

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

№ 29 (1201) 2016

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2016

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів – Х. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 29 (1201). – 109 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.;

М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Л.М. Ульєв, 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. Арсенєва, 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

*У квітні 2013 р. Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ», серія «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).***

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».

Протокол № від 04 листопада 2016 р.

УДК 544.4:66.021.3

В. Е. ВЕДЬ, Т. З. ЗЕБЕШЕВ., Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ, М. А. ГАЕВОЙ**СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО НЕЙТРАЛИЗАТОРА ДВС НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

Проведено аналіз даних ефективності конверсії відпрацьованих газів розробленим експериментальним блоком каталітичної нейтралізації і штатним, який входить в комплект випускного тракту двигуна внутрішнього згоряння VW BBY. Порівняння показало, що експериментальний і штатний блоки каталітичної нейтралізації еквівалентні за показниками ефективності в процесах знешкодження відпрацьованих газів від оксиду вуглецю (II), вуглеводнів і оксидів азоту в режимі активного холостого ходу.

Ключові слова: хімічна кінетика, гетерогенний катализ, масообмін, газові викиди.

Проведен анализ данных эффективности конверсии отработанных газов разработанным экспериментальным блоком каталитической нейтрализации и штатным, который входит в комплект выпускного тракта двигателя внутреннего сгорания VW BBY. Сравнение показало, что экспериментальный и штатный блоки каталитической нейтрализации эквивалентны по показателям эффективности в процессах обезвреживания отработавших газов от оксида углерода (II), углеводородов и оксидов азота в режиме активного холостого хода.

Ключевые слова: химическая кинетика, гетерогенный катализ, катализатор, массообмен, газовые выбросы.

Spend the conversion efficiency of the exhaust gas analysis developed experimental unit Catalytic and staff, which included the exhaust tract VW BBY internal combustion engine. The comparison showed that the pilot and staff units Catalytic equivalent in terms of efficiency in the processes of neutralization of exhaust gases from carbon monoxide (II), hydrocarbons and nitrogen oxides in the active idle.

Keywords: chemical kinetics, heterogeneous catalysis, catalyst, mass transfer, gas emissions.

Введение. Постоянный рост требований и введение новых более жестких нормативов, ограничивающих выбросы вредных веществ в атмосферу, определяет важность одной из актуальных проблем современности – обеспечение защиты людей и окружающей среды от негативного влияния отработавших газов транспортных средств [1].

Методы каталитической нейтрализации вредных выбросов в атмосферу как средство снижения токсичности отработавших газов получили наибольшее распространение в транспортных средствах и в промышленности [2].

Тем не менее, промышленное производство каталитических нейтрализаторов вредных газовых выбросов, конструкции блоков, типы носителей катализаторов, составы каталитических композиций нуждаются в дальнейшем совершенствовании. Исследовательские работы по этим направлениям ведутся в значительном объеме, но, к сожалению, узкопрофессионально – существующие методы расчета и проектирования каталитических нейтрализаторов основаны на упрощенных подходах, которые рассматривают каталитическую конверсию вредных газовых примесей или с позиций химической кинетики, или с анализа закономерностей массообменных процессов.

Анализ состояния вопроса. В странах Евросоюза и Северной Америки много лет действуют стандарты, регламентирующие максимально допустимые количества выбрасываемых автотранспортом вредных загрязняющих окружающую среду веществ, а именно: углеводородов, сажи, оксидов азота и монооксида углерода [3].

Поскольку основной вклад в общее количество выбрасываемых в атмосферу веществ вносят транспортные средства, то снижение токсичности отработавших газов двигателей внутреннего

сгорания посредством использования блоков каталитической нейтрализации на сегодняшний день является основным и наиболее широко используемым методом. За последние годы разработано множество разнообразных применяемых в автомобилестроении конструкций блоков каталитических нейтрализаторов. Всех их объединяет использование узкого ряда химических соединений, применяемых в качестве активного компонента каталитического преобразователя: палладий, платина, оксиды циркония, кобальта, марганца и некоторые другие [4–7].

Цель работы. Дальнейшее ужесточение требований к качественному и количественному составу отработавших газов двигателей внутреннего сгорания приводит к необходимости совершенствования конструкций, материалов-носителей катализаторов, способов нанесения и состава каталитической компоненты. Вновь разработанные образцы катализаторов нуждаются не только в лабораторных исследованиях на модельных установках, но также в полномасштабном тестировании разработанных на их основе блоков каталитической нейтрализации на моторных стендах с использованием промышленного образца двигателя внутреннего сгорания. Полученные таким образом результаты необходимо подвергать сравнительному анализу с результатами тестирования существующего на момент испытаний промышленного образца каталитического нейтрализатора.

Нами разработан блок каталитической нейтрализации отработавших газов двигателей внутреннего сгорания [8] с использованием носителя [9]. Целями настоящей работы являются:

- проведение сравнительных испытаний на стендовой модельной установке конверсии отработавших газов двигателя внутреннего сгорания

VW BBY от оксида углерода (II), углеводородов и оксидов азота в режиме холостого хода для разработанного нами блока каталитической нейтрализации и штатного блока каталитической нейтрализации, входящего в комплект выпускного тракта двигателя VW BBY;

- анализ эффективности полученных экспериментальных данных.

Характеристики испытательного стенда.

Испытательный стенд оснащен двигателем внутреннего сгорания марки VW BBY производства Volkswagen, системой выпуска и нейтрализации отработавших газов, системой рециркуляции отходящих газов, тормозным стендом SAK-670, приборами измерения концентраций NO_x (344 ХЛ-

01), CO , C_mH_n (по гексану C_6H_{14}) и CO_2 в отработавших газах (МЕТА).

Система выпуска и нейтрализации отработавших газов. Система выпуска и нейтрализации отработавших газов служит для отведения продуктов сгорания и их очистки от токсических веществ. В состав этой системы входят выпускная система и система нейтрализации и рециркуляции отработавших газов.

Система нейтрализации обеспечивает ускоренный прогрев и имеет два блока трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов, в основе которых лежит платиново-родиевый каталитический комплекс: предварительный и основной (рис. 1).

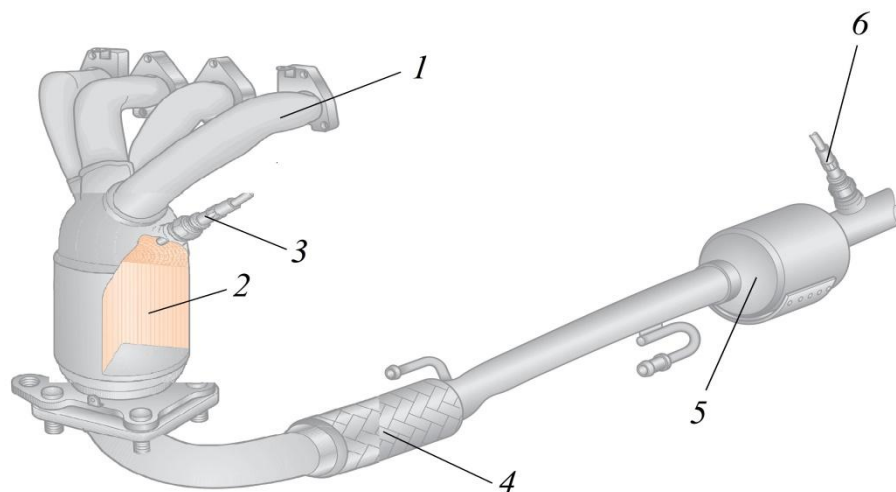


Рис. 1. Система выпуска и нейтрализации отработавших газов: 1 – выпускной коллектор; 2 – предварительный блок нейтрализации; 3 – широкополосный лямбда-зонд перед нейтрализатором; 4 – эластичная муфта; 5 – основной блок нейтрализатора; 6 – лямбда-зонд за нейтрализатором

Ускоренный прогрев и быстрое включение в действие после пуска двигателя и на режимах малых нагрузок системы нейтрализации обеспечен наличием в ней предварительного нейтрализатора, расположенного сразу же за выпускным коллектором в непосредственной близости к выпускным клапанам, что дает возможность этому блоку нейтрализации функционировать при сравнительно невысоких температурах отработавших газов.

Для обеспечения высокой эффективности в системе нейтрализации отработавших газов предусмотрена подсистема обратной связи, предназначенная для поддержания состава топливно-воздушной смеси в состоянии, близком к стехиометрическому. Подсистема включает в себя два лямбда-зонда: первый – перед предварительным блоком нейтрализации, второй – за основным блоком.

Первый основной лямбда-зонд измеряет концентрацию кислорода в отработавших газах перед

нейтрализатором. По этому сигналу электронный блок управления регулирует в соответствии с измеренным содержанием кислорода в отработавших газах состав топливно-воздушной смеси. Второй дополнительный лямбда-зонд контролирует содержание кислорода в отработавших газах после нейтрализатора и совершает не прямой контроль эффективности работы системы нейтрализации. Оба зонда имеют чувствительные элементы планарного типа (состоят из плоских полосок), но отличаются по характеристикам и выходными сигналами, поступающими в электронную систему контроля.

Обогреватель изготовлен из благородного металла и размещен так, чтобы обеспечить быстрый нагрев лямбда-зонда при низком потреблении электроэнергии.

Рис. 2 иллюстрирует расположение элементов каталитической нейтрализации в системе выпуска отработавших газов двигателя внутреннего сгорания.

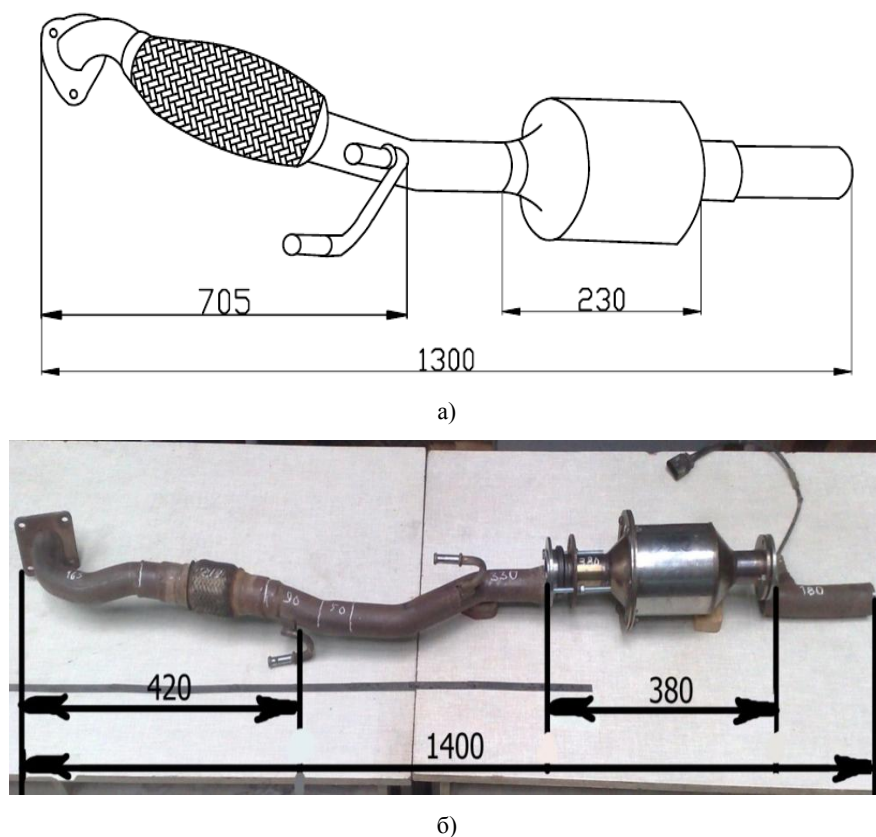


Рис. 2 – Размещение основного блока нейтрализации отработавших газов:
а) – серийная система выпуска; б) – элементы экспериментальной системы выпуска

Результаты испытаний. Характеристики работы двигателя VW BBY производства Volkswagen в режиме холостого хода при испытании штатного катализатора и экспериментального приведены в табл. 1 и табл. 2 соответственно. Принятые в

таблицах условные обозначения: n – частота вращения коленчатого вала, мин^{-1} ; $G_{\text{топл}}$ – расход топлива, кг/час ; t – температура отработавших газов, $^{\circ}\text{C}$; a – коэффициент избытка воздуха.

Таблица 1. Характеристики работы двигателя VW BBY в режиме холостого хода при испытании штатного катализатора

№, п/п	n , мин^{-1}	$G_{\text{топл}}$, кг/час	t , $^{\circ}\text{C}$	a
1	800	0,69	216	1
2	1600	0,95	330	1
3	2400	1,24	420	1
4	3200	1,70	492	1

Таблица 2. Характеристики работы двигателя VW BBY в режиме холостого хода при испытании экспериментального катализатора

№, п/п	n , мин^{-1}	$G_{\text{топл}}$, кг/час	t , $^{\circ}\text{C}$	a
1	800	0,65	212	1
2	1600	0,91	320	1
3	2400	1,25	415	1
4	3200	1,73	498	1

Результаты измерений содержания углеводородов, оксида углерода (II) и оксидов азота для режимов работы двигателя, приведенных в табл. 1-2, после двигателя, после первого штатного

каталитического нейтрализатора, после основного штатного и экспериментального каталитических нейтрализаторов приведены в табл. 3-4 и табл. 5-6 соответственно.

Таблиця 3. Концентрації NO_x , CO , C_mH_n (по гексану C_6H_{14}) і CO_2 після двигателя внутрішнього згорання і після першого штатного каталітичного нейтралізатора при испытании штатного каталізатора

№ п/п	Після двигателя внутрішнього згорання				Після першого штатного каталітичного нейтралізатора			
	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm
1	0,35	12,1	38	132	0	13,7	0	3
2	0,55	13,9	97	156	0	14,8	1	38
3	0,60	14,4	127	260	0	14,4	22	22
4	0,71	14,7	123	506	0	14,4	27	172

Таблиця 4. Концентрації NO_x , CO , C_mH_n (по гексану C_6H_{14}) і CO_2 після першого штатного каталітичного нейтралізатора і після другого штатного каталітичного нейтралізатора

№ п/п	Після першого штатного каталітичного нейтралізатора				Після другого штатного каталітичного нейтралізатора			
	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm
1	0	13,7	0	3	0	13,1	0	5
2	0	14,8	1	38	0	14,4	1	32
3	0	14,4	22	22	0	14,6	11	19
4	0	14,4	27	172	0	14,6	29	170

Таблиця 5. Концентрації NO_x , CO , C_mH_n (по гексану C_6H_{14}) і CO_2 після двигателя внутрішнього згорання і після першого штатного каталітичного нейтралізатора при испытании експериментального каталізатора

№ п/п	Після двигателя внутрішнього згорання				Після першого штатного каталітичного нейтралізатора			
	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm
1	0,80	14,8	269	170	0,31	15,1	1	4
2	0,72	14,2	110	224	0,0	14,2	0	59
3	0,80	14,1	162	380	0,10	14,3	0	68
4	0,91	14,3	130	614	0,13	14,7	0	228

Таблиця 6. Концентрації NO_x , CO , C_mH_n (по гексану C_6H_{14}) і CO_2 після першого штатного каталітичного нейтралізатора і після експериментального каталітичного нейтралізатора

№ п/п	Після першого штатного каталітичного нейтралізатора				Після експериментального каталітичного нейтралізатора			
	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm	C_{CO} , %	C_{CO_2} , %	C_{CmHn} , ppm	C_{NOx} , ppm
1	0,31	15,1	1	4	0,24	15,0	17	3
2	0,0	14,2	0	59	0,0	14,8	0	57
3	0,10	14,3	0	68	0,11	15,0	0	70
4	0,13	14,7	0	228	0,17	14,9	0	230

Обсуждение результатов.

Из-за изменения атмосферных условий и гидравлического сопротивления экспериментального блока каталитической нейтрализации показатели эффективности предварительного блока нейтрализации по компонентам были несколько ниже в течение всех исследований, чем при серийной комплектации выпускного тракта двигателя каталитическими нейтрализаторами.

Так, при испытании штатного каталізатора

содержание монооксида углерода после первого блока каталитической нейтрализации в режиме активного холостого хода составляет 0,0% для всех частот оборотов коленчатого вала. В то время как в случае испытаний экспериментального каталитического нейтрализатора содержание монооксида углерода после первого каталізатора колеблется в диапазоне от 0,0 до 0,31% в независимости от частоты вращения коленчатого вала.

Оценка эффективности очистки газовых выбросов по компонентам экспериментальным и штатным каталитическими преобразователями производилась в форме определения относительного изменения содержания этих компонентов с учетом влияния флуктуаций измеряемых концентраций и погрешностей измерительной техники.

Анализ табл. 4 и табл. 6 указывает, что эффективность очистки отработавших газов двигателя внутреннего сгорания VW BBU в штатной комплектации системой очистки и в случае комплектации экспериментальным блоком каталитической нейтрализации от монооксида углерода отличаются незначительно с учетом погрешностей измерений и флуктуаций показаний измерительных приборов.

Из табл. 4 и табл. 6 очевидно, что в режиме активного холостого хода содержание оксидов азота после первого штатного возрастает с ростом частоты вращения коленчатого вала и температуры отработавших газов, выходящих из двигателя внутреннего сгорания. В случае штатной комплектации системы очистки штатный блок каталитической нейтрализации не проявляет активность в процессах каталитического снижения содержания оксидов азота так же, как и экспериментальный блок.

Таблицы 4 и 6 свидетельствуют, что увеличение частоты оборотов коленчатого вала и, как следствие, увеличение температуры отработавших газов приводит к росту содержания углеводородов в пересчете на гексан в случае использования штатной комплектации системы каталитической очистки. Значимое изменение содержания углеводородов на втором штатном блоке каталитической нейтрализации не наблюдается. В случае испытаний экспериментального блока каталитической нейтрализации наблюдается отсутствие углеводородов по показаниям измерительных приборов в режиме активного холостого хода на всем диапазоне варьирования частотой вращения коленчатого вала как до, так и после экспериментального блока.

Выводы.

На моторном стенде, оснащенный двигателем внутреннего сгорания VW BBU, в режиме активного холостого хода выполнены экспериментальные исследования показателей каталитической конверсии оксида углерода (II), углеводородов и оксидов азота для двух систем каталитической нейтрализации отработавших газов: экспериментального блока и штатного, входящего в комплект выпускного тракта двигателя VW BBU. Показано, что экспериментальный и штатный блоки каталитической нейтрализации эквивалентны по показателям эффективности в процессах обезвреживания отработавших газов от оксида углерода (II), углеводородов и оксидов азота в режиме активного холостого хода.

Технико-экономический анализ конструкции, качественного и количественного составов штатного и экспериментального блоков каталитической нейтрализации указывают на целесообразность использования разработанного блока.

Благодарность.

Авторы выражают искреннюю благодарность финансовой поддержке Комитета Науки при Министерстве образования и науки Республики Казахстан. Работа выполнена благодаря грантовому соглашению № 98.

Список литературы

1. Commission Regulation (EC) No 692/2008 of 18 July 2008 implementing and amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/692/oj>. (accessed 07.11.2016).
2. *Fred Schäfer, Richard van Basshuysen*. Reduced Emissions and Fuel Consumption in Automobile Engines. Vienna, SPRINGER VERLAG GMBH, 2000, 195 p.
3. *Martyn V. Twigg*. Progress and future challenges in controlling automotive exhaust gas emissions. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2007, vol. 70, pp. 2–15.
4. *Alexander Winkler, Panayotis Dimopoulou, Roland Hauert, Christian Bacha, Myriam Aguirrec*. Catalytic activity and aging phenomena of three-way catalysts in a compressed natural gas/gasoline powered passenger car. *Applied Catalysis B: Environmental*. 2008, vol. 84, pp. 162–169.
5. *McKenzie C.H. Lima, Godwin A. Ayokoa, Lidia Morawskaa, Zoran D. Ristovskia, E. Rohan Jayaratnea, Serge Kokotb*. A comparative study of the elemental composition of the exhaust emissions of cars powered by liquefied petroleum gas and unleaded petrol. *Atmospheric Environment*. 2006, vol. 40, pp. 3111–3122.
6. *Shenghua Liu, Eddy R. Cuty Clemente, Tiegang Hu, Yanji Wei*. Study of spark ignition engine fueled with methanol/gasoline fuel blends. *Applied Thermal Engineering*. 2007, vol. 40, pp. 1904–1910.
7. *Ulrich G. Alkemade, Bernd Schumann*. Engines and exhaust after treatment systems for future automotive applications. *Solid State Ionics*. 2006, vol. 177, pp. 2291–2296.
8. *Makhanov B., Satayev M., Krasnokutskii E., Ved V., Saipov A*. New type of harmful gas emissions catalytic converter. *Industrial Technology and Engineering*. 2015, vol. 4, pp. 5–18.
9. *Valeriy Ved', Leonid Tovazhnyanskiy, Yevgeniy Krasnokutskiy, Vadim Koshchiy*. Modelling Of Hydrocarbons Catalytic Conversion Process. *Chemistry & Chemical Technology*. 2015, vol. 9, no. 1, pp. 101–106.

References (transliterated)

1. Commission Regulation (EC) No 692/2008 of 18 July 2008 implementing and amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/692/oj>. (accessed 07.11.2016)

2. *Fred Schäfer, Richard van Basshuysen*. Reduced Emissions and Fuel Consumption in Automobile Engines. Vienna, SPRINGER VERLAG GMBH, 2000, 195 p.
3. *Martyn V. Twigg*. Progress and future challenges in controlling automotive exhaust gas emissions. Applied Catalysis B: Environmental. 2007, vol. 70, pp. 2–15.
4. *Alexander Winklera, Panayotis Dimopouloua, Roland Hauertb, Christian Bacha, Myriam Aguirrec*. Catalytic activity and aging phenomena of three-way catalysts in a compressed natural gas/gasoline powered passenger car. Applied Catalysis B: Environmental. 2008, vol. 84, pp. 162–169.
5. *McKenzie C.H. Lima, Godwin A. Ayokoa, Lidia Morawskaa, Zoran D. Ristovskia, E. Rohan Jayaratnea, Serge Kokotb*. A comparative study of the elemental composition of the exhaust emissions of cars powered by liquefied petroleum gas and unleaded petrol. Atmospheric Environment. 2006, vol. 40, pp. 3111–3122.
6. *Shenghua Liu, Eddy R. Cuty Clemente, Tiegang Hu, Yanju Wei*. Study of spark ignition engine fueled with methanol/gasoline fuel blends. Applied Thermal Engineering. 2007, vol. 40, pp. 1904–1910.
7. *Ulrich G. Alkemade, Bernd Schumann*. Engines and exhaust after treatment systems for future automotive applications. Solid State Ionics. 2006, vol. 177, pp. 2291–2296.
8. *Makhanov B., Satayev M., Krasnokutskii E., Ved V., Saipov A*. New type of harmful gas emissions catalytic converter. Industrial Technology and Engineering. 2015, vol. 4, pp. 5–18.
9. *Valeriy Ved', Leonid Tovazhnyanskiy, Yevgeniy Krasnokutskiy, Vadim Koshchiy*. Modelling Of Hydrocarbons Catalytic Conversion Process. Chemistry & Chemical Technology. 2015, vol. 9, no. 1, pp. 101–106.

Поступила (received) 07.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Стендові випробування каталітичного нейтралізатору ДВЗ нової конструкції / В. Є. Ведь, Т. З. Зебешев, Є. В. Краснокутський, М. О. Гаєвой // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 3–8. – Бібліогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Стеновые испытания каталитического нейтрализатора ДВС новой конструкции / В. Е. Ведь, Т. З. Зебешев, Е. В. Краснокутский, М. А. Гаевой // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 3–8. – Библиогр.: 9 назв. – ISSN 2220-4784.

