена методика виділення хлорофілу, на основі якої запропонована технологічна схема одержання продуктів, що містять хлорофіл. З метою створення маловідходного виробництва запропоновано випуск супутнього продукту – добавки до корму жуйних тварин, що представляє собою гранули з висушеної перемеленої макухи, багатой на клітковину.

Ключові слова: хлорофіл, барвник, БАД, водорість рдест, екстракція, технологія отримання

УДК: 577.352.336: 613.165: 621.373.8

Технологія отримання деяких формазанів, похідних нафталевої кислоти / Т. В. Фалалєва, В. Б. Дістанов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 61–64. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

В даній статті розглянуті питання технологія отримання формазанів, похідних нафталевої кислоти. Синтез формазанів, які випромінюють світло, дозволить розширити їх області використання, наприклад, як фотохромних і термохромних матеріалів, а також може привести до отримання стабільних вільних радикалів, що мають люмінесценцію з новими можливостями. Наведена методика синтезу

формазанів, що мають у своїй структурі фрагмент з розвинутою хромофорною системою. В даній роботі описано синтез формазанів з похідними на фталевого ангідриду. Розглянуті деякі технологічні рішення отримання формазанів, похідних нафталевої кислоти.

Ключові слова: формазани, нафталева кислота, люмінесценція, технологія отримання, стабільні радикали, принципова схема.

УДК 547.97:665

Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників / В. Ю. Папченко, Л. М. Кузнецова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 65–68. Бібліогр.: 22 назв. – ISSN 2220-4784.

Серед речовин, що визначають зовнішній вигляд харчових продуктів, одне з найважливіших місць належить барвникам. Сучасний ринок здатний надати споживачеві досить широкий асортимент барвників для харчової промисловості, але найчастіше це синтетичні барвники. Заміною синтетичним барвникам у харчовій промисловості можуть стати натуральні, що є сумішшю каротиноїдів, флаванолігнів, хлорофілла та інших натуральних компонентів рослин, що містять пігменти. В статті проведено узагальнення науково-технічної інформації щодо способів одержання натуральних харчових барвників – антоціанів і бетаціанінів з рослинної сировини з метою їх подальшого використання у харчовій, хіміко-фармацевтичній і парфумерно-косметичній промисловостях.

Ключові слова: натуральний барвник, синтетичний барвник, розчинник, антоціани, бетаціаніни.

УДК 547.53

Вибір науково-обґрунтованих методів для ефективного використання альтернативних джерел енергії / С. І. Бухало, О. І. Ольховська // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 69–74. Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2220-4784.

У роботі розглянуті можливості розробки науково-обґрунтованої концепції інтегрованих процесів комплексних підприємств енергетичного міксу з можливістю утилізації полімерних відходів як частини твердих побутових відходів. При проведенні комплексного міжвузівського інноваційного проектування студенти отримують додаткові глибокі знання з основних курсів навчання та навички проведення самостійної наукової роботи. Основна мета розробки – вибір екологічно безпечних енергоефективних і ресурсозберігаючих способів виробництва полімерної продукції нового асортименту з вторинної полімерної сировини, проектування ефективного обладнання для реалізації її випуску. При цьому вказані можливі напрямки утилізації полімерних відходів, які не підлягають повторній переробці.

Ключові слова: екологічна безпека, альтернативна енергетика, комплексні проекти, полімерні відходи, критерії оцінки, науково обґрунтовані процеси.

УДК 004.4

Експериментальні методи моделювання процесу коагуляції в статичному коагуляторі / С. І. Бухало, В. М. Соловей // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 75–78. Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Проведено перший етап експерименту з метою вибору методів моделювання процесів коагуляції в статичному коагуляторі. Показано, що розрахунок і проектування технологічної схеми коагуляції на базі статичних флокуляторів вимагають попереднього експериментального визначення параметрів коагуляції даної дисперсної системи в модельному апараті з мішалкою. Визначено конструкційні параметри, гідродинамічні характеристики і споживана потужність моделі, що дозволяє відтворити режим роботи виробничого флокулятора і зробити необхідні висновки.

Ключові слова: насосний ефект, гратчастий турбулатор, коагуляційний змішувач, камера хлоп'яєутворення, середньоквадратичний градієнт швидкості.

УДК 519.2

Визначення вмісту аскорбінової кислоти методом гальваностатичної кулонометрії в водних розчинах гідроколоїдів / В. В. Євлаш, З. В. Железняк, С. М. Губський, О. Ф. Аксьонова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 79–84. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2220-4784.

Запропоновано та обґрунтовано використання методу гальваностатичної кулонометрії для оцінки вмісту аскорбінової кислоти в водних розчинах гідроколоїдів. Описано послідовність операцій в процедурі пробопідготовки зразків для вимірювання АК, яка є підґрунтям кількісного визначення аскорбінової кислоти на фоні решти харчової матриці.

Ключові слова: аскорбінова кислота, желатин, гальваностатична кулонометрія.

УДК 666.9-16

Розробка захисних склокристалічних матеріалів на основі лігійалюмосилікатних стекел / О. В. Савцова, Г. К. Воронов, О. В. Бабіч, А. О. Гривцова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 85–88. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Проаналізовано основні напрямки розробок захисних склокристалічних матеріалів та встановлено перспективність їх застосування як елементів індивідуального бронезахисту. Розроблено модельні лігійалюмосилікатні стекла та синтезовано склокристалічні матеріали на їх основі. Встановлено, що визначальним фактором при визначенні впливу фазового складу на температурний коефіцієнт лінійного розширення дослідних матеріалів є наявність та вміст β -сподумену у їх складі. Застосування як елементів індивідуального бронезахисту розроблених склокристалічних матеріалів дозволить знизити термоудар, який виникає при зіткненні снаряду з бронематеріалом.

Ключові слова: захисні склокристалічні матеріали, β -сподумен, температурний коефіцієнт лінійного розширення, елементи індивідуального бронезахисту.

УДК 666.293

Аналіз напрямків розробки біоактивних композиційних покриттів по титану для дентальної імплантології / О. В. Савцова, О. І. Фесенко, Є. В. Бабіч // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 89–93. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Розглянуто основні види існуючих матеріалів для дентальних імплантатів та визначено актуальні напрямки розробок інноваційних матеріалів для зубопротезування. Встановлено перспективність використання композиційних матеріалів для заміни втрачених зубів з експлуатаційними властивостями наближеними до природної кістки. На основі діючих стандартів сформульовані вимоги до склокристалічних покриттів по титану для дентальної імплантології, обрано систему і складу модельних стекел та розраховано основні їх структурні показники. Визначено, що використання склокристалічних покриттів по титану як біоактивної складової при одержанні дентальних імплантатів дозволить скоротити термін зрощування та підвищити механічні властивості системи «імплантат–кістка».

Ключові слова: дентальна імплантологія, імплантат, композиційні матеріали, склокристалічні покриття по титану, гідроксиапатит.

УДК 666.21

Розробка складових матових склоемалевих покриттів для безгрунтового емалювання / О. В. Шалигіна, Г. К. Воронов, О. П. Одинцова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 94–98. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Пропонуються методи одержання одношарових склоемалевих покриттів з матовою поверхнею. Розглянуті сучасні тенденції розвитку емалювальної галузі та існуючі енергоресурсозберігаючі технології. Описані особливості та шляхи отримання матових склоемалевих покриттів для безгрунтового емалювання. Наведена класифікація ступенів блиску покриттів.