Bench tests of the combustion engine catalyst of a new design / V. E. Ved, T. Z. Zebeshev, Ye. V. Krasnokutskiy, M. A. Gaewoy // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkov : NTU «KhPI», 2016. – No. 29 (1201). – С. 3–8. – Bibliogr.: 9. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Ведь Валерій Євгенович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com.

Ведь Валерий Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com.

Ved Valeriy Evgenyevich – Doctor of Technical Sciences, professor, professor of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: valeriy.e.ved@gmail.com.

Зебешев Темірхан Зебешевич – начальник департаменту Товариства з обмеженою відповідальністю «Research&Developmentцентр «Казakhstan інжиніринг», e-mail: t.zebeshev@mail.ru.

Зебешев Темірхан Зебешевич – начальник департамента Товарищества с ограниченной ответственностью «Research & Development центр «Казakhstan инжиниринг», e-mail: t.zebeshev@mail.ru.

Zebeshev Temirkhan Zebeshevich – Head of department of Limited Liability Partnership «Research & Development centre «Kazakhstan engineering», e-mail: t.zebeshev@mail.ru.

Краснокутський Євген Володимирович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com

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

Krasnokutskiy Yevgeniy Vladimirovich – PhD, senior lecturer of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: yevhen.krasnokutsky@gmail.com.

Гаєвой Михайло Олександрович – кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів студент НТУ «ХПІ», e-mail: mix.gaewoy@yandex.ru

Гаевой Михаил Александрович – студент кафедри интегрированных технологий, процессов и аппаратов НТУ «ХПИ», e-mail: mix.gaewoy@yandex.ru.

Gaewoy Mikhail Alexandrovich – student of chair «Integrated technologies, processes and apparatus» of NTU «KhPI», e-mail: mix.gaewoy@yandex.ru.

УДК 620.193.4

Ю. Б. ДАНИЛОВ, Л. П. ПЕРЦЕВ**ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ИЗГОТОВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.**

У статті показані основні вимоги які необхідно враховувати при проектуванні і виготовленні посудин та апаратів, працюючих в хімічній і нафтогазовій промисловості, енергетиці, при підвищених тисках, температурах, корозійних середовищах. Показано вплив різних факторів на вибір конструкційних матеріалів: зовнішніх і внутрішніх робочих умов, пов'язаними з властивостями даного матеріалу. До факторів першої групи відносяться температура, тиск, швидкість руху і властивості середовища, особливості технологічного процесу, можливі домішки, атмосферна вологість і забруднення атмосфери. До другої групи факторів належать фізико-механічні і технологічні властивості матеріалів. Найбільш важливими характеристиками механічних властивостей, при виборі матеріалів є, як відомо, межа міцності або тимчасовий опір σ_b , межа текучості σ_T , відносне подовження δ , відносне звуження ψ , модуль пружності при розтягуванні E (модуль подовжньої пружності), коефіцієнт Пуассона μ , ударна в'язкість a_n , повзучість. Знання зазначених факторів дозволяє конструктору розробляти надійне, технологічне обладнання.

Ключові слова: температура, тиск, механічні властивості, пластичність, межа плинності, ударна в'язкість, допустима напруга, повзучість, модуль пружності.

В статье показаны основные требования которые необходимо учитывать при проектировании и изготовлении сосудов и аппаратов работающих в химической и нефтегазовой промышленности, энергетике, при повышенных давлениях, температурах, коррозионных средах. Показано влияние различных факторов на выбор конструкционных материалов: внешних и внутренних рабочих условий, связанными со свойствами данного материала. К факторам первой группы относятся температура, давление, скорость движения и свойства среды, особенности технологического процесса, возможные примеси, атмосферная влажность и загрязненность атмосферы. Ко второй группе факторов относятся физико-механические и технологические свойства материалов. Наиболее важными характеристиками механических свойств, при выборе материалов являются, как известно, предел прочности или временное сопротивление σ_b , предел текучести σ_T , относительное удлинение δ , относительное сужение ψ , модуль упругости при растяжении E (модуль продольной упругости), коэффициент Пуассона μ , ударная вязкость a_n , ползучесть. Знание указанных факторов позволяет конструктору разрабатывать надежное, технологичное оборудование.

Ключевые слова: температура, давление, механические свойства, пластичность, предел текучести, ударная вязкость, допустимое напряжение, ползучесть, модуль упругости.

The article shows the main requirements to consider in the design and manufacture of vessels and apparatus working in the chemical and oil industry, energy, at elevated pressures, temperatures, corrosive environments. Shows the effect of different factors on the choice of construction materials: external and internal operating conditions associated with properties of this material. The factors of the first group are temperature, pressure, velocity and properties of the environment, the features of the technological process, possible impurities, atmospheric humidity and atmospheric pollution. The second group of factors include the physico-mechanical and technological properties of materials. The most important characteristics of mechanical properties in materials are known, the tensile strength or the tensile strength σ_b , σ_T yield strength, relative elongation δ , relative narrowing ψ , modulus of elasticity in tension E (modulus of elasticity), Poisson's ratio μ , the impact strength a_n , creep. Knowledge of these factors allows the designer to develop a reliable, technologically advanced equipment.

Keywords: temperature, pressure, mechanical properties, ductility, yield strength, impact strength, allowable stress, creep, modulus of elasticity

Вступлення. При проектуванні і виготовленні обладнання для хімічної, нафтогазової промисловості, енергетики важно конструкційні матеріали вибирати, руководствуясь следующими требованиями и соображениями: пригодностью для применения в заданных условиях эксплуатации, соответствием стандартам и нормам, освоенностью промышленностью, экономической целесообразностью. В свою очередь, пригодность материала к работе характеризуется тремя основными качествами – коррозионной стойкостью, прочностью при заданной температуре и технологичностью изготовления. В мировой практике известны два подхода к выбору материалов – американский и европейский. В США структура налогового обложения поощряет создание установок, имеющих низкие капитальные затраты, а, следовательно, в проекты закладываются наиболее дешевые конструкционные материалы, но при этом повышаются расходы на эксплуатацию и ремонт оборудования. В Европе же, налоговая система способствует созданию установок с более высокими капитальными затратами, но обеспечивает повышенную надежность и меньшие расходы на ремонт и эксплуатацию.

Исследователи и конструкторы в Советском Союзе при выборе материалов традиционно исходили из европейской концепции, что, возможно, в известной мере предопределило повышенную работоспособность действующего оборудования на постсоветском пространстве, хотя оно практически выработало заложенный ресурс.

Факторы влияющие на выбор материалов. Современный выбор материалов для изготовления нефтегазохимической аппаратуры и оборудования определяется рядом факторов, которые можно разделить на две группы:

- зависящих от внешних и внутренних рабочих условий;

- связанных со свойствами данного материала.

К факторам первой группы относятся температура, давление, скорость движения и свойства среды, особенности технологического процесса, возможные примеси, атмосферная влажность и загрязненность атмосферы. Температура, как известно, влияет на механические свойства материала. При повышении температуры ухудшаются механические свойства металлов.

© Ю.Б. Данилов, Л.П. Перцев 2016

Так, при температуре выше 500 °С механические свойства углеродистых сталей настолько снижаются, что применение их становится нерациональным. Правилами Госгоратомнадзора и требованиями государственных и европейских стандартов не допускается применение углеродистой стали для аппаратов, работающих под давлением при температуре стенки выше 475 °С. Механические свойства легированных сталей при повышении температуры ухудшаются менее резко, поэтому их использование в этих условиях более рационально. При повышении температуры интенсифицируются коррозионные процессы. Так, высокотемпературная сернистая коррозия, как известно, становится заметной, начиная с температуры 250 °С. Снижение температуры стенки ниже 0 °С также вызывает изменение механических свойств материалов.

При повышенных давлениях предъявляются более жесткие требования к качеству стали. Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества разрешается применять для аппаратов, работающих под давлением до 5 МПа, при больших давлениях следует использовать стали с более высокими механическими свойствами и пониженным содержанием серы, фосфора и других вредных примесей, обычно приводящих к интенсификации коррозии. Так, при значительных давлениях в присутствии водорода углеродистые стали подвергаются водородной коррозии.

При выборе материалов необходимо учитывать коррозионное и эрозионное воздействие среды. В этой связи, часто возникают трудности в выборе сталей недефицитных марок; например, при недостаточно полной очистке сырья от солей и воды в некоторых процессах нефтепереработки, для изготовления конденсационно-холодильной аппаратуры затруднительно подобрать стали, обеспечивающие достаточно длительный срок службы аппарата. Повышенные требования предъявляются при выборе материалов для изготовления аппаратов, предназначенных для работы со взрывоопасными веществами.

Ко второй группе факторов относятся физико-механические и технологические свойства материалов.

Наиболее важными характеристиками механических свойств, при выборе материалов

являются, как известно, предел прочности или временное сопротивление σ_b , предел текучести σ_t , относительное удлинение δ , относительное сужение ψ , модуль упругости при растяжении E (модуль продольной упругости), коэффициент Пуассона μ , ударная вязкость α_n .

Кроме указанных механических характеристик, при выборе сталей для изготовления элементов аппаратуры, работающих при повышенных температурах, необходимо знать такие свойства, как ползучесть и длительная прочность материала, склонность к тепловой хрупкости, релаксации, чувствительность к старению, стабильность структуры, а для аппаратуры, работающей при пониженных температурах – ударную вязкость, склонность к хладноломкости.

Из физических характеристик для выбора материалов важно знать также температурный коэффициент линейного расширения и коэффициент теплопроводности материала. Последний является важной характеристикой при конструировании теплообменной аппаратуры всех видов.

Наиболее важными технологическими свойствами материалов, которые следует учитывать при их выборе, являются свариваемость, обрабатываемость давлением и резанием. Помимо указанных факторов, при определении целесообразности применения того или иного материала необходимо, главным образом, учитывать экономические соображения.

Большинство аппаратов на химических и нефтеперерабатывающих заводах работает в условиях повышенных температур и давлений. Изменение механических свойств сталей при повышенных температурах следует учитывать при выборе допускаемых напряжений. Так, при повышении температуры предел текучести сталей падает, а поскольку рабочие напряжения не должны превышать предел текучести, и их выбирают с определённым запасом, то при повышении температуры допускаемые напряжения уменьшаются.

Изменение механических свойств различных углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,4 % при повышенных температурах носит примерно одинаковый характер и может быть представлено в относительных единицах (табл.1).

Таблица 1. Механические свойства (%) углеродистых сталей с содержанием углерода до 0,4 %

Температура, °С	σ_b	σ_t	δ	ψ	E	α_n
20	100	100	100	100	100	100
100	100	95	80	95	98	110
200	120	85	55	80	95	115
300	115	70	80	90	90	110
400	90	58	100	100	85	85

Как видно из табл. 1.1, предел прочности с ростом температуры изменяется, увеличиваясь на 20% при температуре 200 °С и падая при дальнейшем увеличении температуры до 60% при 500 °С (следует отметить, что увеличение прочности при 200 °С в расчет не принимается).

С повышением температуры характер диаграммы растяжения углеродистой стали изменяется: явление текучести становится менее явным (рис.1) и при температуре примерно 300 °С площадка текучести исчезает. В этом случае свойства оценивают по так называемому условному пределу текучести, который определяют как напряжение, вызывающее заданную степень остаточной деформации (принято 0,2%). Отношение предел текучести к пределу прочности при нормальной температуре для низкоуглеродистых сталей определяется соотношением $\sigma_T = (0,55 \div 0,60)\sigma_B$.

При повышении температуры предел текучести падает в большей степени, чем предел прочности,

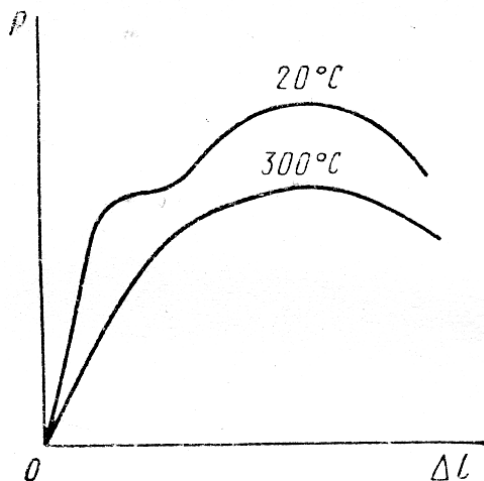


Рис. 1. Диаграмма растяжения стали:
P – сила, Δl – линейная деформация

Для стали предел текучести при изгибе превышает предел текучести при растяжении и составляет при $\sigma_T = 200 \div 500$ МПа для образцов прямоугольного сечения соответственно $\sigma_{TI} = (1,44 \div 1,35)\sigma_T$. Это объясняется неоднородностью напряженного состояния в условиях пластических деформаций при изгибе, когда эпюра напряжений характеризуется кривой 2 (рис. 2), а не прямой 1, как в условиях упругих деформаций. Для определения действительных напряжений в крайнем волокне при изгибе применяют формулы, соответствующие распределению напряжений по кривой.

Однако, поскольку формулы, применяемые для определения упругих напряжений, соответствуют прямолинейному закону распределения считается возможным до 15% повысить расчётное допускаемое значение изгибного напряжения в сравнении с допускаемым напряжением при растяжении.

поэтому допускаемое напряжение следует выбирать с учетом изменения предела текучести.

Величина предела текучести при изгибе определяется напряжением, которое вызывает в крайних волокнах остаточные деформации 0,2%.

Изгибающий момент (рис. 1.2)

$$M_u = \frac{P_T \cdot l}{4},$$

где P_T – сила, вызывающая остаточные деформации в крайних волокнах образца, равные 0,2%;

l – пролёт образца.

Предел текучести при изгибе

$$\sigma_{TI} = \frac{P_T \cdot l}{4W},$$

где W – осевой момент сопротивления рассматриваемого сечения.

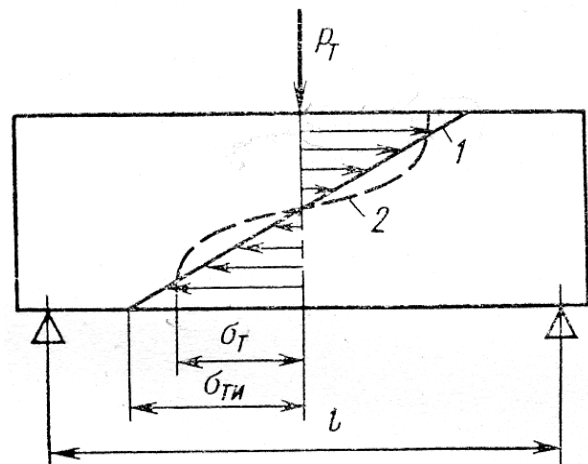


Рис. 2. Эпюра напряжений в сечении образца при изгибе: 1 – при упругих деформациях; 2 – при пластических деформациях

Если во всех точках поперечного сечения (рис. 2) будет достигнуто напряжение текучести, то наступит так называемое предельное состояние, при котором образуется шарнир пластичности. Предельный изгибающий момент, который может выдержать балка в этом случае, определяют как произведение предела текучести на пластический момент сопротивления W_p . Значение W_p для прямоугольного сечения высотой h и шириной b : $W_p = b \cdot h^2 / 4$; момент сопротивления при упругих деформациях, когда напряжения изменяются линейно от нейтральной оси к крайним волокнам в сечении образца, $W = b \cdot h^3 / 6$. В этом случае следует брать требуемый по условиям работы коэффициент запаса прочности к предельному состоянию.

Характер изменения пластических свойств стали (относительного удлинения δ и относительного сужения ψ) при повышении температуры

противоположен изменению предела прочности (табл.1). С ростом температуры δ и ψ вначале уменьшаются одновременно с некоторым увеличением предела прочности, а затем увеличиваются; сталь становится более пластичной, чем при нормальных условиях.

При выборе материалов по их характеристикам следует различать относительное удлинение образца пяти- и десятикратной расчетной длины, для которых соответственно:

$$l=5d \text{ или } l=5,65\sqrt{F} \text{ и } l=10d \text{ или } l=11,3\sqrt{F},$$

где d – диаметр образца;

F – площадь поперечного сечения образца.

Значения относительного удлинения δ_5 и δ_{10} различаются: для низкоуглеродистой стали $\delta_5 \approx 1,16 \delta_{10}$; для углеродистых сталей с содержанием углерода не более 0,25 % обычно принимают $\delta_{10} \geq 20\%$.

Значения модуля упругости при растяжении и сдвиге – с повышением температуры падает (табл. 2).

Таблица 2. Модуль упругости E при растяжении (в функции температур)

Сталь	Значение $E \cdot 10^{-3}$, МПа, при температуре °С				
	20	100	250	450	550
Углеродистая	1,99	1,91	1,76	1,40	-
Легированная аустенитного класса	2	2	1,94	1,75	1,61

Значения величин модуля упругости материала при различных температурах, в частности, необходимы при определении температурных напряжений в элементах аппаратуры, расчете на устойчивость форм аппаратов и их частей.

Для сталей, используемых при изготовлении сосудов и аппаратов, допускаемое значение ударной вязкости при нормальной и пониженных температурах ограничено минимальным пределом.

При воздействии высоких температур в условиях напряженного состояния в сталях возникают ползучесть и релаксация, протекающие с различной интенсивностью в зависимости от химического состава стали, ее структуры. Некоторые стали проявляют склонность к нарушению стабильности структуры.

Обычные методы кратковременных испытаний в условиях повышенных температур не дают полной возможности выявить действительное состояние механических свойств сталей и не позволяют правильно судить об их прочности и пластичности. В связи с этим, выбирая допускаемые напряжения при высоких температурах, следует учитывать всестороннее изменение комплекса механических свойств: предела прочности, предела текучести, длительной прочности и склонности сталей к ползучести, релаксации. При определении работоспособности стали в данных условиях необходимо учитывать также и ряд таких факторов, как склонность к тепловой хрупкости, графитизации, старению.

Ползучестью, как известно, называют способность стали при высокой температуре медленно пластически деформироваться под действием постоянной нагрузки. Испытания на ползучесть проводят в специальных электропечах по заданной программе, определяющей деформацию образца.

Длительность испытаний обычно составляет 2000-3000 ч, но, при необходимости, может быть увеличена. По результатам испытаний вычисляют относительную скорость ползучести V_n по формуле:

$$v_n = \frac{\Delta l}{l \cdot \tau},$$

где Δl – абсолютная деформация образца;

l – расчетная длина образца;

τ – время испытаний.

Пределом относительной скорости ползучести (условным) называют напряжение, которое вызывает абсолютную деформацию образца 1% ($\Delta l=0,01$) за определенное время τ . Величина предела ползучести определится относительной скоростью ползучести:

$$v_n = \frac{0,01l}{10000} = 10^{-6}$$

$$\text{или } v_n = \frac{0,01l}{100000} = 10^{-7} \text{ мм/мм}\cdot\text{ч.}$$

Изложенные факторы усиливают разрушительные процессы коррозионного воздействия и должны быть учтены при выборе материалов при проектировании и изготовлении оборудования.

Выводы.

Создаваемое оборудование должно решать задачу оптимального выбора конструкционных коррозионностойких материалов, для химически агрессивных сред, технологичных материалов, обеспечивающих в полном объеме, высокую надежность, гарантированную безопасность и реальную экономичность.

При этом конструктору необходимо знать физико-химические свойства материалов, влияние на

работу сосудов и аппаратов внешних и внутренних условий: температуры, давления, коррозионное и эрозионное воздействие среды, механические свойства материалов (предел прочности, линейного

расширении, теплопроводность, свариваемость, обрабатываемость давлением и др.), что позволит выбрать материалы пригодными к работе.

Список литературы:

1. Eight items affect materials choices. P.Dillon – Te oiland Gas Gjbrnal. 1977 p.
2. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., ДАНИЛОВ Ю.Б., КАЧАНОВ В.А., ПЕРЦЕВ Л.П., ШЕПЕЛЬ Т.Э. Конструкционные металлические материалы в химическом и нефтегазовом машиностроении. Уч. пособие. Х. : Підручник, НТУ «ХПІ». 2012г. – 212 с.
3. Белинский А.Л., Кристал М.М., Кутепов С.М., Логвинов В.И., Шапиро М.Б. Система выбора сталей и сплавов для химического оборудования-Химическое и нефтяное машиностроение 1984-№8- С 24-29.

2. Tovazhnyans'kyu L. L., Danilov Y.B., Kahanov B.A., Perzev L.P., Shepel T.E., Kontrukzionnye mttaliheskie material b himiheskom I nefegazobom mahinostroenii Structural metal materials in chemical and mechanical engineering neftegazovom (Structural metal materials in chemical and mechanical engineering)- Textbook.: Pidryhnik NTU HPI. 2012. – 212 p.
3. Belinsky A.L., Kristal M.M., Kytateladze C.M., Logbinov V.I., Napiro M.B. Sistema bubora staley i splavov dla himiheskogo oborydovania (The choice of steels and alloys for chemical equipment)- Chemical and petroleum engineering 1984p. – No 8. – 24–29 p.

Bibliography (transliterated):

1. Eight items affect materials choices. P.Dillon – Te oiland Gas Gjbrnal. 1977. – 202 p.

Поступила (received) 23.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вимоги до вибору конструкційних матеріалів при проектуванні та виготовленні обладнання для хімічної промисловості / Ю.Б. Данилов, Л.П. Перцев // Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2016. № 29 (1209). – С. 9 – 13. – Бібліогр. 3 назв. – ISSN 2220-4784.

Требования к выбору конструкционных материалов при проектировании и изготовлении оборудования для химической промышленности / Ю.Б. Данилов, Л.П. Перцев // Вісник НТУ «ХПІ». Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1209). – С. 9–13. – Библиогр. 3 назв. – ISSN 2220-4784.

The requirements for selecting structural materials in the design and manufacture of equipment for chemical industry / Y.B. Danilov, L.P. Perzev // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1209). – P. 9–13. – Bibliogr.: 3 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Данилов Юрій Борисович – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

Danylov Yuri Borisovich – doctor of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

Данилов Юрий Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

Перцев Леонід Петрович – доктор технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

Perzev Leonid Petrovich – doctor of technical sciences, Professor, Department of Integrated technologies, processes and apparatus National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

Перцев Леонид Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380503432705; e-mail: danylovyb@mail.ru

УДК 661.46.47

Н. Н. НЕМЕЦ**О ПРЕВРАЩЕНИИ ЙОДИД-ИОНОВ ПОПУТНО-ПЛАСТОВЫХ ВОД ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ЙОД ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОЗОНА**

Досліджено одержання йоду з попутної пластової води газоконденсатного родовища України, в якій знаходиться 50 мг/л йодид-іонів, 800 бромід-іонів при загальній мінералізації 253 г/л. Одержано залежності зміни ступеня перетворення йодид-іонів в йод від часу, відношення озон : йодид-іон, кислотності.

Ключові слова: пласт, вода, йодид-іон, йод, озонування, час, відношення.

Исследовано получения йода из попутной пластовой воды газоконденсатного месторождения Украины, в которой содержится 50 мг/л йодид-ионов, 800 мг/л бромид-ионов при общей минерализации 253 г/л. Получены зависимости изменения степени превращения йодид-ионов в йод от времени, соотношения озон : йодид-ион, кислотности.

Ключевые слова: пласт, вода, йодид-ион, йод, озонирование, время, соотношение.

Investigated obtain iodine from associated formation water and condensate fields of Ukraine ozonized air, which contains 50 mg / l of iodide ions, 800 mg / l of bromide ions in the total mineralization of 253 g / l. Obtained changes depending conversion of iodide ion to iodine is from time to time, the ratio of ozone: iodide ion acidity. It is shown that the conversion of iodide ion increases somewhat with decreasing pH. Increasing the mole ratio of ozone ion: iodide ions also increases the degree of conversion. The conversion conditions studied mostly depends on the processing time ozone water mixture: first conversion increases up to a certain limit, and then it tends to decrease.

Keyword: stratum, water, iodide ion, iodine, ozone treatment, the time, ratio.

Введение.

Попутные пластовые воды – как побочный продукт получения природного газа и газового конденсата – экологически опасные для окружающей среды из-за наличия целого ряда компонентов, в частности йодидов, бромидов, кислотности, высокой минерализации и других веществ. Поэтому в технологических процессах разработки месторождений их закачивают обратно в пласты, предварительно определив совместимость возвращаемых минерализованных вод с пластовыми. Вместе с тем, поскольку попутные пластовые воды содержат различные соединения, то такие воды могут быть сырьем для получения ряда веществ, в том числе дефицитных, например, йода.

Анализ состояния получения йода. Мировое производство йода, которое оценивается величиной более 30 тыс. тонн/год, не удовлетворяет потребность в нем как населения, так и различных производств. Ведущие мировые производители йода извлекают его либо из морских водорослей, либо из гидротермальных источников, рассолов. Получение йода из буровых вод нефтяных месторождений начато в начале прошлого века. В некоторых странах рассматривается возможность его получения из воды, добываемой вместе с природным газом. В Украине на ряде газоконденсатных месторождений попутно добываются значительные объемы попутных пластовых вод, в которых содержатся йод и бром в виде йодид- и бромид-ионов в концентрациях до 100 мг/л и 1000 мг/л, соответственно, с общей минерализацией 60 г/л – 200 г/л и более. Получение йода достаточно полно освещено в [1, 2]. Известные технологии извлечения йода из минерализованных вод включают такие основные стадии как: превращение йодид-ионов в йод путем обработки хлором или гипохлоритом в кислотной среде с величиной pH \approx 2 – 3, десорбция йода отгонкой воздухом, поглощение сорбентами (углем,

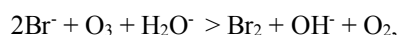
ионитами), концентрирование солей, выделение йода. Один из недостатков таких технологий состоит в том, что для извлечения йода используют значительные количества экологически вредных и коррозионно-действующих реагентов. Это усложняет технологию извлечения и создает ряд экологических проблем, которые обусловлены применением хлора, серной или соляной кислоты и ряда других веществ.

Задача исследования состоит в научном обосновании путей уменьшения дефицита йода за счет разработки более экологически безопасной технологии с привлечением новой ресурсной базы – попутных пластовых вод газоконденсатных месторождений.

Известно [3] получение йода путем окисления йодидов гипохлоритом натрия без предварительного подкисления кислотой с одновременным извлечением йода в органическую фазу с последующими рекстракцией, очищением йода с помощью порошка металлической меди, потом порошка железа при повышенной температуре, выделением йода обработкой гипохлоритом. Недостаток получения йода таким способом состоит в применении меди, железа и агрессивных реагентов. Применение для окисления перекиси водорода с последующей экстракцией трибутилфосфатом – не рентабельно из-за использования дорогих реагентов [4]. С применением газа, содержащего кислород, в присутствии соединений металлов переменной валентности, слабой кислоты и парциальном давлении кислорода до 1,0 МПа получают до 70 % йода с вод, содержание в которых йода не ниже 60 мг/л [5]. При использовании озона как окислителя в воде с величиной pH 7 – 8 йодиды буровой воды окисляют до йодат-ионов, к которым добавляют серную кислоту и раствор йодидов. Последние реагируют с йодатами с образованием йода [2, 6]. При этом, если в воде содержится значительно большее количество бромидов, то они превращаются

© Н. Н. Немец, 2016

в бром согласно реакции:



который загрязняет йод, снижая его качество [7]. Также известно выделение йода из воды газоконденсатного месторождения путем окисления йодидов известными технологиями с последующей адсорбцией йода октадецил-диметиламино-γ-пропилкремнеземом, десорбцией йодида с ионообменника, 80 % выделением йода с применением рассола хлоридов с концентрацией 0,5 – 1,2 г-моль/л [8]. Выделение йода, полученного известными технологиями, также производят с помощью анионитов [9] при использовании на последующих стадиях также известных технологий. Известно извлечение йода из буровых вод нефтяного месторождения [10] обработкой подкисленной воды воздухом в присутствии озона и соли двухвалентного железа, что позволяет извлекать йод из воды с низкой концентрацией йодидов с 70 – 95 % степенью извлечения. К недостаткам такого способа получения йода относится то, что воду принудительно подкисляют, вводят соль двухвалентного железа, а также не выяснено влияние озона.

Цель работы состоит в научном обосновании получения йода в экологически более безопасных условиях путем изучения влияния начальной кислотности в попутной пластовой воде, времени, мольно-ионного отношения реагентов на степень превращения йодид-ионов при озонировании озонородной смесью.

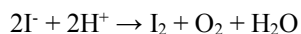
Методы и объект исследования.

Концентрации йодид-ионов, бромид-ионов, хлорид-ионов, сульфат-ионов, бикарбонат-ионов, ионов кальция, магния, натрия, калия, железа (II, III), общую минерализацию определено согласно [13]. Содержание озона определено йодометрическим методом [14]. Йод и бром в буровых водах анализировали путем извлечения их хлороформом и титрования хлороформенной вытяжки раствором тиосульфата натрия в присутствии муравьиной кислоты, которая восстанавливает бром и не реагирует с йодом, что позволяет провести раздельное определение йода и брома при их совместном присутствии [15]. Кислотное число определено согласно [16, 17].

В качестве объекта исследования использована модель попутной пластовой воды из скважины Машевского газоконденсатного месторождения, в состав которой входит, мг/л: I⁻ 50, Br⁻ 800, Cl⁻ 148086, SO₄²⁻ 215, HCO₃⁻ 220, Ca²⁺ 536, Mg²⁺ 4256, Fe²⁺ 42, Fe³⁺ 0. Общая минерализация 253 г/л. Исходное кислотное число воды 25 мг КОН/г. Изменение кислотности воды осуществляли добавлением раствора щелочи. Озон получали на установке GL – 3189 производительностью 6,63·10⁻² м³/час воздуха с концентрацией озона 6,28·10⁻² г-моля/м³.

Результаты. Известно [10], что превращение

йодид-ионов в йод может происходить в слабокислой среде согласно реакции:



Также известно, что в нейтральной и щелочной среде протекает реакция гидролиза йода с образованием йодноватистой кислоты. Поэтому был исследован интервал кислотности воды 10 – 25 мг КОН/г, который несколько ниже нейтральной (рис. 1). Полученные результаты свидетельствуют о том, что с течением времени и приближении кислотности среды ближе к нейтральной степень превращения (СП) увеличивается. При этом увеличение времени контакта оказывает большее влияние по сравнению с изученным интервалом кислотности.

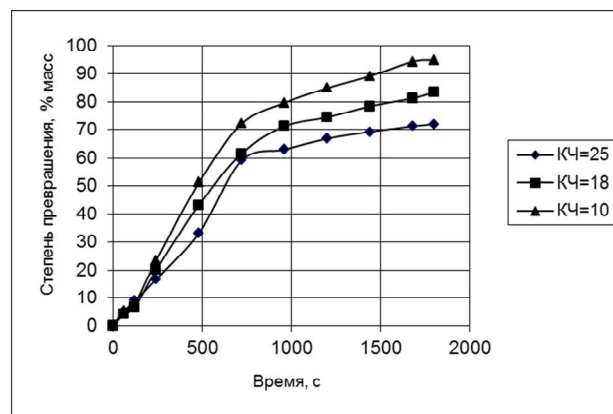


Рис. 1 Изменение степени превращения йодид-ионов от времени и кислотного числа при соотношении озон: йодид-ион 1.

Изменение степени превращения йодид-ионов от времени, мольно-ионного соотношения озон: йодид-ионы и при разной кислотности среды приведено на рис. 2 – 4, из которых следует, что наибольшее влияние на превращение йодидов в йод оказывает время обработки. При этом с увеличением количества озона степень превращения йодидов возрастает, что особенно заметно при меньшей кислотности среды (рис. 2). Увеличение кислотности практически нивелирует влияние озона при мольно-ионных соотношениях больше 1 (рис. 3).

Обсуждение результатов. Исследование зависимостей степени превращения от времени обработки, мольно-ионного соотношения реагентов, кислотности среды свидетельствует о том, что путем изменения этих параметров можно достигать высокой степени превращения йодид-ионов (рис. 2 – 4). Очевидно, что более высокие степени превращения при большем мольно-ионном соотношении реагентов обусловлено проскоком газовой фазы. Некоторое увеличение степени превращения при уменьшении кислотности и одинаковом мольно-ионном соотношении подтверждает то, что процесс окисления йодидов озоном можно вести и без сильного подкисления воды.

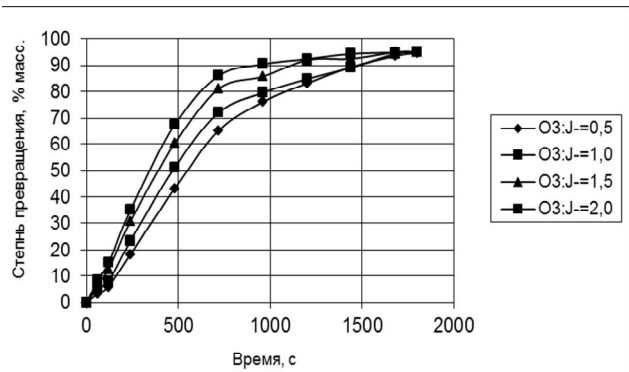


Рис. 2 Степень превращения йодид-ионов от времени при разном мольно-ионном соотношении озон: йодид-ион и кислотности 10 мг КОН/г.

Вместе с тем известно, что, как отмечено выше, в нейтральной и щелочной среде протекает реакция гидролиза йода с образованием йодноватистой кислоты:

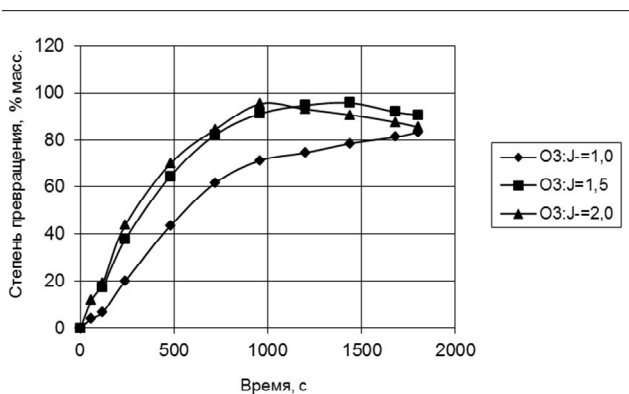


Рис. 3 Степень превращения йодид-ионов от времени при разном мольно-ионном соотношении озон: йодид-ион и кислотности 18 мг КОН/г.

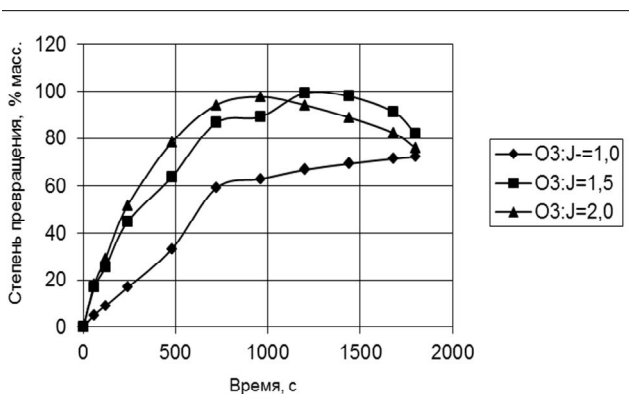
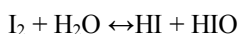
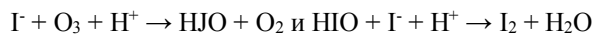


Рис. 4 Степень превращения йодид-ионов от времени при разном мольно-ионном соотношении озон : йодид-ион и кислотности 25 мг КОН/г.



Поэтому для предупреждения гидролиза нужно следить за тем, чтобы среда не приобретала нейтральный или щелочной характер. Изучением реакции взаимодействия йодидов с озоном в присутствии протонов установлено [11], что скорости последовательно протекающих реакций:



оцениваются величинами $2,4 \cdot 10^9 \text{ м}^{-1}\text{с}^{-1}$ и $4,4 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-1}\text{с}^{-1}$, соответственно.

В тоже время, взаимодействие бромидов с озоном в воде протекает со скоростью $1,6 \cdot 10^2 \text{ м}^{-1}\text{с}^{-1}$ [12]. Такое различие в скоростях реакций говорит о том, что в определенных условиях в реакцию вступают только йодиды. Поскольку константы скорости реакций озонирования йодид-ионов оцениваются величинами в интервале $10^9 - 10^{12} \text{ м}^{-1}\text{с}^{-1}$, то это свидетельствует о том, что эту реакцию можно отнести к мгновенным реакциям. Следовательно, ее протекание почти не должно зависеть от температуры, так как энергии активации должна быть близкие к «0», а время озонирования отражает время контакта между гетерогенными фазами и лимитируется перемешиванием и диффузией, очевидно озона в жидкую фазу, поскольку с увеличением мольно-ионного соотношения реагентов степень превращения возрастает.

Можно допустить, что при взаимодействии озона с йодид-ионами протекают реакции, при которых образуется не только йод. Однако изучение зависимости степени превращения йодид-ионов от степени образования йода в одних и тех же условиях характеризуется прямолинейной зависимостью (рис. 5), которая выходит из начала координат под углом 45° .

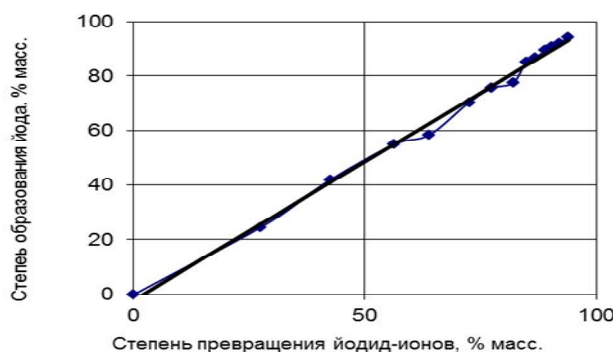


Рис. 5 Зависимость степени превращения йодид-ионов от степени образования йода.

Это подтверждает то, что йодид-ионы расходуются в изученных условиях только на образование йода. Это подтверждается и тем, что в воде после озонирования не обнаружено брома.

Выводы.

Установлено, что при озонировании попутной пластовой воды украинского газоконденсатного месторождения йодид-ионы могут превращаться в йод без предварительного подкисления и дополнительного использования катализаторов.

Степень превращения йодид-ионов изменяется с изменением кислотности среды и увеличением мольно-ионного отношения между реагентами.

При увеличении времени озонирования степень превращения йодид-ионов увеличивается, достигая определенного максимума, а потом уменьшается.

Показано, что йодид-ионы попутной пластовой воды могут быть превращены в йод по экологически более безопасной технологии в сравнении с существующими технологиями.

Список литературы:

1. Lyday A. *Jodine.* / A. Lyday // *U.S. Geological survey minerals yearbook.* – 2000. S. 391 – 400.
2. Ксензенко В.И., Стасиневич Д.С. Химия и технология брома, йода и их соединений. / В.И. Ксензенко, Д.С. Стасиневич М.: Химия, 1995. – 299 с.
3. Пат. 2100271 RU, МПК C01B7/14. Способ выделения йода из буровых вод / Исупов В.К. Галкин Б.Я. Анисимов О.П.; заявитель и патентоотбладатель НПО «Радиевый институт им. В.Г. Холопина»; заяв. 12.09.1995; опубл. 27.12.1997. Режим доступа: [freepatent.ru>pftents/2100271](http://freepatent.ru/patents/2100271).
4. А. с. 1161459 СССР, МПК C01B7/13; опубл. 15.06.85, Бюл. 22.
5. Пат. США 4487752, МПК C01B7/14; опубл. 11.12.84, РЖХ 1985, 18Л29П.
6. А. с. № 575 – 45/3387 – 46 СРСР. Способ выделения йода из буровых вод/ Гогоришвили П.В.; заявл. 18.05.45.
7. Пат. 1139700 А SU C01B7/9. Способ получения брома / Каут В.М., Гобов С.Л., Чусова Л.Л.; заявл. 10.10.82; опубл. 15.02.85. Бюл. №6.
8. Пат. 98104 UA C01B7/00. Спосіб іонообмінного вилучення йоду з природних розсолів / Трохименко О.М., Зайцев В.М., Голуб О.А., Анањева В.В.; заявник і власник КНУ ім. Т. Шевченко; заяв 27.06.2008; опубл. 2012. Бюл. №8. Режим доступа: [uapatents.com>6-98104](http://uapatents.com/6-98104).
9. Пат. 2113402 RU. МПК C01B/14. Способ извлечения йода из растворов/Федулов Ю.Н., Жукова Н.Г, Зорина А.И., Данилов В.П., Краснобаева О.Н., Писаренко, Л.Н.; заявитель и патентообладатель ИОНХ РАН; заявл. 03.10.1993; опубл.20.06.1998. Режим доступа: [freepatent.ru>pftents/2113402](http://freepatent.ru/patents/2113402).
10. Пат. 2186721 RU, C01B7/14. Способ извлечения йода из буровых вод /Власов Г.А. Бушина Н.Д. Буравцева Г.И. Мухаметшина Л.В. заявитель и патентодержатель РНЦ «Прикладная химия»; заяв. 22.12.199; опубл. 12.08.2002. Режим доступа: [freepatent.ru>pftents/2186721](http://freepatent.ru/patents/2186721).
11. Pilar E. A. Conversion of iodide to hypoiodous acid and iodine in aqueous microdroplets exposed to ozone / E. A. Pilar. M.J. Gusman, J.M. Rodrigues. // *J. environmental sci. and techn.* – 2013.-V.47. – PP.10971-10979.
12. Rip G. Rice. Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment / G. Rice Rip // *J. environmental sci. and techn.* – 2013. – V.47. – PP.10971–10979.
13. Резников А.А. Методы анализа природных вод / А.А. Резников, Е.П. Муликовская, И.Ю. Соколов. М.: Недра. 1970. – 488 с.
14. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. М.: Химия, 1984. – С. 194 – 196.
15. Шарло Г. Методы аналитической химии / Г. Шарло. М.: Химия, 1965. – 890 с.
16. Мельник А.П., Практикум з хімії та технології поверхнево-активних похідних вуглеводневої сировини / А.П. Мельник, О.П. Чумак, Т.О. Березка – Харків: Курсор, 2004. – 326 с.
17. Товажнянский Л.Л., Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (учебное пособие) / Кошелева М.К., Бухкало С.И.. Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.

References (transliterated)

1. Lyday A. *Jodine.* A. Lyday U.S. Geological survey minerals yearbook – 2000. P. 391 – 400.
2. Ksenzenko W. I. Stasinewich D.S [Chimija I technologia broma, joda i ich soedineniy.] Chemistry and Technology of bromine, iodine and compounds thereof. M.: Chemystry, 1995. – 299 P.
3. Pat. 2100271 RU, MPK [Sposob poluchenija joda iz burowich wod] The method of iodine from water drilling / Isupov W.K., Galkin B. JA/Anisimow O.P.; zajawitel i patenoobladatel NPO “Radiewij institut” im. Cholopina; zajaw. 12.09.1955 opubl. 27.12. 1997. Regim dostupu: [freepatent.ru>patents/2100271](http://freepatent.ru/patents/2100271).
4. A.s. 1161459 SSSR, MPK C01B7/13; opubl.; 15.06.85, Bjyl. 22.
5. Pat. США 4487752 Method for producing iodine or iodine derivatives, MPK C01B7/14; 11.12.84, RGH 1985, 18L29P.
6. A.s. № 575–45/3387–46 SSSR. [Sposob videleniya joda iz burowich vod] opubl. The method of iodine from water drilling/Gogorichwili P.W.; zajaw. 18.05.45.
7. Pat. 1139700 A, SSSR C01B7/9. A method of producing bromine/ Kaut W.M., Gobov S. L., Chusowa L. L; zajaw.10.10.82; opubl.15.02.85. Bjyl. №6.
8. Pat. 98104 UA C01B7/00. [Sposib ionnobminnogo viluchennyja jodu z pripodnich rozsoliv] Ion exchange method iodine extraction from natural brines / Trochimenko O.M., Zaictev W.M., Golub O.A., Ananjewa W.W.; zajawitel i vlasnik KNU im. T. Chewchenko; zajaw. 27.06.2008; opubl. 2012. Bjyl. №8. Regim dostupu: [uapatents.com>6-98104](http://uapatents.com/6-98104).

9. Pat. 2113402 RU. MPK C01B/14. [Sposob izvlecheniya joda iz rastvorov] The method of extraction of iodine from solutions / Fedulow JU. N., Gukowa N. G., Zorina A.I., Danilow W.P., Krasnobaewa O.N., Pisarenko L.N., zajawitel i patenoobladatel IONCH RAN PAH; zajaw. 03.10.1993; opubl. 20.06.1998. Regim dostupu.
10. Pat. 2186721 RU, C01B7/14. [Sposob izvlecheniya joda iz burovich vod] A method of extracting iodine from water drilling] / Wlasow G.A., Buchina N.D., Burawtsewa G.I., Muchametchina L.W., zajawitel i patenoobladatel RNZ "Prikladnaja chimija"; zajaw. 22.12.199; opubl. 12.08.2002. Regim dostupu: freepfent.ru>patents/2186721.
11. Pillar E. A., Guzman M. J., Rodriguez J. M. Conversion of iodide to hypoiodous acid and iodine in aqueous microdroplets exposed to ozone // J. environmental sci. and techn. – 2013. – V.47. – PP. 10971 –10979.
12. Rip G. Rice. Chemistries of ozone for municipal pool and spa water treatment. Facts and Fallacies // The Journal of the Swimming Pool and Spc Indastry. 1995. – V1. – №1. –PP. 25 – 44.
13. Reznikow A.A, Mulikowskaja E.P., Sokolow I. JU., [Analiticheskaay chimia promishltnnih stochnih vod] Methods of analysis of natural waters / A.A. Reznikow,. M.: Nadra. 1970. – 488 p.
14. Lurye YU. YU. [Analiticheskaja chimia promichlenich stochnih vod] Analytical chemistry of industrial waste water. M.: Chimia, 1984. – P. 194 –196.
15. Charlo G. [Metodi analiticheskoy chimii] Methods of analytical chemistry. / M.: Chimija, 1965. – 890 p.
16. Melnik A.P., Chumak O.P., Berozka T.O. [Praktikum z chimiji ta tehnologiji poverchnevo-aktivnich pochidnich vuglevodnevoji sirovini] Workshop on Chemistry and Technology surfactants hydrocarbon derivatives. – Charkiw: Cursor, 2004. – 326 p.
17. Tovazhnjans'kij L.L., Kosheleva M. K., Buhkalo C. I. [Obschaya khimicheskaya tehnologia v primerah, Zadachah, Laboratornih rabotah I tekstah (uchebnoe posobie)] General Chemical Engineering in the examples, problems, laboratory work and testing (manual). Moskov INFRA-M, 2015. P. 447.

Поступила (received) 23.10.2016

Библиографические описания / Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

О превращении йодид-ионов попутно-пластовых вод газоконденсатных месторождений в йод под воздействием озона / Н. Н. Немец // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів.. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016 - № 29 (1209). – С. 14–18. – Библиогр: 17 назв. – ISSN 2220-4784.