Ключові слова: матовість, склоемалеве покриття, склоемалева фрита, тонкодисперсний порошок, кристалізація, блиск, одношарове емалювання, порошкова електростатична технологія.

УДК 378.018.43.02:004

Технологічні та методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти / А. О. Агейчева // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 98–101. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784

Стаття присвячена дослідженню складових дистанційного навчання та технологічним і методичним аспектам реформування дистанційного навчання у системі вищої освіти. У дослідженні виділено тенденції реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти. Розкриті технологічні та методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти, зокрема: застосування інформаційно-комунікаційних технологій, захист інтелектуальної власності, створення електронних курсів, розробка дидактичних основ дистанційного навчання, підготовка педагогів-координаторів. Визначено напрями реалізації стратегії розвитку дистанційного навчання: розробка теоретичних моделей діагностики та моніторингу якості освіти; розробка системи критеріїв та засобів діагностики та моніторингу якості освіти; розробка організаційно-управлінських моделей і технологій управління якістю освіти.

Ключові слова: система вищої освіти, дистанційне навчання, тенденції реформування, зміст освіти.

УДК 664.653.122.; 664.653.124.

Визначення умов комплексного підходу в аналізі якості хлібопекарної продукції / В. П. Янаков, Л. Н. Антропова, О. Lange // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 102–106. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Вирішення проблем хлібопекарного виробництва дає змогу реалізації високого технічного рівня і підвищення рентабельності хлібопекарної продукції (ХП). Запропоноване вирішення покращення якості хлібопекарної продукції і вдосконалення технології виробництва даного виду харчової продукції засновано на комплексному аналізі, корегуванні й експериментальної апробації запропонованих нововведень. Для дослідження трьохфакторного простору зміни якісних показників хлібопекарної продукції був застосований графічний метод досліджень. За границі змін показників були прийняті границі статистичної зміни в рамках досліджуваної рецептури.

Ключові слова: аналіз, якість, продукція, технологія, заміс тіста, рецептура.

УДК 697.244.697.328

Комплексні дослідження рециркуляції за допомогою ерліфтного ефекту в апаратах зануреного згорання / В. Є. Нікольский, А. В. Лободенко, І. Л. Решетняк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 108–111. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784.

Ефективність використання палива в теплоенергетичному господарстві України при його споживанні і виробництві промислового продукту поступає відповідному показнику розвинених країн. Це значно знижує конкурентоспроможність вітчизняної продукції. Одним із способів підвищення енергоефективності теплоиспользования в промисловості і комунальному господарстві – застосування апаратів зануреного згорання (АЗЗ) у роботі на запропонованій фізичній моделі робочого процесу АЗЗ виконано комплекс досліджень по рециркуляції (як ефективного способу інтенсифікації тепломасопереносу) за допомогою ерліфтного ефекту. Виявлено механізм ерліфтного ефекту і вплив на нього пульсуючого протитиску рідини у ванні ізотопленної камери згорання.

Ключові слова: рециркуляція, ерліфт, апарати зануреного згорання, тепломасоперенос, інтенсифікація, енергоефективність.

РЕФЕРАТЫ

УДК 697.329

Использование грунтовых вод для систем теплоснабжения на базе теплонасосных установок / И. А. Боднар, А. Е. Денисова, С. И. Бухало // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 3–10. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Одним из основных направлений совершенствования систем теплоснабжения является тенденция перехода на низкотемпературные системы отопления на основе применения теплонасосных установок. Предложены системы теплоснабжения с источником тепла грунтовых вод, которые обеспечивают эффективное использование теплонасосных установок. Предложены их методики расчета. Получены расчетные значения глубин скважин H_0 , необходимые для обеспечения эффективной работы предложенных схем, а также значений мощностей электродвигателей $N_{св}$ насосов, перекачивающих грунтовую воду к теплонасосной установке. Приведены расчетные значения электрической энергии N , потребляемой приводом компрессоров, и коэффициента преобразования тепла μ систем теплоснабжения с источником геотермального тепла грунтовых вод города Одессы, позволяющих оценить эффективность применения предложенных систем на основе применения теплонасосных установок.

Ключевые слова: фреон, теплонасосная установка, глубина скважины, грунтовая вода, энергетическая эффективность, теплый пол.

УДК 519.2

Разработка технологической схемы производства нейтрализованных жиров в системе полярных растворителей и переработки соапстоков / П. Ф. Петик, И. П. Петик, З. П. Федякина, Л. М. Филенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 11–14. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Научно обоснована и разработана технология щелочной нейтрализации жиров в системе вода-глицерин-этанол (ВГЭ). Предложен и обоснован состав системы ВГЭ, что повышает эффективность нейтрализации жиров в мыльно-щелочной среде. Найдено технологическое решение по применению соапсток после нейтрализации жиров в системе ВГЭ. Предложена технологическая схема производства нейтрализованных жиров в системе ВГЭ и переработки полученных соапстоков.

Ключевые слова: нейтрализация жиров в мыльно-щелочной среде, глицерин, этанол, соапсток, жидкое мыло, ресурсо- и энергосбережение.

УДК 665.1.094.3:541.12

Определение срока хранения растительных масел ускоренным методом / А. А. Демидова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 15–18. Библиограф.: 6 назв. - ISSN 2220-4784

Определение срока хранения пищевых продуктов остается одной из наиболее актуальных задач пищевой промышленности. Особенно это касается разработки ускоренных методов исследований, в том числе для жиросодержащих продуктов как одних из наиболее скоропортящихся. В данной статье приведена методология определения срока хранения растительного масла по разработанному методу, который, при его выполнении при повышенных температурах, дает прогнозы относительно срока хранения масла при любых температурах хранения.

Ключевые слова: льняное масло, окисление, срок хранения, период индукции, скорость окисления.

УДК 664.346

Усовершенствование технологии низкокалорийных майонезов / В. А. Бахмач, Т. Т. Носенко, Т. А. Березка // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 19-22. Библиограф.: 10 назв. - ISSN 2220-4784

Приведены результаты исследований усовершенствования технологии низкокалорийных майонезов с использованием стабилизатора на основе стабилизационной системы «Стабилекс» и растительных белковых продуктов. Установлено технологические режимы процесса для майонезов жирностью 35% - соотношение рецептурных компонентов, температурные режимы, условия эмульгирования и гомогенизации. Получены результаты исследования показателей качества опытных образцов. Применение стабилизатора на основе смеси гидроколлоидов «Стабилекс» вместе с растительными белковыми продуктами позволяет получить майонезы с заданными высокими показателями качества. Комбинирование рецептурного состава с привлечением компьютерных программ позволяет расширить ассортимент майонезов и соусов на основе высококачественного сырья.

Ключевые слова: майонез, эмульсия, стабилизатор, белковые продукты, свойства, качество.

УДК 665.584.2

Жировая основа для крем-мыла с лечебно-профилактическими свойствами / Л. В. Кричкова, В. С. Марченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 23–26. Библиограф.: 17 назв. - ISSN 2220-4784

В статье изучалась проблема недостаточности биологически активных веществ в жировом составе эпидермиса сухой кожи. Проведен анализ повышения биологической ценности масел за счет их купажирования. Научно обоснован и разработан состав купажированного масла - жировой основы, которая представляет собой масло повышенной биологической ценности, сбалансированное по составу ПНЖК ω -3 и ω -6 групп, для крема-мыла с лечебно-профилактическими свойствами.