Про перетворення йодид-іонів супутньо-пластових вод газоконденсатних родовищ у йод під впливом озону / Н. Н. Немец // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016 - № 29 (1209). – С. 14–18 – Бібліогр: 17 назв. – ISSN 2220-4784.

About the conversion of iodide ion free water reservoir of gas condensate fields in iodine under the influence of ozone / N. N. Nemets, // Bulletin Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1209). – P. 14–18. – Bibliog.: 17 titles – ISSN 2220-4784.

Сведения об авторах / Відомості про авторів / About the Authors

Немец Наталья Николаевна – заведующая отделом, Украинский научно-исследовательский институт природных газов (УкрНИИГаз). г. Харьков, тел.: +380677300867; e-mail: nemec_nata@mail.ru

Німець Наталя Миколаївна – завідувач відділу, Український науково-дослідний інститут природних газів, (УкрНДІГаз), м. Харків, тел.: +380677300867; e-mail: nemec_nata@mail.ru

Nemets Natalya Nicolaevna – department head, Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIGaz», Charkiv, tel.: +380677300867; e-mail: nemec_nata@mail.ru

УДК 622.24.084.34

О. В. КУСТУРОВА, Р. О. ШЕВЧЕНКО, О. А. ЖУГАН, А. В. ПЕЧЕНИЖСЬКА, О. А. ПОДОЛЬЯН**ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІДИН**

Розглянуто корозійні процеси, які впливають на продуктивність свердловин, в яких відбуваються фізико-хімічні процеси при технологічних операціях (закінчення, інтенсифікація, консервація та глушіння свердловин). Всесвітня практика встановила високі вимоги до технологічних рідин для зменшення негативного впливу на продуктивні властивості пластів. Спорудження та експлуатація свердловин в Україні відбувається не тільки в складних гірничо-геологічних умовах, але і в часи складної економічної кризи. Дані умови сприяють розвитку науково-дослідних робіт для мінімізації витрат на приготування технологічних рідин на основі відчиненої сировини. Технологічні рідини на основі синергетичних сумішей для проведення глушіння свердловин не повинні забруднювати продуктивні горизонти. Основа рідин глушіння є важливою для створення рецептур розчинів для глушіння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах. Особу увагу слід приділяти густині розчинів для глушіння, щоб не допустити гідророзрив пласта.

Ключові слова: пласт, корозія, синергізм, фільтрація, амоній хлористий, глушіння.

Рассмотрены коррозионные процессы, влияющие на продуктивность скважин, в которых проходят физико-химические процессы при технологических операциях (окончание, интенсификация, консервация и глушение скважин). Мировая практика предъявляет высокие требования к технологическим жидкостям для уменьшения негативного влияния на продуктивные свойства пластов. Сооружение и эксплуатация скважин в Украине происходит не только в сложных горно-геологических условиях, но и во время тяжелой экономической ситуации. Данная ситуация способствует развитию научно-исследовательских работ для минимизации затрат на приготовление технологических жидкостей на основе отечественных реагентов. Технологические жидкости на основе синергетических смесей для проведения глушения скважин не должны загрязнять продуктивные горизонты. Основа растворов глушения является важной для создания рецептур для глушения скважин в сложных горно-геологических условиях. Особое внимание нужно уделить плотности растворов для глушения, чтобы не допустить гидроразрывов пласта.

Ключевые слова: пласт, коррозия, синергизм, фильтрация, аммоний хлористый, глушение.

Considered corrosion processes affecting the productivity of the wells. In the wells are going physical and chemical processes during technological operations (completion, stimulation, preservation and killing of wells). World practice makes high demands on technological liquids to reduce the negative impact on the productive layers. The construction and operation of wells in the Ukraine is not only in the difficult geological conditions, but also during the difficult economic situation. This situation contributes to the development of scientific research to minimize the costs for preparation of technological fluids on the basis of domestic agents. Process fluid based on synergistic mixes for conducting a well killing should not contaminate reservoirs. Fluids base for kill well are impotent for design it in difficult geological environment. During all well kills, careful attention must be paid to not exceeding the formation strength at the weakest point of the wellbore, the "fracture pressure", otherwise fluid will be lost from the wellbore to the formation. We must pay attention carefully of weight fluids for kill well that it doesn't run into productive layer. Technological fluid systems are designed and formulated to perform efficiently under expected wellbore conditions. There are many different types of technological fluids, based on different composition and use.

Keywords: reservoir, corrosion, synergy, filtration, ammonium chloride, kill well.

Вступ. В сучасних умовах буріння свердловин в Україні етап завершальних робіт є найвідповідальнішим, з точки зору повернення вкладених у будівництво коштів. Кінцева мета будівництва свердловини є розкриття продуктивних пластів із збереженням їх природних фільтраційно-ємних властивостей, швидке освоєння і отримання максимального припливу пластового флюїду. Світовий досвід свідчить про те, що саме на завершальних стадіях спорудження втрачається від 30 до 80 % продуктивності свердловин.

Таким чином, проблема якісного розкриття та подальших робіт пов'язаних з освоєнням, інтенсифікаціями та капремонтами свердловин, вимагає особливої уваги [1].

Під час будівництва і експлуатації свердловин важливе значення відіграють технологічні рідини, які використовуються на стадії завершення (розчини для первинного розкриття і перфорації), кріплення (буферні рідини), консервації, проведенні капітального і підземного ремонту (рідини глушіння) та при інтенсифікації притоку.

Аналіз літератури. Аналіз технології ремонтних робіт вітчизняної і закордонної нафтогазової галузі демонструє стійку тенденцію

щодо використання при капітальному ремонті свердловин з гідрофобно-емульсійними рідинами та багатофункціональних технологічних рідин на основі неорганічних солей, що також значно підвищують ефективність ремонтних операцій. Серед таких технологічних рідин широкого застосування набули рідини що вміщують солі кальцію, магнію, натрію, калію тощо. Відомо, що неорганічні солі покращують інгібуючі здатності технологічних рідин по відношенню до глинистих мінералів, та можуть використовуватись для закачування в привибійну зону пласта з метою стабілізації набухання глинистої складової продуктивних пластів. Слід зазначити, що використання рідин глушіння на основі неорганічних солей пов'язане з значною їх корозійною агресивністю по відношенню до обладнання свердловини. Даний аспект зумовлений, в першу чергу, іонним складом зазначених рідин та термобаричними умовами їх застосування.

Мета роботи полягає у дослідженні корозійної активності технологічних рідин для забезпечення успішного проведення технологічних операцій, від яких залежить якість будівництва, продуктивність і час експлуатації свердловини.

Найбільш суворі вимоги пред'являють до технологічних рідин, які контактують з колектором і впливають на продуктивність свердловини. Так як продуктивність свердловини в значній мірі залежить від фізико-хімічних процесів які відбуваються при технологічних операціях (завершенні, інтенсифікації, консервації та глушінні свердловини) та колекторських властивостей пласта.

Методика проведення експерименту. В даній публікації автори навели лабораторні дослідження корозійного впливу деяких неорганічних солей на зразки матеріалу НКТ. Для встановлення швидкості корозії у мінералізованих технологічних рідинах використовували гравіметричний метод [2], що базується на вимірюванні маси зразків-свідків розміром 30×15×2 мм, виготовлених зі сталі Р 110 матеріалу НКТ, до та після витримки їх у модельних середовищах при нормальних умовах, впродовж 17 діб. Зразки попередньо шліфували, обезжирювали за загальноприйнятою методикою [3 – 6]. Як модельні були обрані 5 % розчини хлориду: натрію, калію, кальцію, магнію, амонію на дистильованій воді.

Результати експерименту і їх обговорення. Швидкість корозії виражена глибинним показником k_b , мм/рік та масовим k_m , г/(см²·рік) для різних модельних середовищ наведено на рисунках 1 та 2.

З рисунку 1 та 2 слідує висновок про найбільш агресивну дію до сталі Р 110 середовища на основі хлориду амонію 0,033 мм/рік (33 мкм/рік), що пояснюється не тільки значним вмістом хлорид-іонів, які виконують роль активатора корозії через депасивацію анодної реакції, а і наявністю іонів амонію. При цьому в тих же умовах в розчині хлориду калію встановлено корозію на рівні 0,01 мм/рік (10 мкм/рік).

Для перевірки впливу вищезазначених неорганічних солей на стабільність керна матеріалу відібраного з продуктивних горизонтів газових свердловин Шебелинського ГКР використано методику, що полягає у визначенні втрати ваги. Як видно з рисунку 3 найбільша втрата маси керну у середовищі хлориду амонію 0,585 %, дистильованій воді 0,557 % та хлориді натрію 0,546 %. Найменша втрата ваги у хлориді магнію 0,319 %. Хлорид кальцію і калію характеризуються середнім показником 0,455 % і 0,453 % відповідно.

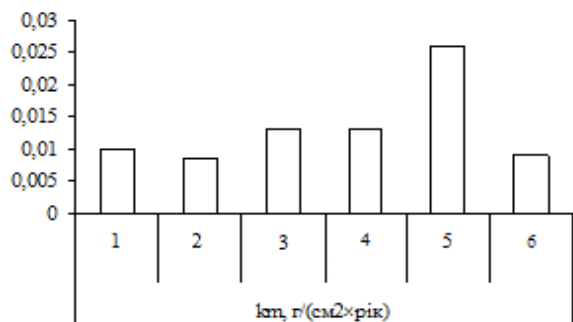


Рис. 1. Масовий показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

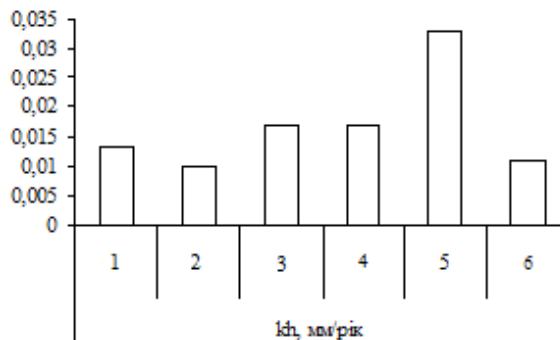


Рис. 2. Глибинний показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

Корозійну агресивність хлористого амонію можна пояснити також за рахунок більш вираженого зменшення pH розчину бентоніту у порівнянні з додаванням до 10 % розчину бентоніту 5 % KCl, результати наведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Визначення pH в модельних середовищах

Середовище	pH
10 % бентоніт	10,16
10 % бентоніту + 5 % KCl	9,01
10 % бентоніту + 5 % NH ₄ Cl	7,85

Окрім того, літературні дані [4] також підтверджують корозійну агресивність хлористого амонію по відношенню до різних матеріалів.

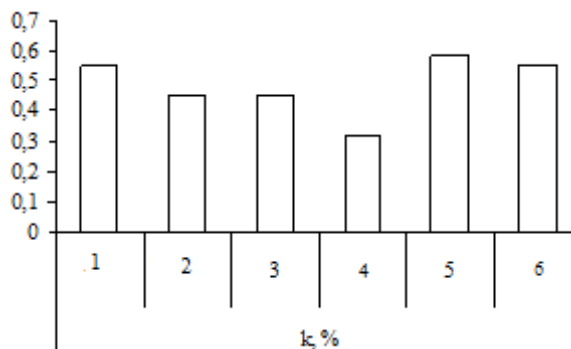


Рис. 3. Втрата маси (%) зразків керна матеріалу продуктивного горизонту Шебелинського ГКР для різних модельних середовищ впродовж 17 діб (1 – 5 % NaCl, 2 – 5 % KCl, 3 – 5 % CaCl₂, 4 – 5 % MgCl₂, 5 – 5 % NH₄Cl, 6 – вода дистильована)

Згідно вимог АНІ нижня межа швидкості корозії для сталей при 393 К складає 127 мкм/рік [2]. Для встановлення впливу температури проведено дослідження швидкості корозії при температурі 343 К. У якості модельних розчинів використовували воду дистильовану, 5 % розчин хлориду калію і 5 % розчин хлориду амонію. Результати досліджень наведені на рисунку 4.

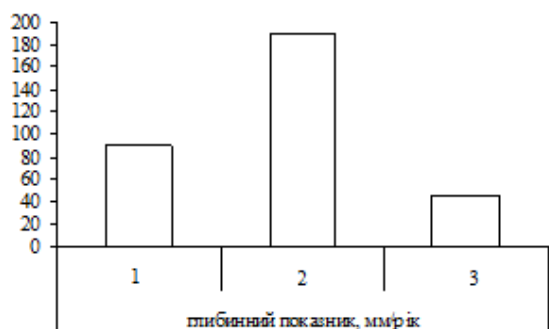


Рис. 4. Глибинний показник швидкості корозії для різних модельних середовищ впродовж 7 діб при температурі 343 К (1 – 5 % KCl, 2 – 5 % NH₄Cl, 3 – вода дистильована)

З рисунку 4 видно, що при температурі 343 К 5 % розчин хлориду амонію значно перевищує допустимий показник при 393 К. За цим результатом можна зробити висновок, що при температурі 393 К швидкість корозії збільшиться.

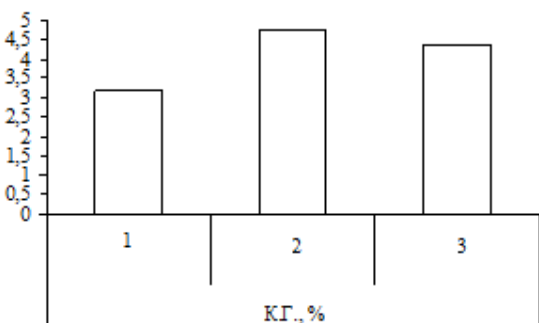


Рис. 5. Вміст колоїдної глини в різних модельних середовищах (1 – 10 % бентоніт, 2 – 10 % бентоніт + 5 % KCl, 3 – 10 % бентоніт + 5 % NH₄Cl)



Рис. 6. Седиментаційна стійкість 10 % бентоніту з додаванням 5 % KCl (а) та 5 % NH₄Cl (б) впродовж 3 діб

З наведеного рисунку 5 видно, що вміст колоїдної глини у середовищі хлориду амонію менше у порівнянні з середовищем хлориду калію, що пояснюється показником лужності розчинів. Крім того, седиментаційна стійкість бентоніту після 3 діб витримки у розчині хлориду калію значно менше, ніж у розчині хлориду амонію, що видно з рисунку 6.

Отже, диспергування глинистого матеріалу у середовищі хлориду калію значно нижче ніж у середовищі хлориду амонію. Основа рідин глушіння є важливою для створення рецептури високоінгібованих розчинів для глушіння свердловин у складних гірничо-геологічних умовах ДДЗ на відміну від зарубіжних аналогів ґрунтуються на використанні синергетичних сумішей реагентів, що забезпечує такі ж високі технологічні результати, але при менших витратах матеріалів на приготування і хімічну обробку розчинів. Зменшення репресії на пласт є важливим шляхом підвищення ефективності технологій глушіння свердловин. Існує цілий ряд технологій, що зменшують репресію на продуктивні пласти з низькими пластовими тисками. Наприклад, застосування стійких пінних систем, на жаль, їх недоліками є висока вартість і постачання у рідкому стані. Застосування алюмосилікатних мікросфер як наповнювача промивальних рідин для зменшення їх густини та репресії на пласти. За оцінками фахівців, використання такої технології може бути економічно виправдане тільки за умови регенерації мікросфер. У якості хімічних реагентів, які регулюють реологічні властивості технологічних, використовують реагенти, аналогічні для глинистих бурових розчинів. Мінералізовані розчини, в залежності від полімерного реагенту, можуть бути тиксотропними і не тиксотропними. Тиксотропні розчини характеризуються значною в'язкістю і структурованістю, що дозволяє утримувати частинки кольматанту чи обважнювача тривалий час без циркуляції. Не тиксотропні розчини застосовують лише при інтенсивних промивках вибою свердловин, наприклад при вимиванні піщано-глинистих пробок. Органічні тверді частинки, на відміну від неорганічних, здатні до пластичної деформації, а за рахунок перепаду тиску – до повного і щільного закриття пор проникних пластів. В Україні асортимент органічних кольматантів недостатній, їх використовують переважно для попередження або ліквідації поглинань бурового розчину. Застосування органічних кольматантів для захисту продуктивних пластів – це шлях підвищення якості технологічних рідин для проведення капітального ремонту. Що стосується забезпечення необхідних технологічних параметрів промивальних рідин, інгібованих калієвими сполуками, то дослідження необхідно скерувати у напрямку підбору синергетичних композицій, які складаються з недорогих реагентів, що виробляються переважно в Україні. В УкрНДІгазі вже розроблені і широко впроваджуються бурові розчини на основі синергетичних композицій «гумати лужних металів – акрилові полімери», «гумати лужних металів – біополімери», «гумати лужних металів – похідні целюлози». Акрилові полімери (гідролізовані поліакриламід, поліплас тощо), біополімери та похідні целюлози (карбоксиметилцелюлози, поліаніонні целюлози) виробляються за кордоном. Потрібно звернути увагу на традиційні понижувачі водовіддачі рослинного походження, які виробляються в Україні: крохмалі

харчові, модифіковані, екструзійні, висівки зернових рослин тощо. Результати застосування розроблених рецептур показали, що процес глушіння відбувається без поглинання робочої рідини, що дуже важливо, оскільки негативний вплив на колекторські властивості пластів мінімізується, освоєння свердловини після капремонту проходить швидко і свердловини виходять на доремонтний дебіт в 2-3 денні строки. Обов'язковими вимогами до технологічних рідин є: а) низький показник фільтрації, оскільки надходження фільтрату технологічної рідини в пласт призводить до зниження колекторських властивостей, що спостерігається при застосуванні пластових і технічних прісних вод; б) можливість регулювання структурно-реологічних параметрів, для очищення вибою свердловин від новоутворень; в) наявність кислоторозчинного коагулюючого агента, що буде утворювати фільтраційну кірку; г) термостійкість в межах діапазону ведення робіт; д) антикорозійними властивостями; е) інгібуючими властивостями. Існують різні типи інгібуючих органічних і неорганічних реагентів – поліетиленгліколь, поліпропіленгліколь, поліалкіленгліколь, бітум, кремнійорганічні рідини, сульфований асфальт, хлорид калію, рідке скло, вапно, синтетичні жирні кислоти, тощо, які успішно використовуються під час буріння нестійких відкладів, деякі з них корисно використовувати в практиці ремонтно-профілактичних робіт, що дозволяє збільшити час експлуатації свердловин у міжремонтний період.

Висновки.

За результатами лабораторних досліджень можна сказати, що при проведенні операцій з глушіння свердловин на тривалий строк від 25 діб, при вибійній температурі 393 К і більше, використання розчину хлориду амонію буде призводити до руйнування обсадних труб. Тобто, використовувати рідин на основі хлориду амонію можна при короткострокових операціях, наприклад при промиванні привибійної зони. Глушіння свердловин рекомендовано проводити на рідинах з менш вираженою корозійною активністю.

Список літератури

1. Токунов В. И. Технологические жидкости и составы для повышения продуктивности нефтяных и газовых скважин / В.И. Токунов, А.З. Саушин. – М. : Недра, 2004. – 711с.

2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии / И. Л. Розенфельд. – М. :Химия, 1977. – 352с.
3. Поп Г. С. Глушение скважин с предварительным блокированием продуктивных пластов дисперсными системами / Г. С. Поп, А. В. Бачериков. – М. : ВНИИЭгазпром, 1992. –30с.
4. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – М. : Физматлит, 2002. –335с.
5. Товажнянский Л.Л., Капустенко П. А., Бухкало С.И., Перевертайленко А. Ю., Арсеньева О.П. Анализ теплообменных систем установок газификации нефтеперерабатывающих производств / Интегрированные технологии та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПИ», 2011. – № 3. – С. 54–62.
6. Товажнянский Л.Л., Кошелева М.К., Бухкало С.И. Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (учебное пособие). Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.

References (transliterated)

1. Tokunov V. I. Tehnologicheskie zhidkosti i sostavi dla povishenia productivnosti nefteanih i gazovih skvazhin [Technological fluids and mixes increase yield of oil and gas wells] / V. I. Tokunov, A. Z. Saushin. - Moscow. : Nedra, 2004. – 711p.
2. Rozenfeld I. L. Ingibitiri korozii [Inhibition corrosions] – Moscow: Himia, 1977. – 352p.
3. Pop G. S. Glushenie skvazhin s predvaritelnim blokirovaniem productivnih plastov dispersnimi sistemami [Kill wells with defensive productive layers by dispersive fluids] / G. S. Pop, F. V. Bacherikov. – Moscow. : VNIIEgazprom, 1992. – 30p.
4. Semenov. I. V. Korozia i zashita ot korozii [Defense from corrosion] / I. V. Semenov, G. M. Florianov, G. M. Horianovich. – Moscow. : Fizmatlit, 2002. – 335p.
5. Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P. A., Bukhhalo S. I., Perevertaylenko A. U., Arseneva O. P. Analysis teploobmennyyh systems ustanovki gaspirali neftepererabativaushiy proizvodstv [Analysis of the heat exchange systems of gasification of refinery] / Integrated technologies and energy conservation. – Kh.: NTU «HPI», 2011. – № 3. – P. 54–62.
6. Tovazhnjanskij L. L., Kapustenko P. A., Bukhhalo S. I. Obsea himicheskaja tehnologija v primerah, zadachah, laboratorni rabotah and testuj (uchebnoe posobie) [General chemical technology in the examples, tasks, laboratory works and tests (tutorial)]. Moscow INFRA-M, 2015. P. 447.

Надійшло (received) 03.11.2016

Библиографические описания / Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Дослідження корозійної активності мінералізованих технологічних рідин / Е. В. Кустурова, Р. О. Шевченко, О. А. Жуган, А. В. Печенежская, О. А. Подольян // Вісник НТУ «ХПИ». – Серія: Інтегровані технології та енергозбереження. – Х. : НТУ «ХПИ». – 2016. – № 29 (1201). – С. 19 – 23. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования коррозионной активности минерализованных технологических жидкостей / О. В. Кустурова, Р. О. Шевченко, О. А. Жуган, А. В. Печеніжська, О. А. Подольян // Вісник НТУ «ХПІ». – Інтегровані технології та енергозбереження. – X. : НТУ «ХПІ». – 2016. – № 29 (1201). – С. 19 – 23. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Research of corrosion activity of technological salt fluids / O. V. Kusturova, R. O. Shevchenko, O. A. Zhugan, A. V. Pechenizhska, O. A. Podolian // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI». – 2016. – № 29 (1201). – P. 19 – 23. – Bibliogr. 6. – ISSN 2220-4784.

Сведения об авторах / Відомості про авторів / About the Authors

Кустурова Олена Валеріївна – канд. техн. наук, провідний науковий співробітник відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Кустурова Елена Валериевна – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Kusturova Olena Valerivna – Candidate of Engineering Sciences, The leading researcher of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Шевченко Роман Александрович – канд. техн. наук, завідувач відділу науково-технічної інформації Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Шевченко Роман Александрович – канд. техн. наук, заведующий отделом научно-технической информации Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИгаз»; тел.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Shevchenko Roman Oleksandrovich – Candidate of Engineering Sciences, The chef of information department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»; tel.: (057) 730-45-76; e-mail: vnti.ukrniigaz@yandex.ua.