Ключевые слова: крем-мыло, купажированные масла, полиненасыщенные жирные кислоты, лечебно-профилактические свойства косметических средств, окисление, антиоксиданты.

УДК 004.4

Перспективы внедрения свободных операционных систем в образовательный процесс в условиях снижения уровня финансирования системы высшего образования Украины / Е. В. Краснокутский // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 27–29. – Библиогр.: 16 назв. – ISSN 2220-4784.

В статье рассмотрено состояние финансирования системы высшего образования Украины. Определены внутренние ресурсы ВУЗов для проведения модернизации учебных лабораторий компьютерных технологий: парка вычислительной техники и программного обеспечения, связанные с переходом на использование в учебном процессе свободного программного обеспечения. Проанализированы преимущества и недостатки предлагаемого подхода. Сделаны выводы относительно экономической целесообразности предлагаемого в настоящей публикации подхода.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

УДК 664.36

Способы получения индивидуальных полиненасыщенных жирных кислот / Т. В. Матвеева // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 30–33. Библиогр.: 24 назв. – ISSN 2220-4784.

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) чрезвычайно важны для здоровья человека. Организм человека не в состоянии самостоятельно вырабатывать эти кислоты. Они попадают в организм с пищей. Однако не всегда можно откорректировать недостаток ПНЖК в организме человека сбалансированными продуктами питания. В статье представлен анализ научно-технической информации, касающийся технологий получения индивидуальных ПНЖК, в частности арахидоновой (АК), эйкозапентаеновой, γ -линоленовой, линолевой и других кислот с доступного отечественного сырья с целью дальнейшего их использования в пищевой, косметической, фармацевтической и химической отраслях.

Ключевые слова: полиненасыщенные жирные кислоты, «незаменимые» жирные кислоты, *Mortierella alpina*, арахидоновая кислота, технология, гидролиз, биооконверсия, трансформация.

УДК 547.53

Экстракция данных для пинч-анализа процессов стабилизации и разделения гидродеалкилата на установке производства бензола / Л. М. Ульев, М. В. Ильченко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХП», – 2015. – № 44 (1153). – С. 34–37. – Библиогр.: 8 назв. – ISSN 2220-4784.

Работа посвящена исследованию и обработке результатов обследования установки производства бензола. Определены предпосылки для минимизации использования внешних энергоресурсов за счёт максимизации рекуперации теплоты в рамках рассматриваемой энерготехнологической системы. В статье приводится краткое описание процесса стабилизации и разделения гидродеалкилата. На основании рассмотрения технологической схемы производства приведён анализ данных энергопотребления и определены перспективы для пинч-интеграции установки. С целью внедрения тепловой интеграции из теплообменной сети было выделено необходимое количество технологических потоков, которые примут участие в теплообмене. Составлена таблица потовых данных и приведены основные характеристики каждого потока. Для существующего процесса построена сеточная диаграмма, по которой определена мощность рекуперации установки.

Ключевые слова: пинч-анализ, теплообмен, потоковая таблица, сеточная диаграмма, утилиты, рекуперация тепла.

УДК 665.3

Применение карбонатов щелочных металлов в качестве нейтрализующего агента при нейтрализации жиров / С. Н. Мольченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 38–42. – Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2220-4784.

Приведены результаты исследования процесса нейтрализации подсолнечного масла водно-спиртовыми растворами карбонатов щелочных металлов. Установлены рациональные технологические параметры процесса нейтрализации, которые позволяют прогнозировать технологический процесс нейтрализации жиров, а именно: температура, концентрация нейтрализующего агента, время протекания реакции нейтрализации, интенсивность перемешивания. Показано, что использование водно-этанольных растворов карбонатов щелочных металлов в качестве нейтрализующих агентов при нейтрализации масел и жиров позволяет снизить отходы нейтрального жира в soapсток.

Ключевые слова: жиры, нейтрализация, карбонат натрия и калия, водно-спиртовой раствор.

УДК 004.4

Внедрение свободного программного обеспечения в учебный процесс как внутренний ресурс высших учебных заведений для обновления парка вычислительной техники студенческих компьютерных лабораторий / Е. В. Краснокутский // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 43–46. – Бібліогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

В статье рассмотрен вопрос лицензирования программного обеспечения, используемого в учебном процессе. Показаны экономические ресурсы, высвобождаемые в случае использования в учебном процессе свободного программного обеспечения. Показаны преимущества и недостатки внедрения свободного программного обеспечения.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, лицензия, системные требования, GNU/Linux, Windows.

УДК 674.8

Исследование связи между структурой древесины и кинетикой процесса её сушки / В. Е. Ведь, А. Н. Миронов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 44 (1153). – С. 47–51. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2220-4784.

В работе изучается влияние структуры древесного сырья на механизм протекания процессов его сушки. В данной статье исследовано микроскопическое строение древесины и определено пористость материала. Кинетика сушки рассматривается на примере пяти разных пород деревьев – четырёх лиственных и одной хвойной. Проведено опыты по испарению воды с плоской поверхности, а также при помощи установки термопар оценено границы прогрева подопытного материала. Исследовано процесс испарения влаги для трёх групп образцов разных пород, рассчитана скорость протекания сушки, а также определены основные факторы, влияющие на протекания процесса. Выяснен кажущийся порядок реакции, которая происходит во время сушки. На основе вышеизложенного делается заключение о необходимости дифференциации методик сушки исходного сырья в зависимости от его типа.

Ключевые слова: древесина, сушка, порода, структура, влага, реакция, температура, пиролиз, скорость процесса.

УДК 665.36

Использование метода перколяционной экстракции для извлечения липидов из вторичных продуктов масложировой промышленности / Ю. Е. Омельченко, И. Н. Демидов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 52–55. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Воскоподобные вещества являются ценным продуктом и сырьем для многих отраслей промышленности. Существующие способы получения восков имеют ряд недостатков, таких как значительные энергетические затраты, большой расход растворителя или образование дополнительных отходов. В статье представлены результаты исследований выделения липидов из отработанного фильтрующего порошка (зажиренный перлит) с последующим выделением воскоподобных веществ методом перколяционной экстракции.

Ключевые слова: воскоподобные вещества, фильтрующий порошок, экстракция, сивушное масло.

УДК 664.667

Разработка технологии получения хлорофилла и продуктов на его основе / Е. А. Папакина, С. А. Петров, Л. В. Кричовская // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 56–60. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

В статье предложена технология получения продуктов на основе хлорофилла из экономически выгодного сырья высшего водного растения *Rotatogeton perfoliatus*. Описывается актуальность экологической проблемы связанной с зарастанием, заиливанием и заболачиванием рек. Обосновывается экономическая выгода производства БАДов, которые представляют собой желатиновые капсулы, наполненные порошком хлорофилла и высушенной водоросли. Представлена методика выделения хлорофилла, на основе которой предложена технологическая схема получения хлорофилл содержащих продуктов. С целью создания малоотходного производства предложен выпуск сопутствующего продукта – добавки к корму жвачных животных, представляющий собой гранулы из перемолотого высушенного жмыха, богатого на клетчатку.

Ключевые слова: хлорофилл, краситель, БАД, водоросль рдест, экстракция, технология получения.

УДК: 577.352.336: 613.165: 621.373.8

Технология получения некоторых формазанов, производных нафталевой кислоты / Т. В. Фалалева, В. Б. Дистанов // Вестник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 44 (1153). Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 44 (1153). – С. 61–64. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0821.

В данной статье рассмотрены вопросы технологии получения формазанов, производных нафталевой кислоты. Синтез формазанов, которые излучают свет, позволит расширить их области применения, например, как фотохромных и термохромных материалов, а также может дать возможность получения люминесцирующих стабильных свободных радикалов, с новыми свойствами. Приведена методика синтеза формазанов, которые содержат в своей структуре фрагмент с разветвленной хромофорной системой. В данной работе описан синтез формазанов с замещенными нафталевого ангидрида. Рассмотрены некоторые технологические решения получения формазанов, производных нафталевой кислоты.

Ключевые слова: формазаны, нафталевая кислота, люминесценция, технология получения, стабильны радикалы, принципиальная схема.

УДК 547.97:665

Обобщение научных основ получения пищевых красителей / В. Ю. Папченко, Л. Н. Кузнецова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ». 2015. – № 44 (1153). С. 65–68. – Бібліогр.: 22 назв. – ISSN 2220-4784.

Среди веществ, определяющих внешний вид пищевых продуктов, одно из важнейших мест принадлежит красителям. Современный рынок способен предоставить потребителю достаточно широкий ассортимент красителей для пищевой промышленности, но чаще всего это

синтетические красители. Заменой синтетическим красителям в пищевой промышленности могут стать натуральные, представляющие собой смесь каротиноидов, флавоноидов, хлорофилл и других натуральных компонентов растений, содержащих пигменты. В статье проведено обобщение научно-технической информации о способах получения натуральных пищевых красителей – антоцианов и бетацианинов из растительного сырья с целью их дальнейшего использования в пищевой, химико-фармацевтической и парфюмерно-косметической промышленности

Ключевые слова: натуральный краситель, синтетический краситель, растворитель, антоцианы, бетацианины.

УДК 547.53

Выбор научно-обоснованных методов для эффективного использования альтернативных источников энергии / С. И. Бухало, О. И. Ольховская // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 69–74. Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2220-4784.

В работе рассмотрены возможности разработки научно-обоснованной концепции интегрированных процессов комплексных предприятий энергетического микса утилизации полимерных отходов как части твердых бытовых отходов. При проведении комплексного межвузовского инновационного проектирования студенты получают дополнительные глубокие знания по основным курсам обучения и навыки проведения самостоятельной научной работы. Основная цель разработки – выбор экологически безопасных энергоэффективных и ресурсосберегающих способов производства полимерной продукции нового ассортимента из вторичного полимерного сырья, проектирование эффективного оборудования для реализации ее выпуска. При этом указаны возможные направления утилизации полимерных отходов не подлежащих повторной переработке.

Ключевые слова: экологическая безопасность, альтернативная энергетика, комплексные проекты, полимерные отходы, критерии оценки, научно обоснованные процессы

УДК 004.4

Экспериментальные методы моделирования процесса коагуляции в статическом коагуляторе / С. И. Бухало, В. Н. Соловей // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 75–78. Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Проведен первый этап эксперимента с целью выбора методов моделирования процессов коагуляции в статическом коагуляторе. Показано, что расчет и проектирование технологической схемы коагуляции на базе статических флокуляторов требуют предварительного экспериментального определения параметров коагуляции данной дисперсной системы в модельном аппарате с мешалкой. Определены конструкционные параметры, гидродинамические характеристики и потребляемая мощность модели, что позволяет воспроизвести режим работы производственного флокулятора и сделать необходимые выводы.

Ключевые слова: насосный эффект, решетчатый турбулизатор, коагуляционный смеситель, камера хлопьеобразования, среднеквадратичный градиент скорости

УДК 519.2

Определение содержания аскорбиновой кислоты методом гальваностатической кулонометрии в водных растворах желатин / В. В. Евлаш, З. В. Железняк, С. М. Губский, Е. Ф. Аксенова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 44 (1153). – С. 79–84. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2220-4784.

Предложено и обосновано использование метода гальваностатической кулонометрии для оценки содержания аскорбиновой кислоты в водных растворах гидроколлоидов. Описана последовательность операций в процедуре пробоподготовки образцов для измерения АК, на которой основывается количественное определение аскорбиновой кислоты на фоне остальной пищевой матрицы.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, желатин, гальваностатическая кулонометрия

УДК 666.9-16

Разработка защитных стеклокристаллических материалов на основе литийалюмосиликатных стекол / О. В. Савова, Г.К. Воронов, Е. В. Бабич, А. О. Грицова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 85–88. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784

Разработаны модельные стекла на основе литийалюмосиликатных стекол и синтезированы стеклокристаллические материалы на их основе. Проанализировано, что определяющим фактором при определении влияния фазового состава на тклр исследуемых материалов является наличие и содержание β-сподумена в их составе. Установлена перспективность использования исследуемых материалов как основы при получении элементов индивидуальной бронезащиты.

Ключевые слова: защитные стеклокристаллические материалы, β-сподумен, температурный коэффициент линейного расширения, элементы индивидуальной бронезащиты

УДК 666.293

Анализ направлений разработки биоактивных композиционных покрытий по титану для дентальной имплантологии / О. В. Савова, А. И. Фесенко, Е. В. Бабич // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження в наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 89–93. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784

Рассмотрены основные виды существующих материалов для дентальных имплантатов и определены актуальные направления разработок инновационных материалов для зубопротезирования. Установлено перспективность использования композиционных материалов для замены утерянных зубов с эксплуатационными свойствами приближенными к природной кости. На основании действующих стандартов сформулированы требования к стеклокристаллическим покрытиям по титану для дентальной имплантологии, выбрано систему и составы модельных стёкол, а также рассчитано основные их структурные показатели. Определено, что использование стеклокристаллических покрытий по титану как биоактивной составляющей при получении дентальных имплантатов позволит сократить срок сращивания и повысит механические свойства системы «имплантат-кость».

Ключевые слова: дентальная имплантология, имплантат, композиционные материалы, стеклокристаллические покрытия по титану, гидроксипатит.

УДК 666.21

Разработка составов матовых стеклоэмалевых покрытий для безгрунтового эмалирования / О. В. Шалыгина, Г. К. Воронов, А. П. Одицова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 55 (1097). – С. 94–98. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Предлагаются методы получения однослойных стеклоэмалевых покрытий с матовой поверхностью. Рассмотрены современные тенденции развития эмалировочной отрасли и существующие энергоресурсосберегающие технологии. Описаны особенности и пути получения матовых стеклоэмалевых покрытий для безгрунтового эмалирования. Приведена классификация степеней блеска покрытий.

Ключевые слова: матовость, стеклоэмалевое покрытие, стеклоэмалевая фритта, тонкодисперсный порошок, кристаллизация, блеск, однослойное эмалирование, порошковая электростатическая технология.