Жуган Оскар Анатолійович – провідний інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Жуган Оскар Анатольевич – ведущий инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Zhugan Oscar Anatoliovich – The leading engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печеніжська Аліна Вікторівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Печенежская Алина Викторовна – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Pechenizhska Alina Victorivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Олена Антонівна – інженер відділу техніки та технології буріння Українського науково-дослідного інституту природних газів «УкрНДІгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Подольян Елена Антоновна – инженер отдела техники и технологии бурения Украинского научно-исследовательского института природных газов «УкрНИИгаз»; тел.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

Podolian Olena Antonivna – The engineer of drilling department of Ukraine Research Institute of Nature Gas «UkrNDIgaz»; tel.: (057) 730-45-81; e-mail: niigaz-sbr@ukr.net.

УДК 678.65.011.56

С. І. БУХКАЛО

ЕКОЛОГІЧНОБЕЗПЕЧНІ МОДЕЛІ КОМПЛЕКСНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ-МОДИФІКАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ ЯК ЧАСТИНИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

В статті наведені можливості вирішення науково-обґрунтованих задач підвищення ефективності використання відходів різних галузей промисловості на комплексному підприємстві, яке може забезпечувати усі свої енергетичні потреби самостійно. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань як розробка моделей комплексної утилізації-модифікації полімерної частки ТПВ з урахуванням організації збирання і транспортування відходів, їх класифікація-ідентифікація та методи контролю якості, маркування відповідно до загальноприйнятої класифікації полімерів; вибір науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів; розробка необхідних технологічних схем, вибір добавок для модифікації та обладнання для переробки полімерних відходів; вибір підприємств для реалізації утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень.

Ключові слова: комплексні енерготехнології, тара та пакування, екологічна безпека, науково-обґрунтовані методи, переробка та утилізація.

The materials are presented the possibilities of solving evidence-based problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise that can provide all its energy needs alone. 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. The research focused on the study of issues such as the development of models of waste-modifying polymer. The investigation are focused in researching such problems as organization of waste collection, transportation and sorting-identification of wastes according to adapted polymers classification; selection of scientific based methods of wastes to be utilized or recycled; the development of appropriated process flow sheets and choice of modifications additives and equipment for polymers waste recycling. The choice of appropriate plants with selected energy resources is very important for projects realization.

Keywords: integrated energy technologies, packaging, evidence-based methods, ecological safety, wastes conversion and recycling.

В статье приведены возможности решения научно-обоснованных задач с целью повышения эффективности использования ТБО и различных отраслей промышленности на комплексном предприятии, которое может обеспечивать все свои энергетические потребности самостоятельно. Исследования направлены на изучение таких вопросов, как разработка моделей утилизации-модификации полимерной части ТБО. При этом учитывались факторы организации сбора и транспортировки отходов, их классификация-идентификация и методы контроля качества; выбор научно-обоснованных методов переработки и утилизации полимеров; разработка необходимых технологических схем и оборудования для переработки полимерных отходов; выбор предприятий для реализации утилизации полимеров и вида энергетических ресурсов для реализации этих проектных решений.

Ключевые слова: комплексные энерготехнологии, тара и упаковка, экологическая безопасность, научно-обоснованные методы, переработка и утилизация.

Вступ.

У світі й в Україні утилізують шляхом переробки-рециклінгу незначну частину полімерних відходів (близько 20–30 %), які є відновлювальною частиною твердих побутових відходів (ТПВ). Разом з тим, мало хто утилізує шляхом переробки-рециклінгу частково відновлювальні полімерні відходи (близько 40–50 %) здатні до шестиразової переробки в нові вироби за загальною екологічнобезпечною схемою хіміко-технологічних систем (ХТС), що несе із собою можливості реалізації ресурсо- і енергозбереження [1–5]. В основному, відновлювальній переробці піддають якісні полімерні відходи термопластів, які не встигнули перейти в розряд і сполуки ТПВ. Разом з тим, найбільш імовірними великотоннажними джерелами вторинної полімерної сировини для виробництва полімерних виробів є частково відновлювальні відходи середньої якості, що втратили свої якості за різними причинами: жорсткі умови переробки або експлуатації; відсутність стадії ідентифікації-класифікації; утворення суміші з іншими полімерами або матеріалами, і ін. Зрозуміло, що такі відходи вимагають застосування спеціальних науково-обґрунтованих методів переробки, конкретних у кожному випадку з урахуванням зацікавленості суспільства в переробці полімерних відходів, як фактора поліпшення екологічної безпеки [4–6]. Насамперед, слід зазначити, що дослідження багатьох авторів показують нарощування світових темпів випуску полімерних виробів при практичній

відсутності українського ринку виробництва полімерної сировини. Така ситуація обумовлює специфічну структуру витрат на виробництві полімерних виробів України, %: 77,6 – матеріальні витрати; 7,8 – оплата праці; 7,3 – інші операційні витрати; 4,6 – амортизація; 2,7 – відрахування на соціальні заходи.

Але, навіть у країнах Євросоюзу серед способів утилізації полімерних відходів переважає спалювання незважаючи на існуючі екологічні податки, правовий і науковий супровід переробки різних видів полімерних зношених виробів. Однієї із цілей введення екологічних податків для виробників полімерного пакування, наприклад, є створення механізму заохочення за використання полімерів, що були у вживанні, в якості вторинної сировини або штрафування за невиконання цієї умови.

Завдання й цілі даного дослідження процесів утилізації-модифікації як хіміко-технологічної системи (ХТС) – сукупності технологічних потоків (ТП) – полягали у виборі екологічнобезпечних науково-обґрунтованих взаємоз'язаних процесів та апаратів комплексної переробки й кінцевої утилізації полімерних відходів різного походження й строку експлуатації разом з іншими видами відходів. Це дозволить знизити, насамперед, загальну кількість відходів для поховання на смітниках забруднюючих навколишнє середовище шкідливими викидами [3–9].

© С. І. Бухкало 2016

Об'єкт дослідження ХТС – переробка полімерної частки твердих побутових відходів (ТПВ) – можна визначити за схемою технологічної структури стадій виробництва і заданих параметрів у взаємодії з навколишнім середовищем (рис. 1) [3, 10]:

ПІДГОТОВЧІ → ОСНОВНІ → ЗАКЛЮЧНІ

Рис. 1. ХТС як об'єкт дослідження.

До підготовчих стадій входять операції ідентифікації-класифікації сировини та енергетичних ресурсів ХТС за вхідними змінними та інформаційними сигналами; основні стадії виробництва – це структура і параметри ХТС з урахуванням вибору стадії утилізації-модифікації; заключні стадії виробництва визначаються вихідними змінними та інформаційними сигналами, як результатами функціонування ХТС. Формально технологічну структуру комплексної ХТС (G_k) утилізації полімерної частки ТПВ можна означити числом елементів визначеного конструкційного або технологічного типу (n_e), у яких проходять хіміко-технологічні процеси (g_e) за визначеними закономірностями взаємозв'язків між окремими елементами (P) та числом технологічних потоків (n_p):

$$G_k = G_k \{n_e(g_e), P, n_p\} \quad (1)$$

Такий підхід дозволить використовувати ресурсний потенціал цих видів відходів, а також створить передумови для дотримання нормативно-правових, санітарно-екологічних, економічних і організаційних аспектів проблеми керування відходами в цілому.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Аналіз можливостей переробки твердих побутових відходів (ТПВ) на цей час проводять спеціалісти України різні за фахом з точки зору наступних питань: технологічних, соціальних, санітарно-екологічних, економічних, організаційних, екологічнобезпечних та ін. Це зв'язано з гострим дефіцитом і, практично, 100 % імпортом полімерної сировини з однієї сторони та негативними соціально-економічними та екологічними наслідками, з іншої сторони, які потребують введення на усій території України жорстких норм поводження з полімерними матеріалами. Поводження з ТПВ вимагає негайної організації їх ідентифікації-класифікації, з метою виділення корисних придатних до вторинної переробки матеріалів (технології рециклінгу). На стадії утворення відходів, перш за все, це має відношення до полімерних відходів різноманітного походження, а також потребує аналізу ця проблема з точки зору ресурсо- і енергозбереження при

організації переробки або утилізації полімерних відходів різного походження.

Традиційна технологія поводження з ТПВ вже на стадії їх збирання не залишає можливості для їх якісної переробки у вторинні матеріали – ця технологія, перш за все не відповідає навіть санітарно-гігієнічним нормам, а про переробку у якісні товари мова зовсім не йде. Основою ресурсо- і енергозбереження з погляду охорони навколишнього середовища від техногенної катастрофи є створення нової ефективної технології, маловідходної або безвідходної, котра дозволяє одержувати цільові продукти без будь якого її забруднення, а з системи мають виводитися тільки продукти, що складають біосферу [5–9].

Така схема переробки полімерних відходів повинна мати початок ще на стадіях утворення виробів: конструкторські роботи; переробка у виробі різноманітними методами; сумісна оцінка економічної та екологічної складових доцільності переробки полімерних відходів у вторинну або зворотну сировину з урахуванням усіх можливостей процесу управління поводження з ТПВ, перш за все, кількості циклів переробки; можливості методів переробки або науково-обґрунтованих способів модифікації; кінцева стадія утилізації полімерних відходів та ін. Організація виробництва повинна бути спрямована не тільки на утилізацію всіх побічних продуктів, але й на використання всього виділюваного тепла, як усередині даної системи, так і частково в сусідніх взаємозалежних екологічних підсистемах.

Отже, основні завдання в області екологічнобезпечного ресурсо- і енергозбереження для технології переробки і утилізації полімерних відходів можна сформулювати в такий спосіб:

- створення підприємств комплексної переробки сировини, які використовують фактично повністю відходи й викиди свого виробництва, а також виробництв інших галузей промисловості та ТПВ регіону;
- розробка інноваційних маловідходних або безвідходних технологій;
- визначення переліку й кількості продуктів, які можуть бути засвоєні природними біологічними системами без загрози їм;
- створення малоенергоємних виробництв із мінімальним споживанням свіжої води у циклі водопостачання;
- модернізація й удосконалення теплообмінного встаткування в процесі проектування нових технологій;
- розробка та впровадження нового обладнання для кінцевої стадії утилізації-газифікації невідновлювальної полімерної частки ТПВ;
- підвищення рівня регенерації тепла потоків і на цій базі широке використання енерготехнологічних схем і ін.

Теоретичні науково-обґрунтовані аспекти, наприклад, окислення полімера і утворення ненасичених сполук зачіпають різноманітні питання

механізму реакцій радикального приєднання і заміщення – кінетику і термодинаміку процесів окислення в конкретних умовах експлуатації. Проблема встановлення зв'язку зміни будови полімерів в процесі експлуатації виробів з них, нерозривно пов'язана з умовами експлуатації полімерів і їх зміною за рахунок утворення функціональних груп.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Проведені нами дослідження якісної й кількісної сполуки киснеутримуючих і ненасичених груп, а також молекулярної рухливості вторинного поліетилену, отриманого із плівки різної тривалості експлуатації [2–5], показують, що основними напрямками модифікації з метою підвищення технологічних і міцнісних властивостей цього вторинного матеріалу повинні бути екологічнобезпечні методи утилізації-модифікації, що враховують ступінь його окиснення, наприклад:

1) Просторова зшивка полімерного матеріалу після експлуатації у процесі переробки та формування виробу;

2) Створення композицій для переробки шляхом сполучення з іншими термопластами й еластомерами;

3) Уведення стабілізаторів, змашень і інших добавок у невеликих кількостях з метою збільшення об'ємів вторинної переробки-рециклінгу та інтенсифікації цих процесів;

4) Створення композицій для спінування й одержання пінополімерів різного призначення та властивостей;

5) Уведення в матеріал, що переробляється, добавок з метою руйнування гел'фракції – умовно нерозчинної фракції полімеру;

6) Створення наповнених полімерних композицій з метою підвищення експлуатаційних властивостей виробів та забезпечення підвищеної екологічної безпеки навколишнього середовища і ін.

Приведені нами приклади дослідження якісного і кількісного складу кисневмісних і ненасичених груп, а також молекулярної рухливості вторинного поліетилену, отриманого з плівки різної тривалості експлуатації [2–8], показують, що основними напрямками модифікації з метою підвищення технологічних і міцнісних властивостей матеріалу повинні бути методи, що враховують ступінь його окислення за прикладами переробки-рециклінгу екологічнобезпечної комплексної технології утилізації полімерної частки ТПВ. При експлуатації поліетиленової плівки протягом трьох місяців погіршуються її технологічні якості. Після чотирьох місяців експлуатації спостерігається, руйнування матеріалу, яке супроводжується різким падінням міцності, зменшенням молекулярної маси і руйнуванням деякої частини гел'фракції за рахунок більш глибоких процесів окислення. Для визначення ефективності зшивання і впливу технологічних факторів на фізико-механічні властивості модифікованого матеріалу нами досліджено введення перекису дикумила (ПДК) при різних методах переробки. Модифікація композицій здійснювалася шляхом вальцювання, екструзії і лиття під тиском. Ці методи переробки відрізняються як температурними умовами, що визначають стан, що переробляється, так величиною і характером зсувних напружень.

З огляду на порівняно високу хімічну активність вторинного поліетилену, в процесі введення ПДК можна очікувати інтенсивного протікання процесів зшивання і термоокислювальної деструкції.

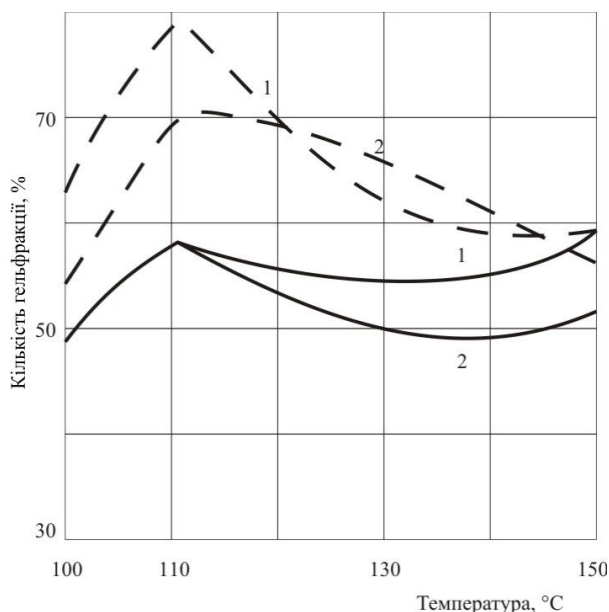


Рис. 2. Залежність утворення кількості гел'фракції при процесах переробки-модифікації вторинного поліетилену: від концентрації ПДК (1 – 2 %, 2 – 3% ПДК), тривалості вальцювання (1 – 10, 2 – 30 хв) і температури

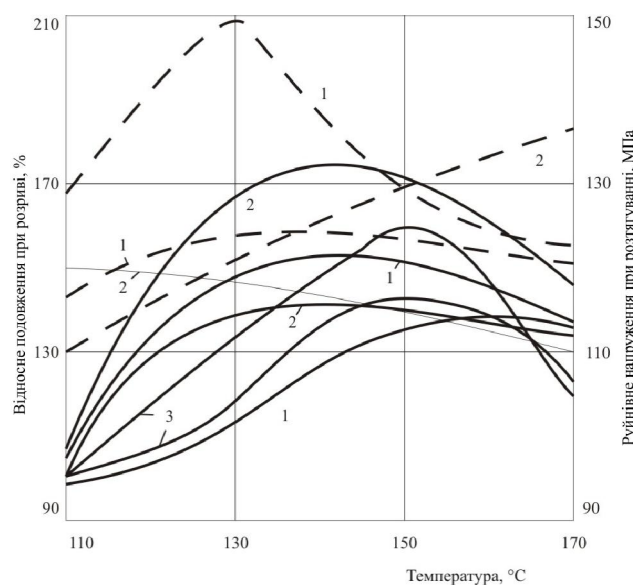


Рис. 3. Залежність руйнівного напруження при розтягуванні (—) та відносного подовження при розриві (- -) від кількості ПДК (1, 1' – 2, 2' – 3, 3 – 5 %), температури і тривалості вальцювання (1, 2, 3 – 10, 1', 2' – 30 хв)

Наявність і глибину протікання зазначених процесів досліджували шляхом визначення кількості геліфракції (рис. 2 та 3), температури та областей механічного склування, молекулярної маси розчинної частини, термомеханічного аналізу сировини та продукту, дериватографічних досліджень, а також вивченням щільності модифікованих зразків [4, 5].

З погляду енерго- і ресурсозбереження необхідно розглядати полімерні матеріали як сировина для багаторазової переробки (рис. 4) та приведені залежності дійсного компоненту модуля зсуву $G' = f(C)$ композицій вторинного поліетилену й температури механічного склування.

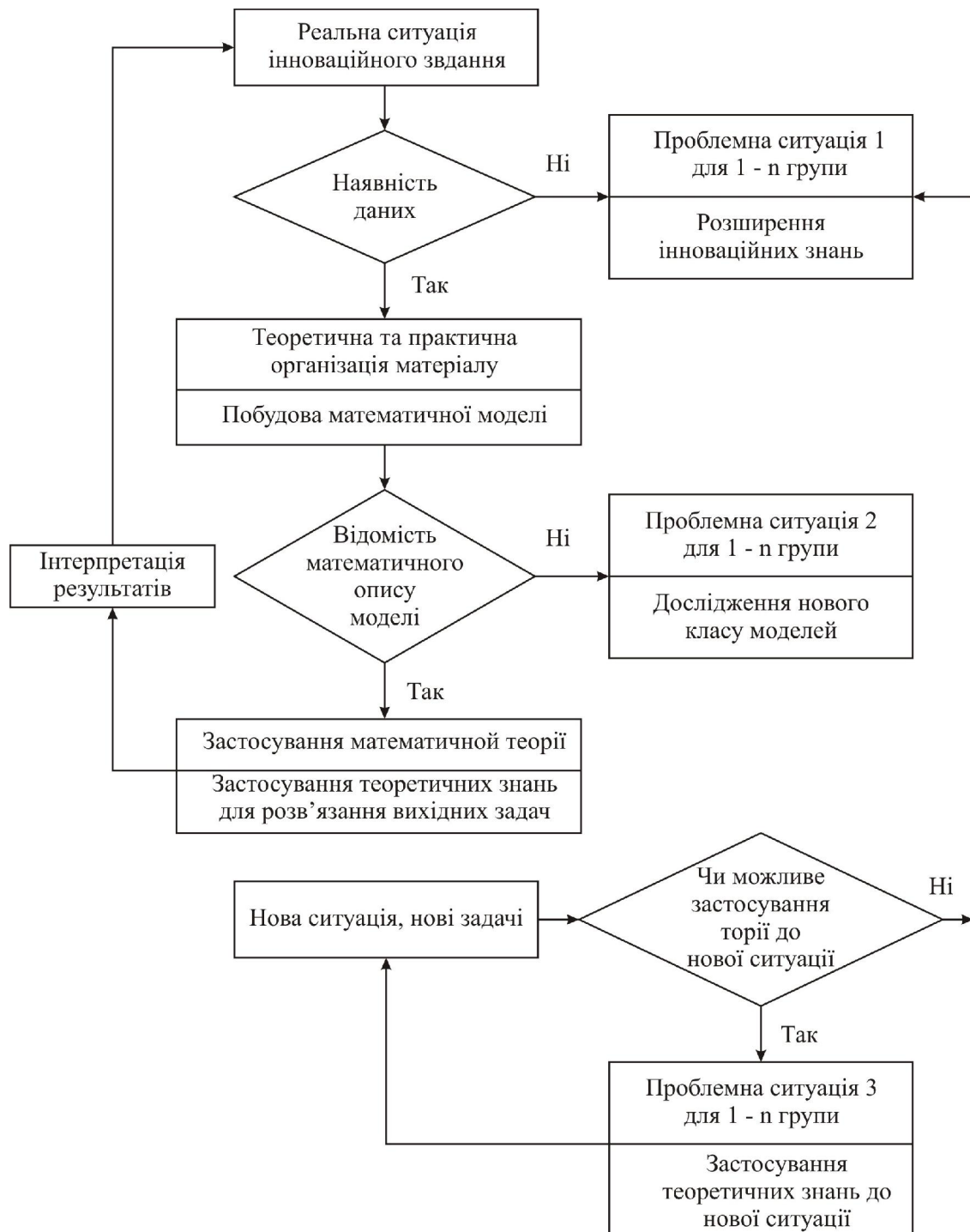


Рис. 4. Алгоритм управління екологічнобезпечними промисловими об'єктами утилізації ТПВ

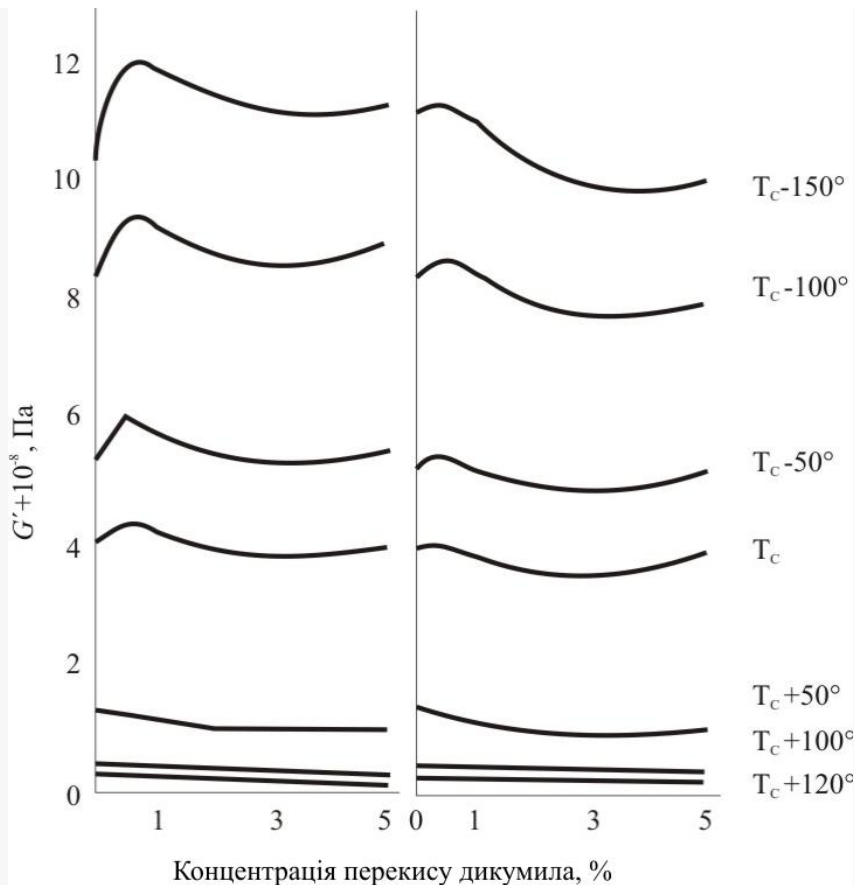


Рис. 5. Приведені залежності дійсного компонента модуля зсуву $G' = f(C)$ композицій вторинного поліетилену; T_c – температура механічного склування

Перекис дикуміла має більш сальний вплив на величину G' композиції при температурах нижче температури склування (T_c), тобто, коли рухливість сегментів ланцюгів поліетилену вже заморожена (рис. 5). Спостерігається все зростаюча зі зниженням температури екстремальна зміна величини G' зі зростанням концентрації перекису дикуміла. Це дозволяє зробити висновок, що модифікація поліетилену перекисом дикуміла більшою мірою впливає на міцність і динамічні властивості його аморфної частини.

Можна визначити, що в інтервалі концентрацій 0,5–2% перекис дикуміла (рис. 5) є структурно-активним модифікатором, бо тут не спостерігається адитивності вкладу модифікатора в величину G' композиції, що відповідає створенню досконалої тетрафункціональної сітки.