УДК 378.018.43.02:004

Технологические и методические аспекты реформирования дистанционного обучения в системе высшего образования / А. А. Асейчева // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження в наукових працях студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 99–102. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784

Статья описывает исследование составляющих дистанционного обучения и технологические и методические аспекты реформирования дистанционного обучения в системе высшего образования. В исследовании выделены тенденции реформирования дистанционного обучения в высшем образовании. Раскрыты технологические и методические аспекты реформирования дистанционного обучения в системе высшего образования, в частности: применение информационно-коммуникационных технологий, защита интеллектуальной собственности, создание электронных курсов, разработка дидактических основ дистанционного обучения, подготовка педагогов-координаторов. Определены направления реализации стратегии развития дистанционного обучения: разработка теоретических моделей диагностики и мониторинга качества образования; разработка системы критериев и средств диагностики и мониторинга качества образования; разработка организационно-управленческих моделей и технологий управления качеством образования.

Ключевые слова: система высшего образования, дистанционное обучение, тенденции реформирования, этапы реформирования, содержание образования.

УДК.664.653.122.; 664.653.124.

Определение условий комплексного подхода в анализе качества хлебопекарной продукции / В. П. Янаков, Л. Н. Антропова, О. Lange // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 103–107. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Решение проблем хлебопекарного производства даёт возможность реализации высокого технического уровня и повышения рентабельности хлебопекарной продукции (ХП). Предлагаемое решение улучшение качества хлебопекарной продукции и совершенствования технологии производства данного вида пищевой продукции основано на комплексном анализе, корректировке и экспериментальной апробации предлагаемых нововведений. Для исследования трёх факторного пространства изменения качественных показателей хлебопекарной продукции был применен графический метод исследований. За границы изменений показателей были приняты границы статистического изменения в рамках исследуемой рецептуры.

Ключевые слова: анализ, качество, продукция, технология, замес теста, рецептура.

УДК 697.244.697.328

Комплексные исследования рециркуляции с помощью эрлифтного эффекта в аппаратах погружного горения/ В. Е. Никольский, А. В. Лободенко, И. Л. Решетняк // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 44 (1153). – С. 108–111. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784

Эффективность использования топлива в теплоэнергетическом хозяйстве Украины при его потреблении и производстве промышленного продукта уступает соответствующему показателю развитых стран. Это значительно снижает конкурентоспособность отечественной продукции. Одним из способов повышения энергоэффективности топливоиспользования в промышленности и коммунальном хозяйстве – применение аппаратов погружного горения (АПГ). В работе на предложенной физической модели рабочего процесса АПГ выполнен комплекс исследований по рециркуляции (как эффективного способа интенсификации тепломассопереноса) с помощью эрлифтного эффекта. Выявлены механизм эрлифтного эффекта и влияние на него пульсирующего противодавления жидкости в ванне изотопленной камеры сгорания.

Ключевые слова: рециркуляция, эрлифт, аппараты погружного горения, тепломассоперенос, интенсификация, энергоэффективность.

ABSTRACTS

UDC 697.329

Use of ground waters for heat supply systems on the basis of heatpump installations / I. A. Bodnar, A. E. Denisova, S. I. Bukhhalo // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 3–10. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2220-4784.

One of the basic directions of perfection of systems of a heat supply is the tendency of transition to the low-temperature systems of heating on the basis of application of heatpump installations. Systems of a heat supply with a radiant of heat of ground waters which provide an effective utilisation of depths of chinks H_0 , necessary for maintenance of effective operation of the offered plans, and also values of powers of electric motors $N_{кв}$ of the pumps which are pumping over ground water to heatpump installation are gained. Design values of the electrical energy N consumed by a drive unit of compressors, and coefficient of transformation of heat μ systems of a heat supply with a radiant of geothermal heat of ground waters of a city of Odessa are given, allowing to estimate efficiency of application of the offered systems on the basis of application of heatpump installations.

Keywords: freon, heatpump installation, depth of a chink, ground water, energy efficiency, a heat-insulated floor.

UDC 519.2

Development of technological scheme of production of neutralized fat in a polar solvent system and processing soapstock / P. F. Petik, I. P. Petik, Z. P. Fedyakina, L. M. Filenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 11–14. – Bibliogr.: 6. – ISSN 2220-4784.

Scientifically sound and the technology of alkaline neutralization of fats in the water-glycerol-ethanol (VGE). Proposed and justified VGE the system, which increases the efficiency of neutralization of fats in soap-alkaline medium. We found a technological solution for the application of soap stock after neutralization of fats in the VGE. Founded and developed recommendations for the solubility of the sodium salts of fatty acids and mixtures thereof in the WGE. We found a technological solution for use soapstock after neutralization of fats in the WGE. Evaluated the functional properties of soapstock, after neutralization of fats in the WGE. We found a technological solution to reduce the cost of soapstock. A technology and technological scheme of neutralized fat in the WGE and processing of the obtained soapstock.

Keywords: neutralize fat in the soap-alkaline medium, glycerol, ethanol, soap stock, liquid soap, resource and energy saving.

UDC 665.1.094.3:541.12

Determination of the shelf life of vegetable oils accelerated method / A. A. Demidova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 15–18. Bibliogr.: 6 titles. – ISSN 2220-4784.

Determination of the shelf life of food products remains one of the most urgent tasks of the food industry. This is especially true of the accelerated development of research methods, including the fat-containing products as one of the most perishable. This article describes the methodology for determining the shelf life of vegetable oil to develop a method that, while it was running at high temperatures, gives predictions about the shelf life of the oil at any temperature storage. Studies were conducted on a volumetric unit. Results of the study - determination of the rate of initiation of the sample itself. These studies were carried out with the aim of establishing a system of predicting the shelf life of oils and fats, allows

you to quickly predict the time of a sharp deterioration in the quality of oil. On the basis of obtained data I is a mathematical model, which includes factors such as: fatty acid composition of the test sample, the content of the initiators and inhibitors of oxidation, the storage temperature of the sample. When this data is matched to the mathematical model can be determined storage time of the sample oil at a predetermined temperature.

Keywords: linseed oil, oxidation, shelf life, the induction period, the rate of oxidation.

UDC 664.346

Improving the technology of low-calorie mayonnaise / V. O. Bakhmach, T. T. Nosenko, T. O. Berezka // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 19–22. Bibliog.: 10 titles. – ISSN 2220-4784.

The low-calorie mayonnaise technology improvement with stabilization system "Stabileks" and vegetable protein products was studied in this work. Technological regimes were established for mayonnaise with 35% fat: the ratio of prescription components, temperature, conditions of emulsification and homogenization. The results of obtained sample quality are presented. Using of a stabilizer based on a mixture of hydrocolloid "Stabileks" with vegetable protein products had allowed to obtain mayonnaise with of high quality. Combining the formulations involving computer programs thus expanding the range of mayonnaises and sauces based on high quality raw materials.

Keywords: mayonnaise, emulsion, stabilizer, protein products, properties, quality.

UDC 665.584.2

Fatty basis for liquid soap cream with curative properties / L. Krichkovska, V. Marchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 23–26. Bibliog.: 17 titles. – ISSN 2220-4784.

Object of study is a cosmetic soap formulation with balanced polyunsaturated fatty acids of the fat phase, rich in antioxidants. The purpose of this study is to develop a scientific basis and formulation of cosmetic soap, enriched with polyunsaturated fatty acids ω -3 group and resistant to oxidative damage by antioxidants. The present study compares technical characteristics and biological activities of oils and oil blends of three species. The soya bean oil shows the ratio of ω -6/ ω -3 PUFAs that satisfies the requirements for the rational PUFAs composition in food stuffs and cosmetics (6,4:1). The corn oil examples have the ratio 483:1, and the grape seed oil – 236:1 (linolenic acid is virtually not detected). The composition of antioxidants in the test oils was detected. The highest content of tocopherols among selected samples of oils has the corn oil. The mass fraction of vegetable oils in the oil blend is calculated from the need to obtain a predetermined ratio of PUFAs: ω -6: ω -3 = (9–10):1. In result a cosmetic product includes a vegetable oil blend having 70 % soya bean oil, 25 % corn oil, 5 % grape seed oil and including 67,8±1,0 % UFA, 58,9±1,0 % of which are PUFAs. The vegetable oil blend can be used alone or in combination with other ingredients. The vegetable oil blend moisturizes human skin, provides a protective barrier to dirt and weather, acts as an emollient, and may promote healing of cracked, dry or otherwise damaged skin.

Keywords: polyunsaturated fatty acids, antioxidant, blended oil, retinol, tocopherol, cosmetic cream, soap cream.

UDC 004.4

Prospects for the introduction of free operating systems in the educational process in the face of declining funding levels of higher education system of Ukraine / Ye. V. Krasnokutsky // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 27–29. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2220-4784.

The article deals with the state financing of higher education in Ukraine. Internal resources of universities to modernize teaching laboratories of computer technology are identified: the park of computers and software associated with the transition to the use in the educational process of free software. Advantages and disadvantages of the proposed approach are examined. Conclusions regarding the economic feasibility of the proposed approach in this publication are formulated.

Keywords: free software, license, system requirements, GNU / Linux, Windows.

UDC 664.36

Methods of preparing individual polyunsaturated fatty acids / T. V. Matveeva // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. № 44 (1153). – pp. 30 – 33. Bibliog.: 24 titles. – ISSN 2220-4784.

Polyunsaturated fatty acids (PUFA) are extremely important for human health. They have influence on growth forming and functioning of blood vessels, nervous system, development of glands, hydration of skin and general physical condition. Main PUFA are linoleic (w-6) linolenic (w-3) and derived from linoleic – arachidonic (w-6). Human body cannot produce these acids by itself. They are ingested to the body with food for instance with blended oils balanced according to fatty acid composition. However, lack of PUFA in human body not always can with be corrected with balanced nutrition. Scientific and technic information concerned technologies of individual fatty acids obtaining in particular arachidonic (AA) eicosapentaenoic, g- linolenic, linoleic and other acids for further utilization in food, cosmetic, pharmaceutical and chemical industry are presented in the article.

Keywords: polyunsaturated fatty acids, essential fatty acids, Mortierella alpine, arachidonic acid, technology, hydrolysis, bioconversion, transformation.

UDC 547.53

Data extraction for pinch analysis of processes of stabilization and separation hydrodealkilate on benzene production unit / L. M. Ulyev, M. V. Ilchenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in students' scientific works. – Kharkiv.: NTU «KhPI». – 2015. – № 44 (1153). – pp. 34–37. – Bibliography: 8 titles. – ISSN 2220-4784.

The work is devoted to research and treatment of data obtained of benzene production unit. The preconditions for minimizing the use of external energy sources due to the maximization of heat recovery in the framework of this energy-technological system are determined. This article provides a brief description of the process of stabilization and hydrodealkilate separation. Based on the review of the technological scheme of production, the analysis of energy consumption is given and the perspectives for a pinch-integration system are identified. In order to implement the thermal integration from heat exchanger network the required number of process streams, which will take part in the heat exchange, is allocated. A table of stream data is compiled and the main characteristics of each stream are given. The grid chart, which determine the power recovery of the production unit for existing process is built.

Keywords: pinch analysis, heat exchange, stream table, grid diagram, utility, heat recovery.

UDC 665.3

The use of alkali metals carbonates as neutralization agents for fats neutralizing / S. N. Molchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 38–42. Bibliog.: 18 titles. – ISSN 2220-4784.

The results of sunflower oil neutralization with water-alcoholic solutions of alkali metal carbonates are given. Experimentally proven that oils' fatty acids can be neutralized with water-alcoholic solutions of alkali metal carbonates up to acid numbers lower than 0.2 mg KOH/g. Rational technological parameters of the neutralization process are set. They allow to predict the technological parameters of oil neutralization process such as: temperature, neutralization agent concentration, neutralization flow time, stirring intensity. Also the approximation model is obtained. The physical-chemical parameters of oil and soapstock such as acid number, soap-content and in the neutralized oil, neutral fat content in the soapstock are deter-

mined. It is shown that the use of water-alcoholic solutions of alkali metal carbonates as neutralization agents allow to reduce the waste of neutral fat in soapstock.

Keywords: fats, neutralization, sodium and potassium carbonate, water-alcohol solution.

UDC 004.4

The introduction of free software in the teaching process as an internal resource of higher education institutions for fleet renewal computing student computer labs. / Ye. V. Krasnokutsky // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 43–46. – Bibliogr.: 27. – ISSN 2220-4784.

In the article the question of licensing the software used in the educational process is considered. Economic resources released in case of use in the educational process of free software are shown. The advantages and disadvantages of the introduction of free software are shown.

Keywords: free software, license, system requirements, GNU / Linux, Windows.

UDC 674.8

Study of the connection between wood structure and the kinetics of its drying process / V. E. Ved, A. N. Mironov // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in students' scientific works. – Kharkiv.: NTU «KhPI». – 2015. – № 44 (1153). – C. 47–51. – Bibliography: 3 titles. – ISSN 2220-4784.

The paper deals with the influence of wood raw materials structure on the mechanism of their drying processes. In presented article the microscopic structure of wood is investigated and the porosity of this material is defined. The kinetics of drying is considered as an example of five different species of trees – four deciduous and one coniferous. Experiments by evaporation of the water from the flat surface are carried out and the boundaries of heating are evaluated by setting thermocouples into experimental material. The moisture evaporation process for the three groups of samples of different breeds is studied, the drying speed is calculated and the major factors affecting the process is defined. The apparent order of reaction that occurs during drying is clarified. Based on the foregoing, it is concluded that there is a need for differentiation in the feedstock drying method depending upon its type.

Keywords: wood, drying, breed, structure, moisture, reaction, temperature, pyrolysis, speed of process.

UDC 665.36

The using percolation extraction for recovery of lipids from the secondary products of oil industry / J. E. Omelchenko, I. N. Demidov // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – pp. 52–55. Bibliog.: 13 titles. – ISSN 2220-4784.

Waxen substances are a valuable product and raw material for many manufacture branches. The existing methods of obtaining waxes have a number of disadvantages, namely essential energy costs and solvent consumption as well as additional wastes buildup. The research revealed efficient conditions under which neutral lipids and waxen substances are recovered from filter powder (perlite containing fats). The optimum relationship between the mixture components (filter powder and fusel-oil) was defined. The chosen percolation extraction approach proved its efficiency because the miscella became more concentrated and the solvent flow significantly reduced. The oil content of the filter powder made up less than 1% that provides with the opportunity to recommend it to be recycled at the oil winterization stage. Moreover, this percolation extraction method allowed recovery of more than 98% of waxen substances from the used filter powder. This perlite regeneration approach provides with the opportunities to return the adsorbent to the stage of waxen substances filtration, utilize neutral lipids for technical and feeding purposes, and recover a valuable product - waxen substances used in different fields of national economy.