Аналіз термомеханічних кривих (рис. 6) показує, що для модифікованих перекисом дикуміла зразків, отриманих за 4, 5 і 6 режимами екструзії, відбувається зростання температури початку деформації і температури плинності з розширенням інтервалу еластичності.

Збільшення швидкості зсуву при екструзії і зменшення коефіцієнта опору головки приводить до розширення інтервалу еластичності при майже незмінній температурі початку деформації.

Зі збільшенням навантажень для композицій з концентрацією перекису 0,5; 1,0 і 2,0% при всіх режимах екструзії відбувається значне зниження температури початку деформації.

Для композиції з вмістом перекису 0,2% зі збільшенням навантаження відбувається збільшення температури початку деформації в зв'язку з тим, що відбувається просторова зшивання полімеру. Це ще раз підтверджує висновок, що вміст 0,2% перекису при обраних режимах переробки композиції є оптимальним, що означає у даному випадку екологічнобезпечним, він сприяє збільшенню міцності і еластичності матеріалу, отриманого методом екструзії.

У даному випадку проведені нами дослідження є ще одним прикладом екологічнобезпечних процесів переробки-модифікації перекисними сполуками полімерної частки ТПВ у вторинний поліетилен – при таких процесах проходить руйнування вже

наявних в ньому, схильних до окислення груп які, утворюють при цьому більш стійкі зв'язки, що дозволяє підвищити строк експлуатації виробів. Це підтверджується тим, що стійкість до фотостаріння

модифікованого перекисних сполуками вторинного поліетилену зростає в порівнянні з немодифікованим матеріалом (рис. 7).

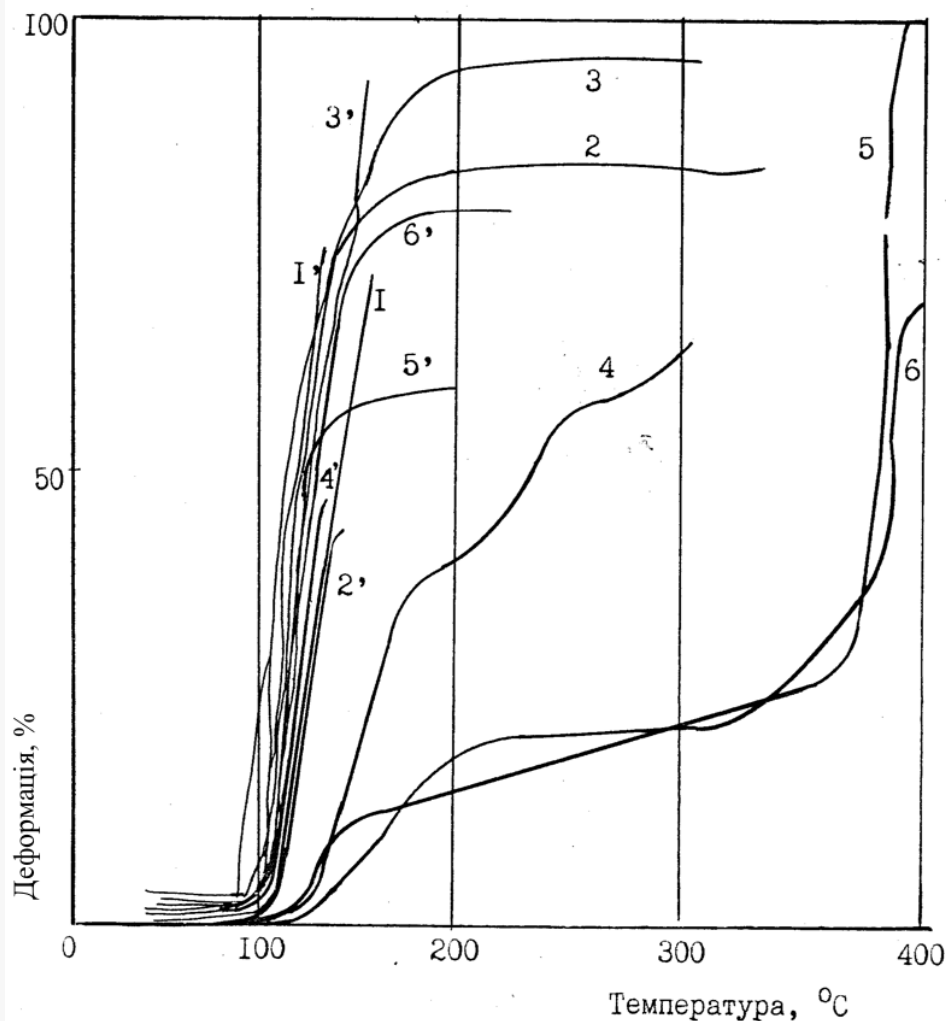


Рис. 6. Дослідження режимів переробки-модифікації композицій вторинного поліетилену з перекисом дикумила за термомеханічними кривими, відповідно:

температура екструзії, °C, для 1, 1', 4, 4', 5, 5', 6, 6' – 170; 2, 2' и 3, 3' – 180;

кількість перекису дикумила, %, 1, 1' – 0; 2, 2' и 3, 3' – 0,2; 4, 4' – 0,5; 5, 5' – 1,0; 6, 6' – 2,0;

навантаження, МПа, 1–6 – 0,1; 1'–6' – 0,675

Доцільність проведення процесів переробки-модифікації композицій вторинного поліетилену з перекисом дикумила підтверджена дослідженнями з впливу світлостаріння на властивості отриманих композицій.

Порівняльні характеристики показують, що процент зниження фізико-механічних властивостей у часі світлостаріння модифікованого вторинного поліетилену нижче ніж немодифікованого (рис. 7).

Процеси переробки-модифікації таких композицій методом лиття під тиском характеризуються більш високими швидкостями зсуву та зсувними напруженнями на відміну від екструзії, що може пояснити збільшення показника текучості розплаву.

Значний інтерес для виявлення механізму зшивання вторинного поліетилену перекисом представляє зміна вмісту ненасичених і метильних груп та ін.

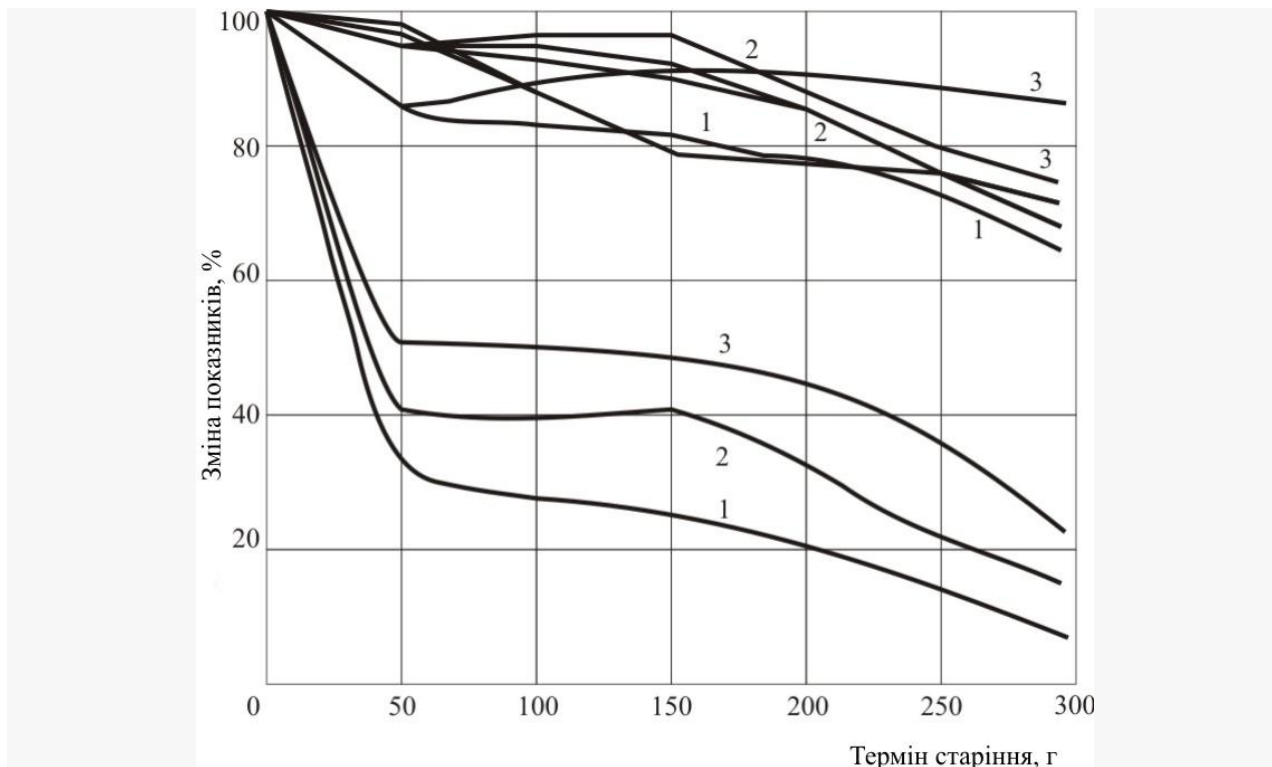


Рис. 6. Залежність фізико-механічних властивостей композицій вторинного поліетилену з перекисом дикумила, відповідно: кількість перекису дикумила, %, 1 – 0; 2 – 0,2; 3 – 0,5; 1, 2, 3 – руйнівне напруження при розтягуванні, МПа; 1', 2', 3' – відносне подовження при розриві, %; 1'', 2'', 3'' – кількість гел'фракції, %

Таким чином, завдяки виявленому характеру утворення просторового зшивання і, з огляду на ступінь окислення полімерного матеріалу, нами запропоновані методи модифікації, за зміною кількості ненасичених груп (1 – вініліденових, 2 – вінільних, 3 – трансвініленових) при модифікації

вторинного поліетилену перекисом дикумила (ПДК) методом вальцювання (10 хв.) [2 – 5]. Для даних з кількості вініліденових груп (Group1) при 10 хв. вальцювання найбільше підходить модель у вигляді двох парабол, відповідні точки показані на рис. 7.

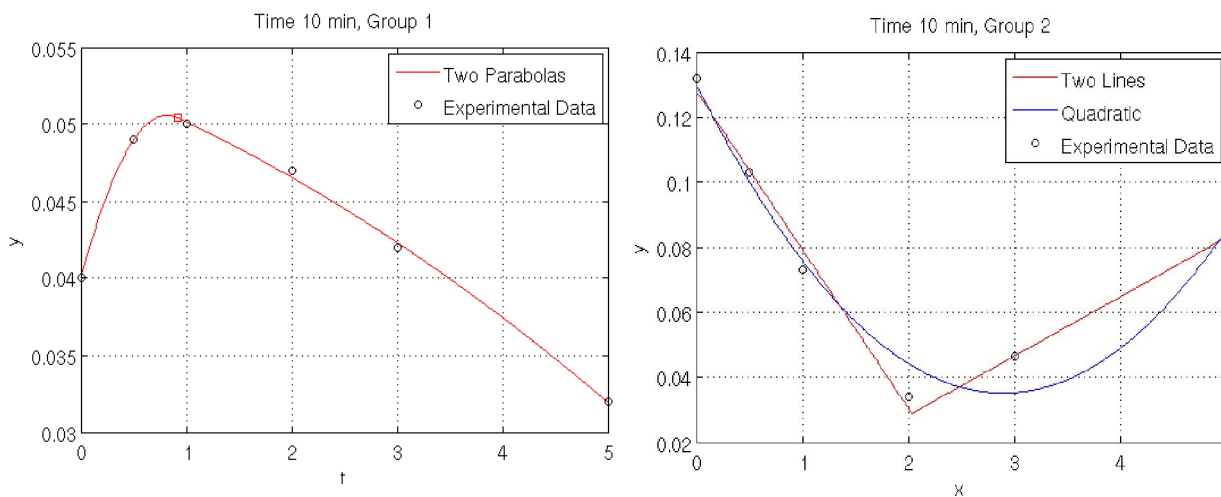


Рис. 7. Залежність кількості вініліденових та вінільних груп для розрахункових моделей процесу переробки-модифікації

Найкраща модель за розрахунками методом МНК:

$$y = \begin{cases} 0,04 + 0,02594t - 0,01588t^2; & t \in [0, 0,9185]; \\ 0,05313 - 2,645 \times 10^{-3}t - 3,182 \times 10^{-4}t^2; & t \in [0,9185; 5]. \end{cases} \quad (2)$$

Найшвидше функція змінюється у початковій точці – швидкість змінювання дорівнює $2,594 \times 10^{-2}$, точка перемикання 0,9185. Вибіркова дисперсія моделі $5,827 \times 10^{-2}$.

Для даних зі зміни вінільних груп (Group2) за час вальцювання композиції вторинного ПЕ з ПДК протягом 10 хв. найкраще підходять ламана з двох відрізків прямих та квадратична парабола (рис. 7).

Модель 1. Найкраща ламана:

$$y = \begin{cases} -0,0488t + 0,1282; & t \in [0, 2,035]; \\ 0,01825t - 0,00825; & t \in [2,035; 5]. \end{cases} \quad (3)$$

Довірні інтервали для параметрів цієї моделі – у таблиці 1.

Таблиця 1. Параметри моделі (2) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	-0,0488	-0,065713	-0,031887
b_2	0,1282	0,1088237	0,1475763
b_3	0,01825	0,000562	0,035938
b_4	2,0350485	1,3577662	2,7123307

Таблиця 2. Параметри моделі (3) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	$1,303653 \times 10^{-1}$	$1,071538 \times 10^{-1}$	$1,535767 \times 10^{-1}$
b_2	$-6,57425 \times 10^{-2}$	$-9,070561 \times 10^{-2}$	$-4,077938 \times 10^{-2}$
b_3	$1,134642 \times 10^{-2}$	$6,550915 \times 10^{-3}$	$1,614193 \times 10^{-2}$

Найбільша швидкість – у початковий момент часу, вона дорівнює 0,0488. Вибіркова дисперсія моделі $3,38 \times 10^{-5}$.

Модель 2. Найкраща парабола:

$$y = 0,1304 - 0,06574t + 0,011346t^2. \quad (4)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 2.

Максимальна швидкість змінювання функції – у початковій точці, вона дорівнює 0,0657425.

Вибіркова дисперсія квадратичної моделі дорівнює $8,52642 \times 10^{-5}$, що гірше за модель 1.

Для даних з трансвініленових груп (Group3) за час вальцювання композиції вторинного ПЕ з ПДК протягом 10 хв. застосовуємо лише одну квадратично-лінійну модель за теоретичними міркуваннями (рис. 8).

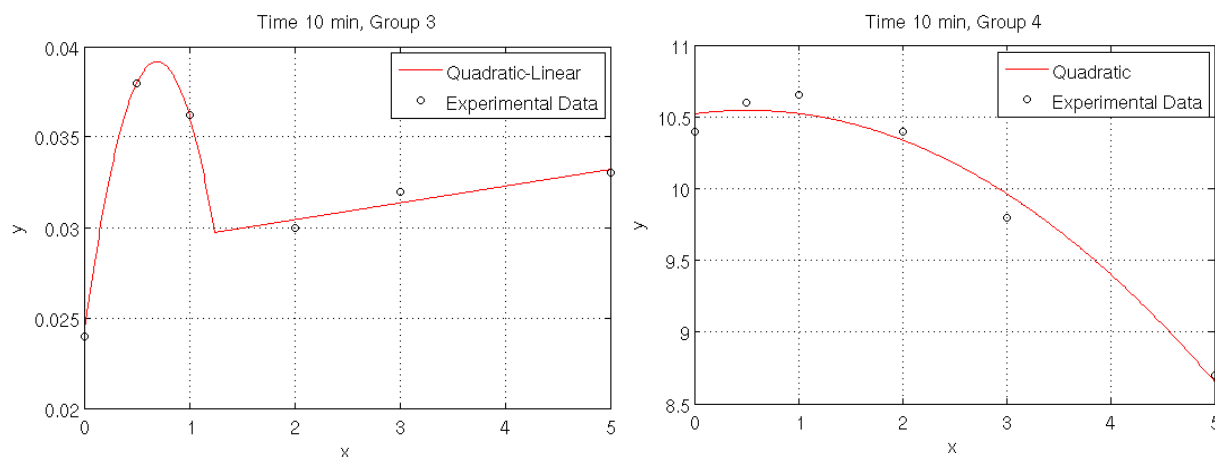


Рис. 8. Залежність кількості трансвініленових та метильних груп для розрахункових моделей процесу переробки-модифікації

Таблиця 3. Параметри моделі (80, 68) та довірні інтервали для них

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	0,024	0,0138	0,0342
b_2	0,0438	-0,00815	0,0957
b_3	-0,0316	-0,0815	0,0183
b_4	1,24	0,526	1,954
b_5	$9,286 \times 10^{-4}$	-0,00379	0,00564

За МНК отримана найкраща модель:

$$y = \begin{cases} 0,024 + 0,0438x - 0,0316x^2; & x \in [0; 1,24]; \\ 0,02857 + 9,286 \times 10^{-4}x; & x \in [1,24; 5]. \end{cases} \quad (5)$$

Значення параметрів моделі (5) та довірні інтервали для них з довірною ймовірністю 95% – у табл. 3.

Максимальна швидкість змінювання функції – у початковій точці, вона дорівнює 0,0438. Вибіркова

дисперсія квадратично-лінійної моделі дорівнює $6,429 \times 10^{-7}$.

Для даних у групі 4 за 10 хв. вальцювання композиції найкраще підходить квадратична модель (16) на рис. 8.

Найкраща парабола за методом МНК:

$$y = 10,52 + 0,09726t - 0,09404t^2. \quad (6)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 4.

Таблиця 1. Параметри моделі (6) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	10,52045	10,14578	10,89511
b_2	$9,725796 \times 10^{-2}$	$-3,056811 \times 10^{-1}$	$5,00197 \times 10^{-1}$
b_3	$-9,404198 \times 10^{-2}$	$-1,714481 \times 10^{-1}$	$-1,663589 \times 10^{-2}$

Максимальна швидкість змінювання функції – у кінцевій точці, вона дорівнює 0,8432. Вибіркова дисперсія квадратичної моделі дорівнює $2,221508 \times 10^{-2}$.

З метою оптимізації процесу модифікації за рахунок використання ненасичених та метильних

груп, зміну кількості ненасичених груп (1 – вініліденових, 2 – вінільних, 3 – трансвініленових) досліджували за експериментальними даними модифікації вторинного поліетилену пероксидом дикумила (ПДК) методом вальцювання (30 хв.) при температурі 130 °С.

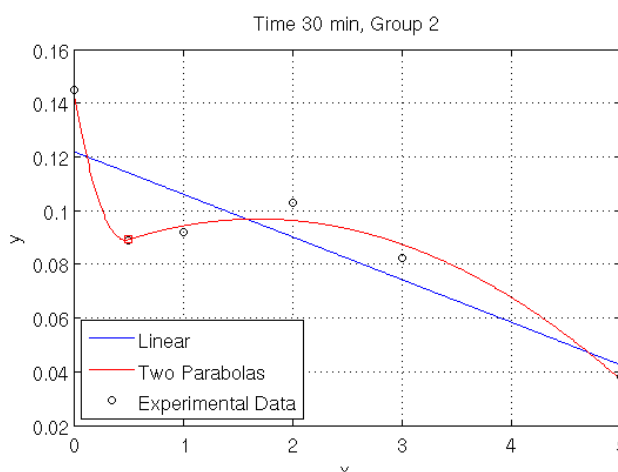
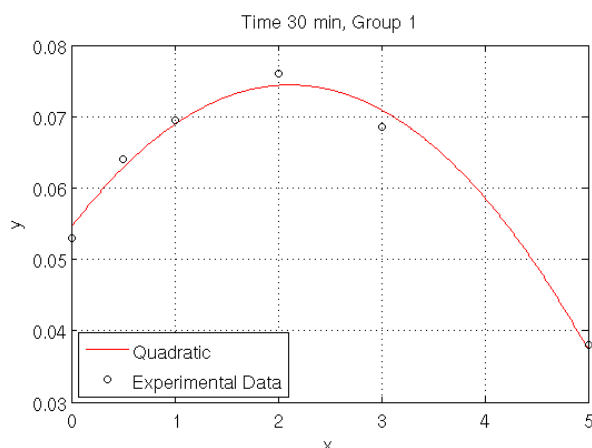


Рис. 9. Залежність кількості вініліденових та вінільних груп для розрахункових моделей процесу переробки-модифікації

Для даних вініліденових груп (1) при модифікації пероксидом дикумила за 30 хв. вальцювання найкращою моделлю є квадратична (7) рис. 9.

Найкраща парабола:

$$y = 0,05452 + 0,01883t - 4,4505 \times 10^{-3}t^2. \quad (7)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 5.

Максимальна швидкість змінювання функції – у кінцевій точці, вона дорівнює 0,025675. Вибіркова дисперсія квадратичної моделі дорівнює $4,356391 \times 10^{-6}$.

Далі для вінільних груп 2 за 30 хв. вальцювання показані на рис. 9. Для цих даних підбираємо лінійну модель (8) та дві параболи (9).

Модель 1. Найкраща пряма:

$$y = 0,122 - 1,588 \times 10^{-2}t. \quad (8)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 6.

Таблиця 5. Параметри моделі (7) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	$5,452336 \times 10^{-2}$	$4,927671 \times 10^{-2}$	$5,977001 \times 10^{-2}$
b_2	$1,882961 \times 10^{-2}$	$1,318701 \times 10^{-2}$	$2,447220 \times 10^{-2}$
b_3	$-4,450463 \times 10^{-3}$	$-5,534426 \times 10^{-3}$	$-3,366499 \times 10^{-3}$

Таблиця 6. Параметри моделі (8) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	$1,220087 \times 10^{-1}$	$8,771844 \times 10^{-2}$	$1,562990 \times 10^{-1}$
b_2	$-1,588281 \times 10^{-2}$	$-2,928966 \times 10^{-2}$	$-2,475957 \times 10^{-2}$

Швидкість змінювання функції у цій моделі є сталою, вона дорівнює $1,588281 \times 10^{-2}$. Вибіркова дисперсія лінійної моделі дорівнює $4,012492 \times 10^{-4}$.

Модель 2. Найкраща двохпараболічна модель:

$$y = \begin{cases} 0,145 - 0,2364t + 0,2494t^2; & t \in [0, 0,4998]; \\ -0,01588 - 0,02929t - 2,476 \times 10^{-3}t^2; & t \in [0,4998, 5]. \end{cases} \quad (9)$$

Найшвидше функція змінюється у початковій точці, точка перемикання $0,4998$ швидкість змінювання дорівнює $0,2364$. Вибіркова дисперсія моделі $7,636 \times 10^{-5}$. Це значно краще, ніж для лінійної моделі.

Для даних у групі 3 за 30 хв. вальцювання – те ж саме: лінійна (10) та двохпараболічна (11) моделі на рис. 10.