Keywords: waxen substances, filter powder, extraction, fusel-oil.

UDC 664, 667

Development of technology for chlorophyll and products based on it / H. A. Papakina, S. A. Petrov, L. V. Krichkovskaya // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 56–60. – Bibliogr.: 6 titles. – ISSN 2220-4784.

In the article the technology of producing products based on chlorophyll from economical raw materials of higher aquatic plants *Potamogeton perfoliatus*. It describes the relevance of environmental issues associated with the overgrowth, siltation of rivers and water logging. Substantiates the economic benefits of the production of dietary supplements, which are gelatin capsules filled with chlorophyll powder and dried seaweed. The technique of separation of chlorophyll, which is offered on the basis of technological scheme of the chlorophyll-containing products. In order to create a low waste production offered release by product supplements to the feed of ruminants, which is a pellet from ground dried cake, rich in fiber.

Keywords: chlorophyll, dye, dietary supplements, aquatic plants, extraction, technology of production

UDC: 577.352.336: 613.165: 621.373.8

The technology production of some formazans, naphthalic acid derivatives / T. V. Falaleeva, V. B. Distanov // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 61–64. – Bibliogr.: 7 titles. – ISSN 2220-4784.

This article describes how to obtain technology formazans, naphthalic acid derivatives. The interest in synthesis and investigations of formazans is caused by their properties and applications. Recently, the more significance is being gained by the application of formazans in medicine science as indicator and markers for cancer cells. Synthesis of formazans emit the light will expand their areas of application, such as photochromic and thermochromic materials, and may enable obtaining luminescent stable free radicals with new properties. The techniques of formazans synthesis that contain in their structure the fragment with branched chromoforic system has been shown. In this study the synthesis of formazans with substituted derivatives of phthalic anhydride is described. Certain technological solutions produce formazans, naphthalic acid derivatives. Process has been divided in stages of production of intermediates and final products. In this article the question of final product manufacture has been studied in details. On the basis of the block – scheme the principal technological scheme for production of formazans, derivatives of phthalic acid, has been made and described.

Keywords: formazans, naphthalic acid, luminescence, technology for production, stable radicals, principal scheme.

UDC 547.97:665

Compilation of scientific bases for food coloring / V. Y. Papchenko, L. M. Kuznetsova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. № 44 (1153). – pp. 65–68. – Bibliog.: 22 titles. – ISSN 2220-4784.

Among the substances that determine the appearance of the food, one of the important place belongs to the dyes. The modern market is able to provide the consumer with a sufficiently wide range of dyes for the food industry, but most are synthetic dyes. Replacement of synthetic dyes in the food industry, STI may be natural, are a mixture of carotenoids, flavonoids, Chloro-rofill and other natural components of plants containing pigments. The article pro-Vedeno generalization of scientific and technical information on how to get pi schevyh natural dyes - anthocyanins and betatsianinov from vegetable raw materials with a view to the distance-ther use in the food, chemical and pharmaceutical, perfume and cosmetic industries.

Keywords: natural color, synthetic dye, solvent, en totsiyaniy, betatsianiny.

UDC 547.53

Selection evidence-based methods for effective use of alternative energy / S.I. Bukhhalo, O.I. Olkhovska // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. № 44 (1153). – pp. 69–74. – Bibliogr.: 11 titles. – ISSN 2220-4784.

This article discusses the possibility of the development of science-based concept of integrated processes complex enterprises energy mix (alternative energy and polymer wastes). A review of the literature and the necessary articles written on the subject: as technologies and economies develop and become more complex, energy needs increase greatly; types and methods of alternative energy, as well as the possibility of calculating the basic set of main economic indicators are classified; identified possible areas of work in obtaining the necessary information and results. The results of studies of complex innovative projects conducted as inter-university cooperation. The features of the main projects participating EU Energy Week (environmental safety and scientifically grounded processes). Recognized as the most effective direction of resources and energy saving.

Key words: environmental safety, alternative energy, complex projects, polymer wastes, estimation criteria, scientifically grounded processes

UDC 004.4

Experimental methods modeling of coagulation process in static coagulator / S.I. Bukhhalo, V.N. Solovey // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2015. № 44 (1153). – pp. 75–78. – Bibliogr.: 6 titles. – ISSN 2220-4784.

This article discusses implementation of the first phase of the experiment in order to choose the methods of modeling the processes of coagulation in a static coagulator. It is shown that the calculation and design of the technological scheme of coagulation based on static demand flocculators with preliminary experimental determination of the parameters of the coagulation system in a model disperse agitators. Defined structural parameters, hydrodynamic characteristics and the power consumption of a model that allows to reproduce the operation of the production flocculator and draw the necessary conclusions.

Keywords: pumping effect, grid vortex generator, the coagulation mixer, flocculation chamber, mean-square velocity.

UDC 519.2

Determination of ascorbic acid content by galvanostatic coulometry in aqueous solution of gelatine / V.V. Evlash, Z.V. Zheleznyak, S.V. Gubsky, O.F. Aksenova // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work.. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 79–84. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2220-4784.

Proposed and justified using galvanostatic coulometry method to assess the content of ascorbic acid in aqueous solutions of hydrocolloids. Described sequence of operations in the procedure for sample preparation of samples for measurement of AC, which is the basis for the quantitative determination of ascorbic acid on the background of the rest of the food matrix.

Keywords: Ascorbic acid, gelatine, galvanostatic coulometry.

UDC 666.9-16

Development of protective glass-ceramic materials based on lithium aluminosilicate glasses / O.V. Savvova, G.K. Voronov, O.V. Babich, A.O. Gryvtsova // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative researches in students scientific works. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 85–88. – Bibliogr.: 9. – ISSN 2220-4784

Main development trends of protective glass-ceramic materials have been analyzed. Viability of their use as the elements of personal armor protection has been established. Model lithium aluminosilicate glasses were developed, and glass-ceramics materials on their base were synthesized. It has been established that determinative factor of the influence of phase composition on thermal coefficient of linear expansion is the presence and amount of β -spodumene in their composition. The application of developed glass-ceramic materials as elements of personal armor protection will allow decreasing of thermal shock that occurs at impact of a projectile with an armor material.

Keywords: protective glass-ceramic materials, β -spodumene, thermal coefficient of linear expansion, elements of personal armor protection.

UDC 666.293

Challenging directions of developing bio-active composite titan finishes for dental implantology / O.V. Savvova, O.I. Fesenko, O.V. Babich // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative researches in students scientific works. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). pp. 89–93. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784

The main types of existing materials for dental implanters are considered in the article; the most prospective directions for developing innovative materials for dental prosthetic identified. Use of the composite materials having the properties close to the ones of a natural bone for replacing lost teeth are underlined as promising. Based on current standards applied towards titan glassceramic finishes used in dental implantology, the system and the composition of model glasses was selected, and their basic structure coefficients were calculated. It has been proved that use of the glassceramic titan finishes as a bio-active component while getting dental implants will shorten the time needed for binding and increase the mechanic properties of an «implant-bone» system.

Key words: dental implantology, implant, composite materials, glassceramic titan finishes, hydroxyapatite.