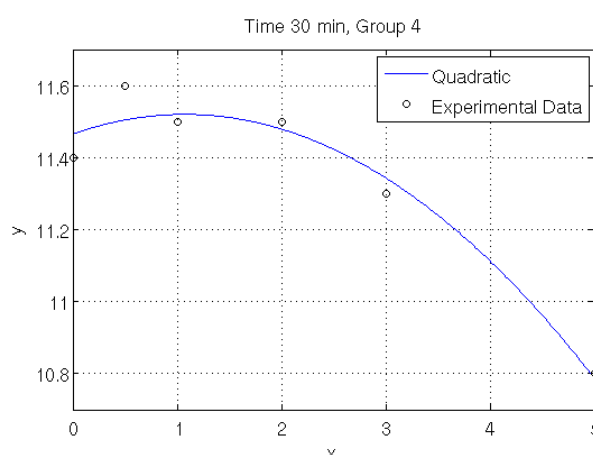
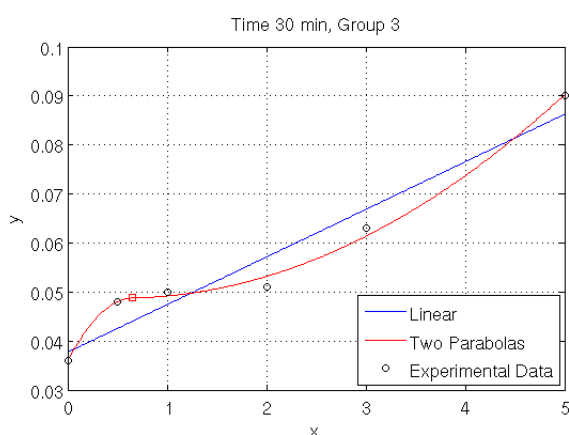


Рис. 10. Залежність кількості трансвініленових та метильних груп для розрахункових моделей процесу переробки-модифікації

Таблиця 7. Параметри моделі та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	$3,771429 \times 10^{-2}$	$2,892582 \times 10^{-2}$	$4,650275 \times 10^{-2}$
b_2	$9,714286 \times 10^{-3}$	$6,278162 \times 10^{-3}$	$1,315041 \times 10^{-2}$

Таблиця 8. Параметри моделі та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	11,46537	11,28016	11,65058
b_2	$1,017942 \times 10^{-1}$	$-9,739571 \times 10^{-2}$	$3,009841 \times 10^{-1}$
b_3	$-4,746107 \times 10^{-2}$	$-8,572618 \times 10^{-2}$	$-9,195955 \times 10^{-3}$

Модель 1. Найкраща пряма:

$$y = 3,771 \times 10^{-2} + 9,714 \times 10^{-3}t. \quad (10)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 7.

Стала швидкість змінювання функції у цій моделі дорівнює $9,714286 \times 10^{-3}$. Вибіркова дисперсія моделі $2,636 \times 10^{-5}$.

Модель 2. Найкраща двохпараболічна модель:

$$y = \begin{cases} 0,036 + 0,03852t - 0,02904t^2; & t \in [0; 0,6552]; \\ 0,04936 - 2,273 \times 10^{-3}t + 2,091 \times 10^{-3}t^2; & t \in [0,6552, 5]. \end{cases} \quad (11)$$

Квадратиком відмічена точка перемикання $0,6552$. Найшвидше функція змінюється у початковій точці, швидкість змінювання дорівнює $3,8518 \times 10^{-2}$. Вибіркова дисперсія моделі $8,182 \times 10^{-6}$. Це значно краще, ніж для лінійної моделі.

Для даних у групі 4 за 30 хв. вальцювання перевіряємо квадратичну модель (6), рис. 10.

Найкраща квадратична модель:

$$y = 11,465 + 0,10179t - 0,047461t^2. \quad (12)$$

Параметри моделі та довірні інтервали для них – у таблиці 8.

Максимальна швидкість змінювання функції – у кінцевій точці, вона дорівнює 0,3728. Вибіркова дисперсія квадратичної моделі за розрахунками дорівнює $5,4288 \times 10^{-3}$.

Моделі будували з урахуванням зміни кількості геліфракції (рис. 2), молекулярної маси зольфракції (ММ) та показників фізико-механічних властивостей: руйнівне напруження при розтяганні (рис. 3), відносне подовження при розриві (рис. 3) вторинного поліетилену для екологічнобезпечної модифікації

пероксидом дикумила при вальцюванні протягом 10 та 30 хв., температура 130 °С

Для даних зі вмісту геліфракції розглядалися дві моделі: двохпараболічна та звичайна кубічна парабола.

Модель 1. Найкраща двопараболічна модель:

$$y = \begin{cases} 41,4 - 25,31x + 44,061x^2; & x \in [0; 0,4438]; \\ 32,27 + 15,837x - 2,292x^2; & x \in [0,4438; 5]. \end{cases} \quad (13)$$

Вона показана на рис. 10, квадратиком відмічена точка перемикання 0,4438. Найшвидше функція змінюється у початковій точці, швидкість змінювання дорівнює 25,307. Вибіркова дисперсія моделі 10,014.

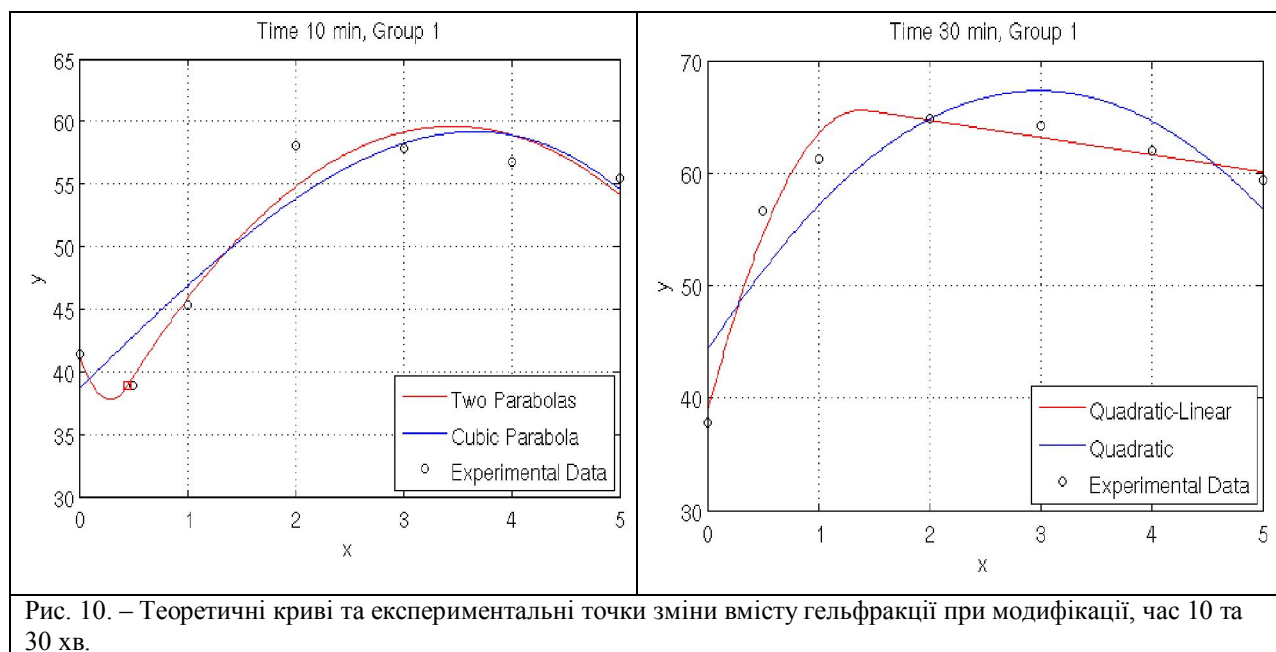


Рис. 10. – Теоретичні криві та експериментальні точки зміни вмісту геліфракції при модифікації, час 10 та 30 хв.

Таблиця 9. Параметри моделі (6, 77) та довірні інтервали для них

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	38,636	26,896	50,376
b_2	8,425	-16,12	32,969
b_3	$-2,261 \times 10^{-3}$	-12,027	12,023
b_4	-0,209	-1,779	1,361

Таблиця 10. Параметри моделі (80, 87) та довірні інтервали для них

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	38,493	27,942	49,043
b_2	38,994	-14,804	92,791
b_3	-14,034	-65,721	37,653
b_4	1,444	$-7,65 \times 10^4$	$7,65 \times 10^4$
b_5	-1,535	-6,254	3,183

Модель 2. Найкраща кубічна парабола:

$$y = 38,636 + 8,425x - 2,261 \times 10^{-3}x^2 - 0,209x^3. \quad (14)$$

Ця модель не враховує значення у точці $x = 0,5$. Її параметри та довірні інтервали для них – у таблиці 9.

Максимальна швидкість змінювання функції – у початковій точці, вона дорівнює 8,425. Вибіркова дисперсія квадратичної моделі дорівнює 16,521, що гірше, ніж для двохпараболічної моделі, але несуттєво.

Для даних зі вмісту гельфракції, вальцювання 30 хв. (рис. 10) розглядалися квадратично-лінійна модель (15) та звичайна квадратична модель.

Модель 1. Найкраща квадратично-лінійна модель:

$$y = \begin{cases} 38,493 + 38,994x - 14,034x^2; & x \in [0; 1,444]; \\ 67,754 - 1,535x; & x \in [1,444; 5]. \end{cases} \quad (15)$$

Таблиця 11. Параметри моделі (16) та довірні інтервали для неї

Параметр	Значення	Нижня границя	Верхня границя
b_1	44,179	32,875	55,483
b_2	15,484	3,553	27,414
b_3	-2,594	-4,936	-0,251

Швидкість змінювання функції у початковій точці дорівнює 15,484, а у кінцевій 10,453. Вибіркова дисперсія квадратичної моделі дорівнює 27,169, що значно гірше за параболічно-лінійну модель.

Подальші моделі будували з урахуванням змін показників фізико-механічних властивостей: руйнівне напруження при розтяганні, відносно подовження при розриві вторинного поліетилену для екологічнобезпечної утилізації-модифікації пероксидом дикумила при вальцюванні протягом 10 та 30 хв., температура 130 °С.

На наш погляд список відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії треба і можна розширити за рахунок внесення до нього твердих побутових відходів (ТПВ) у якості матеріальних та енергетичних ресурсів – тобто сировини [11–14].

Переробка полімерних відходів як частини ТПВ у вторинну або зворотну матеріальну сировину й енергоресурси – складний багатостадійний процес. З урахуванням усіх можливостей процесу управління та поведіння з ТПВ необхідно враховувати наступні складові: перш за все, кількість циклів переробки, тобто якісні показники ТПВ; наявність можливостей технологій та методів подальшої переробки у енергетичні ресурси або вибір науково-обґрунтованих способів утилізації-модифікації, а також обов'язкове визначення кінцевої стадії утилізації полімерних відходів на комплексних підприємствах. Ці енергоутилізаційні виробничі комплекси, на базі існуючих підприємств або нових, дозволяють не тільки утилізувати різні викиди підприємств або одержувати енергію з не підлягаючих переробці відходів, але створити й переробні підприємства для різних видів відходів, що підлягають переробці.

Таким чином, для пошуку оптимальних варіантів комплексних безвідхідних технологій можлива наступна послідовність дій:

Значення параметрів моделі (15) та довірні інтервали для неї з довірною ймовірністю 95% – у табл. 10.

Максимальна швидкість змінювання функції – у початковій точці, вона дорівнює 38,994. Вибіркова дисперсія квадратично-лінійної моделі дорівнює 6,013.

Модель 2. Найкраща парабола:

$$y = 44,179 + 15,484x - 2,594x^2. \quad (16)$$

Значення параметрів моделі (16) та довірні інтервали для неї з довірною ймовірністю 95% – у табл. 11.

- виявлення принципових недоліків існуючих технологій з обліком всіх розглянутих принципів, визначення вихідних потоків системи, які мають потребу в очищенні або мають продукти для утилізації;

- визначення основних причин, що перешкоджають модернізації існуючих виробництв із метою створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів;

- розробка нових методів одержання цільового продукту або вдосконалювання одного з існуючих, що буде задовольняти вимоги створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів;

- розробка декількох варіантів безвідхідних технологій з обліком обраного нового методу;

- вибір пріоритетної технології з погляду основних економічних показників і мети – створення безвідхідних технологічних процесів і комплексів.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Можна вкотре визначити деякі загрози екологічній безпеці, зв'язані з питаннями негайної утилізації-рециклінгу полімерної частки ТПВ:

- глобальна екологічна криза накопичення ТПВ, пов'язана зі зростанням навантаження на системи життєзабезпечення і відтворювальні природні ресурси планети, з деградацією довкілля та підривом стійкості біосфери;

- екологічна криза накопичення ТПВ у будь-якій країні, загрожує не тільки гідному існуванню людини, але і самому життю;

- для держави екологічна криза у сфері поведінки з ТПВ пов'язана із скороченням свободи політичного вибору, яка обумовлена транскордонним характером екологічних проблем;

- загострення екологічної ситуації в різних регіонах світу стає причиною соціальної та

політичної нестабільності, міждержавних протиріч та насильницьких конфліктів.

Така ситуація створює основу на користь підвищення статусу екологічної безпеки до рівня вищих національних пріоритетів. Надмірна концентрація екологічно небезпечних виробництв, відсутність інноваційних комплексних технологій з утилізації ТПВ, застаріле та неефективне природоохоронне обладнання на завершальних стадіях технологічних ланцюгів, ненадійність технічних систем і недостатня кваліфікація кадрів на підприємствах підвищеного екологічного ризику, тобто проблеми забезпечення екологічної безпеки що може стати причиною соціального та політичного напруження як у національному, так і в міжнародному масштабах.

Значний інтерес при подальшому дослідженні екологічної безпеки переробки-модифікації полімерної частки ТПВ являють, наприклад, моделі розвитку технології використання функціональних груп, при утилізації-модифікації. Це обумовлено нерозривним зв'язком досліджуваних проблем як з інтенсивним розвитком галузей теоретичної хімії, так і з рядом найважливіших задач хімічної технології, зокрема експлуатації виробів з полімерів.

Теоретичні аспекти окислення ненасичених сполук зачіпають різноманітні питання механізму реакцій радикального приєднання і заміщення, кінетику і термодинаміку елементарного акту окислення. Фундаментальний характер має проблема встановлення зв'язку будови з реакційною здатністю в реакціях радикального приєднання. Очевидно, що перевірка існуючих концепцій реакційної здатності і створення нових теоретичних побудов можливі лише при наявності моделей масиву, наприклад, кінетичних даних, що характеризують швидкість елементарного акту. Перспективним для даних досліджень є напрямки апроксимації експериментальних залежностей для всього спектру кисневмісних груп при утилізації-модифікації. З метою інтенсифікації вирішення інноваційних проблем ресурсо- та енергозбереження застосовані методи математичного моделювання для обробки експериментальних даних. Принципи

відношення до полімерної частки ТПВ як до поновлюваних екологічнобезпечних джерел ресурсів та енергії можна використовувати в кожному регіоні й таке інше.

Для досягнення поставленої мети далі розв'язуються такі наукові завдання:

– реалізувати комплексний підхід при формуванні методики класифікації-ідентифікації ТПВ з еколого-гігієнічною оцінкою якості техногенно-навантажених територій;

– визначити і проаналізувати проблеми, які виникають при формуванні моделей управління екологічною безпекою, розробити оцінки стану досліджених систем управління для прийняття екологічно-небезпечного рішення;

– запропонувати засоби виділення суттєвих властивостей моделей предметних областей та їх сутностей за умови розробки концепції комплексної екологічної системи як об'єкта управління;

– розробити і обґрунтувати моделі комплексної екологічної системи з визначенням сутностей предметних областей для її науково-обґрунтованої теоретичної бази;

– розробити алгоритми побудови оцінки стану комплексної системи і її складових систем на усіх етапах виробництва за умови реалізації концепції для розв'язання задач екологічної оцінки і еколого-гігієнічного нормування;

– запропонувати і дослідити механізм динаміки фізико-хімічних процесів утилізації полімерних відходів і трансформації у екологічних природних системах за умови концепції комплексних систем з метою прогнозування стану екосистем при їх взаємодії з економічною і соціальною складовими;

– визначити засади впровадження комплексного метода класифікації-ідентифікації ТПВ в систему екологічного нормування і екологічної оцінки ризику здоров'ю населення при вирішенні питань управління екологічною безпекою.

Список літератури:

1. Рэнби Б. Рабек Я. Фотодеструкция, фотоокисление, фотостабилизация полимеров. – М.: Наука. 1978. – С. 65.
2. Бухкало С.И. Изменение свойств в процессе эксплуатации пленки и направления модификация вторичного полиэтилена: дис. канд. техн. наук: 25.01.88 / Бухкало Светлана Ивановна. – М., 1988. – 150 с.
3. Бухкало С.И. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. Київ «Центр учбової літератури»: 2014, 456 с.
4. Бухкало С.И. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов / Интегрированные технологии та енергозбереження // 2001. – № 2. – С. 106–112.
5. Бухкало С.И. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки / Интегрированные технологии та енергозбереження // 2005. – № 2. – С. 29–33.
6. Бухкало С.И. Деякі аспекти екологічної безпеки полімерної тари та пакування харчової промисловості / Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2014. – Вип. 45. Т. 3. – С. 76–79.
7. Бухкало С.И. Екологічні та економічні проблеми утилізації полімерної тари та пакування продуктів харчування / Матеріали III міжн. н/практ. конф «Хімія біо- і нанотехнології, екологія та економіка в харчовій і косметичній промисловості». – Х.: НТУ «ХП». 2015. – с. 103–108.
8. Бухкало С.И. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Интегрированные технологии та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 4. – с. 29–33.
9. Бухкало С.И. Основні складові комплексних підприємств енергетичного міксу // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2015. – № 7 (1116). – с. 3–21.

10. *Товажнянский Л.Л.*, Общая химическая технология в примерах, задачах, лабораторных работах и тестах (учебное пособие) / Кошелева М.К., Бухкало С.И.. Москва ИНФРА-М, 2015. С. 447.
11. *Бухкало С.І.* Моделі енергетичного міксу для утилізації полімерної частки ТПВ // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 19 (1191). – с. 23–32.
12. *Бухкало С.І., Ігліні С.П.* Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів / Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ». 2016. – № 3. – с.52–57.
13. *Бухкало С.І.* Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів – 2016, – с. 111.
14. *Бухкало С.І.* Аналіз можливостей комплексних енерготехнологій утилізації тари та пакування. XVI міжн. научн. конф. «Совершенствование процессов и оборудования пищевых и химических производств». Т.2. Вып.47, ОНАПТ, – Одесса, 5–9 сентября 2016. С. 122–125.
6. *Bukhhalo S.I.* Dejaki aspekti ekologichnoi bezpeki polimernoї tari ta pakuvannya harchovoi promislivosti / Naukovi praci ONAHT. – Odesa, 2014. – Vip. 45. T. 3. – P. 76–79.
7. *Bukhhalo S.I.* Ekologichni ta ekonomichni problemi utilizacii polimernoї tari ta pakuvannya produktiv harchuvannya / Materiali III mizhn. n/prakt. konf «Himija bio- i nanotehnologii, ekologija ta ekonomika v harchovij i kosmetichnij promislivosti». – H.: NTU «HPI» 2015. – P. 103–108.
8. *Bukhhalo S.I.* Dejaki vlastivosti polimernih vidhodiv u jakosti sirovini dlja energo- i resursozberigajuchih procesiv // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – H.: NTU «HPI». 2014. – № 4. – P. 29–33.
9. *Bukhhalo S.I.* Osnovni skladovi kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2015. – № 7 (1116). – P. 3–21.
10. *Tovazhnjanskij L.L., Kosheleva M. K., Bukhhalo C. I.* [Obschaya khimicheskaya tehnologia v primerah, Zadachah, Laboratornih rabotah I tekstah (uchebnoe posobie)] General Chemical Engineering in the examples, problems, laboratory work and testing (manual). Moskov INFRA-M, 2015. P. 447.
11. *Bukhhalo S.I.* Modeli energetichnogo miksu dlja utilizacii polimernoї chastki TPV // Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI». 2016. – № 19 (1191). – p. 23–32.
12. *Bukhhalo S.I., Iglin S.P.* Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatcii polimernih virobiv / Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – H.: NTU «HPI». 2016. – № 3. – p. 52–57.
13. *Bukhhalo S.I.* Innovacijni tehnologii vikoristannja vidhodiv. 4-j mizhn. kongres Stalij rozvitok: zahist navkolishn'ogo seredovishha. Energooshadnist'. Zbalansovane prirodokoristuvannja, 21–23 veresnja 2016 r., L'viv – 2016, – p. 111.
14. *Bukhhalo S.I.* Analiz mozhlivostej kompleksnih energotehnologij utilizacii tari ta pakuvannja. XVI mezhd. nauchn. konf. «Sovershenstvovanie processov i oborudovanija pishhevij i himicheskij proizvodstv». T.2. Vip.47, ONAPT, – Odessa, 5–9 sentjabrja 2016. P. 122–125.

Bibliography (transliterated):

1. *Rjenbi B. Rabek Ja.* Fotodestrukciya, fotookislenie, fotostabilizacija polimerov. – M.: Nauka. 1978. – P. 65.
2. *Bukhhalo S.I.* Izmennenie svojstv v processe jekspluatcii plenki i napravlenija modifikacija vtorichnogo polijetilena: dis. kand. tehn. nauk : 25.01.88 / Bukhhalo Svetlana Ivanovna. – M., 1988. – 150 p.
3. *Bukhhalo S.I.* Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. Kiiv «Centr uchbovoi literaturi»: 2014, 456 p.
4. *Bukhhalo S.I.* Resursosberigajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernyh othodov / Integrovani tehnologii ta energozberezhennja // 2001. – № 2. – P. 106–112.
5. *Bukhhalo S.I.* K voprosu jenergosberezhennja processa aglomerirovanija polimernoї upakovki / Integrovani tehnologii ta energozberezhennja // 2005. – № 2. – P. 29–33.

Поступила (received) 23.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Екологічнобезпечні моделі комплексної утилізації-модифікації полімерних відходів як частини твердих побутових відходів / С. І. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 24–37. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Экологическая безопасность моделей комплексной переработки-модификации полимерных отходов как части твердых бытовых отходов / С. И. Бухкало // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 24–37. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Environmental security of models for complex processing modification of plastic waste as part of the solid waste utilization-/ S. I. Bukhhalo // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 24–37. Bibliogr.: 14 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

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

УДК 66.012.45:664.1.048

Т. Г. БАБАК, О. А. ГОЛУБКИНА, Ю. В. МАЛЫШКО, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО

МОДЕРНИЗАЦІЯ ПРОЦЕСА РЕКТИФІКАЦІЇ ЧАСТИЧНО РАСТВОРИМОЇ АЗЕОТРОПНОЇ СМЕСІ ФУРФУРОЛ-ВОДА

Проведено аналіз способів розділення азеотропних бінарних сумішей. Проведено обстеження ректифікаційної установки для розподілу частково розчинної суміші фурфурол-вода. Визначено характеристики теплових потоків системи та на основі принципів пінч-аналізу запропоновано рішення з модернізації установки з метою мінімізації вживання зовнішніх утиліт для економічно обґрунтованого значення мінімального температурного напору в теплообмінному обладнанні ΔT_{\min} . Підібрані пластинчасті теплообмінні апарати для рекуперації енергії.

Ключові слова: ректифікація, азеотропна суміш, пінч-аналіз, складові криві, сіткова діаграма, пластинчасті теплообмінники.

Проведен анализ способов разделения азеотропных бинарных смесей. Проведено обследование ректификационной установки для разделения частично растворимой смеси фурфурол-вода. Определены характеристики тепловых потоков системы и на основе принципов пинч-анализа предложено решение по модернизации установки с целью минимизации потребления внешних утилит для экономически обоснованного значения минимального температурного напора в теплообменном оборудовании, ΔT_{\min} . Подобраны пластинчатые теплообменные аппараты для рекуперации энергии.

Ключевые слова: ректификация, азеотропная смесь, пинч-анализ, составные кривые, сеточная диаграмма, пластинчатые теплообменники.