UDC 666.21

Development of of compositions matte glass-coating for direct enamelling / O.B. Shalygina, G.K. Voronov, A.P. Odintsova // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific works of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 94–98 – Bibliogr.: 5. – ISSN 2220-4784.

Methods for producing direct glass-coating with a matte surface. The modern trends of development of enamelling industry and existing energy-saving technologies. The features and ways of obtaining matte coatings for glass-unprimed enamelling. The classification of degrees of gloss coatings.

Keywords: matte, glass-coated, glass-frit, a fine powder, crystallization, shine, direct enamelling, electrostatic powder technology.

UDC 378.018.43.02:004

Distance learning reforming in higher education technological and methodological aspects/ Ageicheva Anna // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative researches in students scientific works. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). P. 99–102. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784

The article focuses on the components and reforming technological and methodological aspects of distance learning in higher education system. The study identifies distance learning reforming trends in higher education. The study highlighted reforming trends of distance learning in higher education. Revealed technological and methodological aspects of distance learning reforming in higher education: the use of information and communication technologies, intellectual property protection, the creation of e-learning courses, development of teaching the basics of distance learning, teacher training coordinator. The directions of the development strategy of distance learning: the development of theoretical models of diagnosis and monitoring of the education quality; development a system of criteria and diagnostic tools and monitoring the education quality; development of organizational and management models and techniques of quality management education. The development of distance learning in the national higher education system would be more effective if: the development and implementation of the state development strategy for distance learning; providing targeted state financial support for universities with distance learning, simplifying the procedure for certification of educational services related to distance learning; creation of an extensive network of remote access rate; regulation of distance learning and systematic monitoring

of its quality; integration of library network in the educational environment, which contributes to the efficient functioning of distance learning centers; creation of a unified network of educational-methodical documentation, promotes the mobility of university education.

Keywords: system of higher education, distance learning, reforming trends, reforming stages, education content.

UDC 664.653.122.; 664.653.124.

Defining conditions of a complex approach during the bread making quality analysis / V. P. Yanakov, L. N. Antropova, O. Lange // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 103–107. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2220-4784.

Problem and solution identification for the bread making production provide opportunities for high level technical realization and allowing increasing profitability of bread products. A proposed solution is to improve bread product quality and to improve production technology using an integrated analysis through adjustment and testing of the proposed innovations. For the study we used qualitative indicators applied through graphical method research. We used graphics to illustrate the test outcomes and used an integrated analysis, as criteria for the market evaluation segments and indicators of the quality bread products.

Keywords: analysis, quality, product, technology, dough mixing, composition

UDC 697.244.697.328

The complex study of recirculation using airlift effect in the immersion combustion apparatuses / V. Ye. Nikolsky, A. V. Lobodenko, I. L. Reshetnyak // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative research in the scientific work of students. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2015. – № 44 (1153). – P. 108–111. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2220-4784.

The article presents the methodological fundamentals and practical methods of increasing of fuel utilization efficiency in the gas-liquid apparatuses and in the fuel combustion units of chemical technology at the expense of heat processes intensification. The high-effective contact-module system equipped with the immersion combustion apparatuses with multiple phase inversion was developed. The required formulas for calculation and thermodynamic analysis of the heat and mass-transfer processes in the studied system are presented. The energetic effectiveness of contact-module system was estimated taking into account the constructive features of immersion combustion apparatuses.

Key words: recirculation, airlift, immersion combustion apparatuses, heat and mass-transfer, intensification, energy efficiency.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗМІСТ

<i>Боднар І. А., Денисова А. Е., Бухало С. І.</i> Использование грунтовых вод для систем теплоснабжения на базе теплонасосных установок.....	3
<i>Петік П. Ф., Петік І. П., Федякіна З. П., Філенко Л. М.</i> Розробка технологічної схеми виробництва нейтралізованих жирів в системі полярних розчинників та переробки соапстоків.....	11
<i>Демидова А. О.</i> Визначення строку зберігання олій прискореним методом.....	15
<i>Бахмач В. О., Носенко Т. Т., Березка Т. О.</i> Удосконалення технології низькокалорійних майонезів.....	19
<i>Кричковська Л. В., Марченко В. С.</i> Жирова основа для крем-мила з лікувально-профілактичними властивостями.....	23
<i>Краснокутський Е. В.</i> Перспективи впровадження свободних операційних систем в освітній процес в умовах зниження рівня фінансування системи вищої освіти України.....	27
<i>Матвеева Т. В.</i> Способи одержання індивідуальних поліненасичених жирних кислот.....	30
<i>Ульєв Л. М., Ільченко М. В.</i> Екстракція даних для пінч-аналізу процесів стабілізації та поділу гідролізу на установці виробництва бензолу.....	34
<i>Мольченко С. М.</i> Застосування карбонатів лужних металів як нейтралізуючого агента при нейтралізації жирів.....	38
<i>Краснокутський Е. В.</i> Впровадження вільного програмного забезпечення в навчальний процес як внутрішній ресурс вищих навчальних закладів для оновлення парку обчислювальної техніки студентських комп'ютерних лабораторій.....	43
<i>Ведь В. Є., Миронов А. М.</i> Дослідження зв'язку між структурою деревини та кінетикою процесу її сушки.....	47
<i>Омельченко Ю. Е., Демидов І. Н.</i> Использование метода перколяционной экстракции для извлечения липидов из вторичных продуктов масложировой промышленности.....	52
<i>Папакина Е. А., Петров С. А., Кричковская Л. В.</i> Разработка технологии получения хлорофилла и продуктов на его основе.....	56
<i>Фалалеева Т. В., Дістанов В. Б.</i> Технологія отримання деяких формаганів, похідних нафталевої кислоти.....	61
<i>Папченко В. Ю., Кузнецова Л. М.</i> Узагальнення наукових основ одержання харчових барвників.....	65
<i>Вихало С. І., Олхонська О. І.,</i> Selection evidence-based methods for effective use of alternative energy.....	69
<i>Бухало С. І., Соловей В. Н.</i> Экспериментальные методы моделирования процесса коагуляции в статическом коагуляторе.....	75
<i>Євлаш В. В., Железняк З. В., Губський С. М., Аксьонова О. Ф.</i> Визначення вмісту аскорбінової кислоти методом гальваностатичної кулонометрії в водних розчинах гідроклоїдів.....	79
<i>Саввова О. В., Воронов Г. К., Бабіч О. В., Гривцова А. О.</i> Розробка захисних склокристалічних матеріалів на основі літійалюмосилікатних стекел.....	85
<i>Саввова О. В., Фесенко О. І., Бабіч О. В.</i> Аналіз напрямків розробки біоактивних композиційних покриттів по титану для дентальної імплантології.....	89
<i>Шалигіна О. В., Воронов Г. К., Одинцова О. П.</i> Розробка складових склоемалевих покриттів для безгрунтового емалювання.....	94
<i>Агейчева А. О.</i> Технологічні та методичні аспекти реформування дистанційного навчання в системі вищої освіти.....	99
<i>Янаков В. П., Антропова Л. Н., Lange O.</i> Определение условий комплексного подхода в анализе качества хлебопекарной продукции.....	103
<i>Никольский В. Е., Лободенко А. В., Решетняк И. Л.</i> Комплексные исследования рециркуляции с помощью эрлифтного эффекта в аппаратах погружного горения.....	108
Реферати.....	112
Рефераты.....	115
Abstracts.....	119