The analysis of methods of binary azeotropes separation was carried out in the article. The inspection of the rectifier for separation of partially soluble mixture furfural-water was made. Characteristics of thermal streams of the system were determined, and the solution of modernization based on the pinch-analysis principles was offered with purpose of external utilities consumption minimization according to economically reasonable the value of the minimum temperature difference in the heat exchange equipment ΔT_{\min} . Plate heat exchangers were recommended for energy recovery.

Keywords: rectification, azeotrope, pinch-analysis, composite curves, grid diagram, plate heat exchangers.

Вступлення. В современном мире, в том числе и в Украине, одной из наиболее актуальных проблем является рациональное использование энергии. Особенно это касается таких энергоемких производств химической промышленности, как разделение смесей в процессе ректификации.

Ректификация азеотропных смесей требует специальных методов организации этого процесса в связи с особенностями процесса кипения жидкостей. Азеотропные смеси имеют сильные отклонения от закона Рауля для идеальных растворов, в соответствии с которым парциальное давление компонента насыщенного пара пропорционально мольной доле соответствующего компонента в растворе. Выбор метода ректификации определяется основополагающими законами термодинамической теории равновесия жидкость-пар: законами Коновалова и Вревского. Согласно второму закону Коновалова, растворам, состав равновесного пара над которыми совпадает с составом растворов, отвечают точки экстремума на кривой зависимости общего давления пара (или температуры кипения) от состава раствора [1, 2, 3].

Отклонения от закона Рауля могут быть положительными или отрицательными, если молекулы компонентов взаимодействуют друг с другом соответственно сильнее или слабее чем с молекулами другого компонента [3, 4, 5]. На рис. 1 представлены, диаграммы равновесия пар-жидкость и диаграммы состояния состав-температура кипения в случаях значительных отклонений от закона Рауля. Диаграммы расположены попарно, а линия, объединяющая пары диаграмм, соответствует азеотропной смеси.

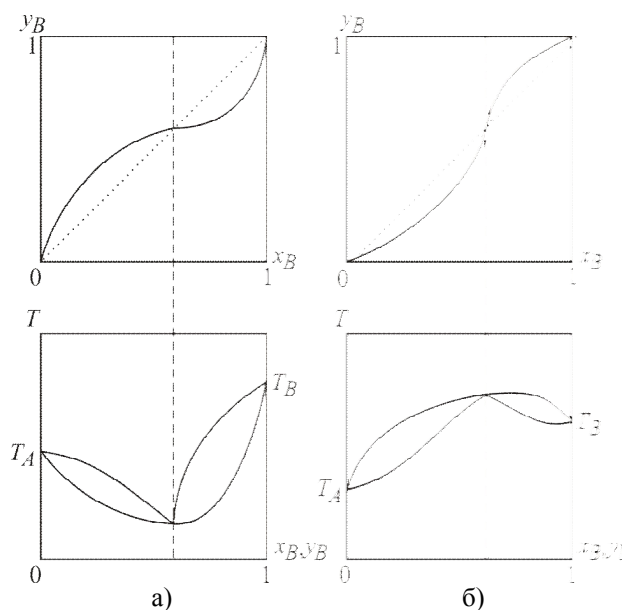


Рис. 1. Диаграммы равновесия пар-жидкость и диаграммы состояния состав-температура кипения для растворов с а) – положительными и б) – отрицательными отклонениями от идеальных растворов.

При ректификации смеси, имеющей минимум на диаграмме состав-температура, в дистиллят будет поступать азеотропная смесь, а в кубовый остаток то вещество, которое в исходной смеси содержалось в избытке по сравнению с азеотропным составом. Соответственно, в случае максимума, дистиллят обогащается компонентом, который находился в избытке по отношению к азеотропному раствору, а

состав кубового остатка будет приближаться к азеотропному, что соответствует третьему закону Вревского [3].

Способы решения проблемы разделения азеотропных смесей. При разделении трудно делимых бинарных систем, часто экономически обосновано использование третьего вещества – разделяющего агента.

Допустим, разделяющий компонент C является высококипящим по отношению к одному из двух компонентов исходной смеси B , который хорошо растворим в разделяющем агенте, а второй компонент A либо нерастворим, либо трудно растворим. Присутствие третьего, разделяющего (или экстрагирующего), компонента приводит к снижению сил притяжения нерастворимого компонента A в растворе к остальным частицам и в результате этого – к увеличению его относительной летучести в системе.

Таким образом, разделяющий агент обладает избирательным действием – повышает давление пара низкокипящего компонента (НК) в большей степени, чем давление пара высококипящего компонента (ВК). Это облегчает разделение исходных компонентов, но влечет за собой последующий процесс разделения смеси $B+C$ хорошо растворимого, B , и экстрагирующего, C , компонентов, которые удаляются с кубовым остатком. Описанный метод разделения называют экстрактивной ректификацией.

В отличие от экстрактивной ректификации, азеотропная ректификация использует в качестве разделяющего компонента вещество, образующее азеотроп с ВК или НК, или тройной азеотроп. Во всех случаях можно получить один из компонентов исходной смеси практически в чистом виде. Например, если при использовании разделяющего агента C , с компонентом A образуется с азеотроп $A+C$ с минимальной температурой кипения, то он уходит в виде дистиллята. В кубовом остатке в основном содержится вещество B . [1, 2, 6, 7].

Если исходная смесь состоит из частично растворимых компонентов, то возможно разделение их на двух колоннах. При этом поток исходной смеси совместно с потоками конденсата паров, образующихся в обеих колоннах, направляется в отстойник, где происходит расслоение разделяемой смеси на фракции. Легкая фракция из отстойника, подогревается до температуры кипения и направляется в верхнюю часть первой колонны в качестве флегмы и в кубовый остаток поступает компонент с более низкой температурой кипения. Во вторую колонну в качестве флегмы направляется тяжелая фракция, обогащенная компонентом с высокой температурой кипения, который отводится в качестве кубового остатка практически в чистом виде [11]. Ректификация частично растворимых компонентов, образующих азеотропные смеси с минимумом точки кипения, может быть осуществлена и в одной ректификационной колонне, если растворимости компонентов с понижением

температуры настолько заметно уменьшаются, что путем равновесного разделения в отстойнике сконденсированных дистиллятных паров, представляется возможным получение одного из компонентов с практически приемлемой степенью чистоты. Примером такого рода системы может служить раствор бутанол–вода или фурфурол–вода [6]. Именно такой способ ректификации и реализуется в рассматриваемой схеме.

Целью работы является оптимизация мощности потребляемых внешних утилит для экономически обоснованного значения минимального температурного напора в теплообменном оборудовании ректификационной установки разделения частично растворимой азеотропной смеси фурфурол–вода.

Обследование ректификационной установки разделения частично растворимой азеотропной смеси фурфурол–вода. Азеотропная смесь фурфурол–вода имеет минимум на диаграмме состояния состав-температура кипения (рис. 2), который соответствует точке 9,2 мол % или 35 мас % фурфурола в растворе. Температура кипения азеотропа 98°C . [8]

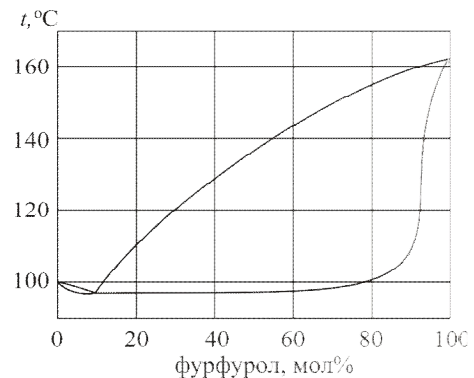


Рис. 2. Диаграмма состояния состав-температура кипения смеси фурфурол–вода при атмосферном давлении

Схема ректификационной установки представлена на рис. 3.

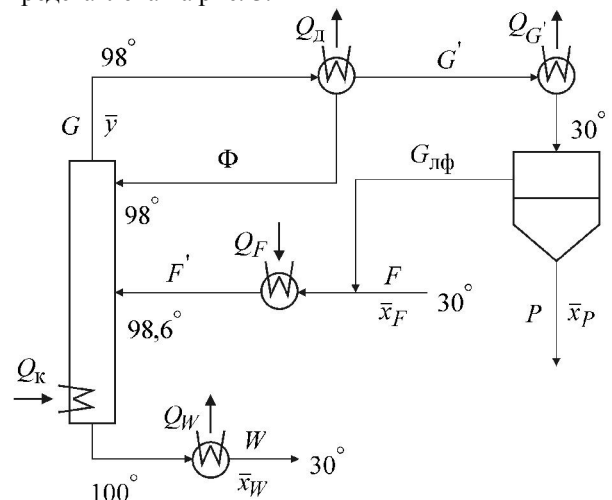


Рис. 3. Энергофункциональная схема процесса ректификации смеси фурфурол–вода

В центральную часть колонны подается исходная смесь с концентрацией 8,8 мас % фурфурола. Сверху колонны отбираются пары азеотропа, которые конденсируются в дефлегматоре, при этом часть конденсата в соответствии с флегмовым числом 4,23 направляется в виде флегмы в верхнюю часть колонны, а остальная часть охлаждается и попадает в отстойник, где происходит отделение легкой фракции с концентрацией 8,8 мас %, которая домешивается в исходную смесь.

Тяжелая фракция 94,2 мас % поступает в емкость продукта [9]. Кубовый остаток – это практически вода, содержащая 0,2 мас % фурфурола.

В системе отсутствует рекуперация энергии, подогрев осуществляется паром 120°C, а охлаждение – холодной водой.

Данные тепловых потоков, полученные после обследования существующей схемы и расчета материального и теплового баланса установки, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Данные потоков для интеграции

№	Название	G , кг/с	T_s , °C	T_t , °C	c , кДж/(кг·°C)	r , кДж/кг	ΔH , кВт	CP , кВт/°C
1	G'	5,517	98	30	3,298	–	115,9	1,704
2	W	1,542	100	30	4,179	–	451	6,443
3	G	2,702	98	98	–	1640	4431,4	∞
4	Куб	2,702	100	100	–	2262	4661,3	∞
5	F'	2,059	30	98,6	3,958	–	558,8	8,146

Таким образом, потребление горячих утилит (пара) в системе составляет 5220,2 кВт, холодных (охлаждающая вода) – 4998,2 кВт.

Для модернизации системы, в соответствии с принципами пинч-анализа [10,11], было выбрано экономически обоснованное значение минимального температурного напора в теплообменном оборудовании $\Delta T_{\min} = 5$ °C, были построены составные кривые горячих и холодных потоков и размещены на температурно-энтальпийной диаграмме таким образом, чтобы минимальное расстояние между ними по оси температур равнялось $\Delta T_{\min} = 5$ °C (рис 4).

Составные кривые дают нам точку пинча и разделение на две подсистемы – требующие нагревания с помощью горячих утилит (выше пинча) и охлаждения с помощью холодных утилит (ниже пинча). Пинч горячих потоков равен 98°C, холодных – 93°C. Минимальное потребление горячих утилит составляет 4694,1 кВт, холодных – 4472,2 кВт.

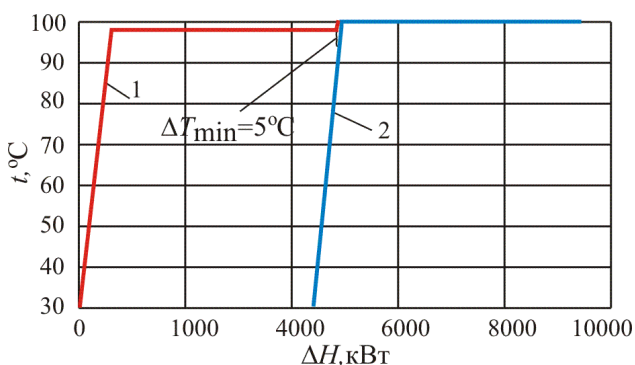


Рис. 4. Составные кривые: 1 – горячих потоков, 2 – холодных потоков

Для размещения теплообменного оборудования использовалась сеточная диаграмма. В области выше пинча находятся потоки 2, 4, 5. Очевидно, что поток 4 не имеет в системе партнеров для рекуперации, поэтому оставляем кубовый испаритель, который имелся в системе ранее. Поток 2 может быть полностью удовлетворен на входе в пинч, отдав тепло потоку 1. Поэтому устанавливаем рекуперативный теплообменник РТ1 с нагрузкой 12,9 кВт, после чего для подогрева потока 5 до температуры кипения устанавливаем нагреватель с нагрузкой 32,7 кВт.

В области ниже пинча потоки 1 и 2 по теплосодержанию перекрывают поток 5, однако температура исходной смеси равна целевым температурам кубового остатка и смеси в отстойнике, поэтому установка на них рекуперативных теплообменников привела к необходимости в двух охладителях. В связи с чем было принято решение довести потоки 1 и 2 до целевых температур с помощью внешних утилит, а подогрев потока 5 осуществить в параллельно установленном с существующим трубчатый дефлегматором конденсаторе РТ2. Таким образом, нагрузка на трубчатый дефлегматор понижается примерно на 20%.

Размещение теплообменников показано на сеточной диаграмме (рис. 5). Было принято решение по использованию пластинчатого теплообменного оборудования, характеризующего компактностью, высокими коэффициентами теплопередачи и простотой в обслуживании [12]. Теплообменные аппараты РТ1, С2, С3, паровой нагреватель Н2 и конденсатор РТ2 были подобраны с помощью программного обеспечения CAS 200 Alfa Laval.

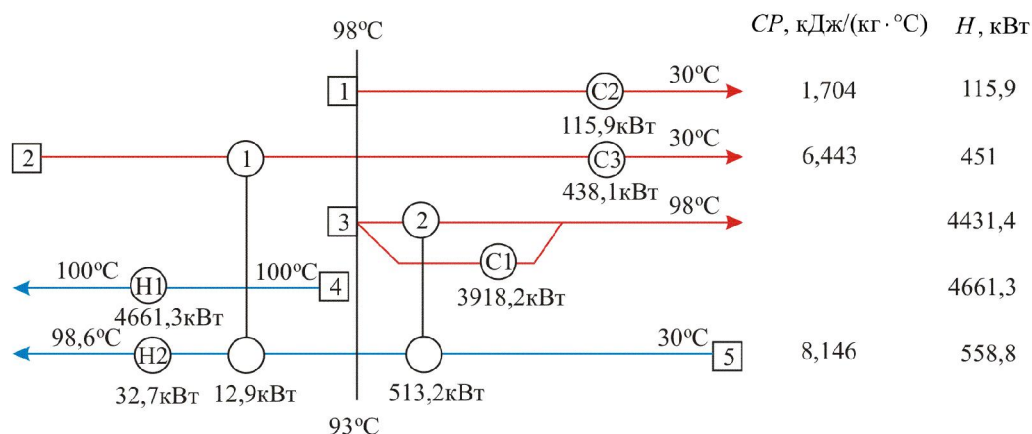


Рис. 5. Сеточная диаграмма процесса после модернизации

Выводы.

За счет осуществления интеграции тепловых потоков системы были достигнуты следующие результаты: мощность потребляемых горячих утилит снизилась с 5220,2 кВт до 4694,1 кВт, а холодных – с 4998,2 кВт до 4472,2 кВт. Это обуславливает

следующий экономический эффект: годовой прирост чистой прибыли составит более 900 тысяч гривен, срок окупаемости проекта менее 9 месяцев, а эффективность капиталовложений составит 1,43

Список литературы

1. Товажнянський Л.Л. Процеси та апарати хімічної технології: Підручник у двох книгах. Кн. 2 / Л.Л. Товажнянський, А.П. Готлінська, В.О. Леценко [та ін.]. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 538 с.
2. Коган В.Б. Азеотропная и экстрактивная ректификация / В.Б. Коган. – Л.: ГОСХИМИЗДАТ, 1961. – 316 с.
3. Скворцов А.М. Фазовые равновесия в бинарных и тройных системах: учебное пособие / А.М. Скворцов, В.И. Куучук, А.В. Москвин, Л.В. Шихеева, [и др.] – СПб.: Изд-во СПХФА, 2007. – 60 с.
4. Романков П.Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П.Г. Романков, М.И. Курочкина, Ю.А. Мозжерин, [и др.]. – Л.: Химия, 1989. – 560 с.
5. Левченков С. И. Термодинамика растворов / С. И. Левченков // Материалы к лекциям для студентов химфака – Кафедра физической и коллоидной химии Южного федерального университета, 2005. – Режим доступа: http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/Phys_Prg.html – Дата обращения: 5 августа 2016.
6. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. – Изд. 3-е, перераб. / С.А. Багатуров. – М.: Химия, 1974. – 440 с.
7. Скобло А.И. Процессы и аппараты нефтепереработки и нефтехимии: Учебник для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. / А.И. Скобло, Ю.А. Молоканов, А.И. Владимиров, [и др.]. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 577 с.
8. Гурвич В.А. Избирательные растворители в переработке нефти (справочная книга) / В.А. Гурвич, Н.П. Сосновский. – М., Л.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1953. – 321 с.
9. Коррозия и защита химической аппаратуры, т. 9. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность / Под ред. А.М. Сухотина, А.В. Шрейдера, А.В. Арчакова. – М.: Химия, 1974. – 576 с.

10. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов: Библиотека журнала ИТЭ / Р. Смит, Й. Клемей, Л.Л. Товажнянський, [и др.]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с.

Bibliography (transliterated)

1. Tovazhnyans'kyu L. L. Protsesy ta aparaty khimichnoyi tekhnolohiyi [Processes and devices of chemical technology]: Pidruchnyk u dvokh knykhakh. Kn. 2 / L. L. Tovazhnyans'kyu, A. P. Hotlins'ka, V. O. Leshchenko [ta in.] – Kharkiv: NTU «KhPI», 2007. – 538 s.
2. Kogan V.B. Azeotropnaja i jekstraktivnaja rektifikacija [Azeotropic and extractive rectification] / V.B. Kogan. – L.: GOSHIMIZDAT, 1961. – 316 s.
3. Skvorcov A.M. Fazovye ravnovesija v binarnyh i trojnyh sistemah: uchebnoe posobie [Phase equilibrium in the binary and triple systems] / A.M. Skvorcov, V.I. Kuuchuk, A.V. Moskvina, L.V. Shiheeva, [i dr.] – SPb.: Izd-vo SPHFA, 2007. – 60 s.
4. Romankov P.G. Processy i apparaty himicheskoy promyshlennosti [Processes and devices of chemical industry] / P.G. Romankov, M.I. Kurochkina, Ju.A. Mozhherin, [i dr.]. – L.: Himija, 1989. – 560 s.
5. Levchenkov S. I. Termodinamika rastvorov [Thermodynamics of solutions] / S. I. Levchenkov // Materialy k lekcijam dlja studentov himfaka. – Kafedra fizicheskoy i kolloidnoj himii Juzhnogo federal'nogo universiteta, 2005. – Rezhim dostupa: http://www.physchem.chimfak.rsu.ru/Source/Phys_Prg.html – Data obrashhenija: 5 avgusta 2016. – 80 s.
6. Bagaturov S.A. Osnovy teorii i rascheta peregonki i rektifikacii. [Bases of theory and calculation of distillation and rectification] – Izd. 3-e, pererab. / S.A. Bagaturov. – M.: Himija, 1974. – 440 s.
7. Skoblo A.I. Processy i apparaty neftepererabotki i neftehimii [Processes and devices of oil refining and petrochemistry]: Uchebnik dlja vuzov – 3-e izd., pererab. i dop. / A.I.

- Skoblo, Ju.A. Molokanov, A.I. Vladimirov, [i dr.]. – М.: ООО «Nedra-Biznescentr», 2000. – 577 s.
8. *Gurvich V.A.* Izbiratel'nye rastvoriteli v pererabotke nefi [Selective solvents in oil refining](spravochnaja kniga) / V.A. Gurvich, N.P. Sosnovskij. – М., L.: GOSTOPTENIZAT, 1953. – 321 s.
9. Korrozija i zashhita himicheskoj apparatury [Corrosion and protection of chemical equipment], t. 9.
10. *Smit R.* Osnovy integracii teplovyh processov [Basics integration of thermal processes]: Biblioteka zhurnala ITJe / R. Smit, J.

Поступила (received) 23.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Модернізація процесу ректифікації частково розчинної азеотропної суміші фурфурол-вода / Т. Г. Бабак, О. О. Голубкіна, Ю. В. Малишко, Є. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 38–42. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Модернизация процесса ректификации частично растворимой азеотропной смеси фурфурол-вода / Т. Г. Бабак, О. А. Голубкина, Ю. В. Малышко, Е. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 38–42. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2220-4784.

Modernization of partially soluble mixture furfural-water rectification / T. G. Babak, O. A. Holubkina, Yu. V. Malysenko, E. D. Ponomarenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – С. 38–42. – Bibliogr.: 10 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бабак Тетяна Геннадіївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +3800505669654; e-mail: tgbabak@gmail.com.

Бабак Татьяна Геннадиевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380505669654; e-mail: tgbabak@gmail.com.

Babak Tatyana Gennadyevna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel: +380505669654; e-mail: tgbabak@gmail.com.

Голубкіна Ольга Олександрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380977133599; e-mail: oalgotubkina@gmail.com.

Голубкина Ольга Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380977133599; e-mail: oalgotubkina@gmail.com.

Holubkina Olga Aleksandrovna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», a senior lecturer in integrated technologies, processes and devices; tel.: +380977133599; e-mail: oalgotubkina@gmail.com

Малишко Юрій Валерійович – бакалавр, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380957339946; e-mail: yur.malishko@yandex.ua.

Малышко Юрий Валериевич – бакалавр, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380957339946; e-mail: yur.malishko@yandex.ua.

Malysenko Yuri Valerievich – Bachelor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: +380957339946; e-mail: yur.malishko@yandex.ua.

Пономаренко Євгенія Дмитрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Пономаренко Евгения Дмитриевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Ponomarenko Evgeniya Dmitrievna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

УДК 66.012.45:664.1.048

Т. Г. БАБАК, С. В. БАЛЮК, О. А. ГОЛУБКИНА, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО**ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ**

Проведено аналіз сучасних засобів енергозбереження в хімічній технології. Зроблено екстракцію даних ректифікаційної установки розділення суміші фурфурол-вода та виявлено недоліки в організації рекуперації енергії потоків системи. За допомогою технологій пінч-аналізу було проведено реконструкцію існуючої технологічної схеми: для економічно обґрунтованого значення ΔT_{\min} сплановано мережу теплообмінників, що забезпечують максимально можливу рекуперацію енергії в системі. Розраховано параметри теплообмінного обладнання.

Ключові слова: ректифікація, пінч-аналіз, складові криві, сіткова діаграма, пластинчаті теплообмінники.

Проведен анализ современных подходов к энергосбережению в химической технологии. Произведена экстракция данных ректификационной установки разделения смеси фурфурол-вода и выявлены недостатки в организации рекуперации энергии потоков системы. С помощью технологий пинч-анализа была проведена реконструкция существующей технологической схемы: для экономически обоснованного значения ΔT_{\min} спланирована сеть теплообменников, обеспечивающая максимально возможную рекуперацию энергии в системе. Рассчитаны параметры теплообменного оборудования.

Ключевые слова: ректификация, пинч-анализ, составные кривые, сеточная диаграмма, пластинчатые теплообменники.

The analysis of modern approaches to energy saving in chemical technology was carried out. Extraction of data of furfural-water mix separation rectifying installation was made and shortcomings of the organization of system streams energy recovery were revealed. By means of the pinch-analysis technologies the reconstruction of the existing technological scheme was carried out: for economically reasonable ΔT_{\min} value the network of heat exchangers providing the greatest possible energy recovery in system was designed. Parameters of the heat exchange equipment were calculated.

Keywords: rectification, pinch-analysis, composite curves, grid diagram, plate heat exchangers.

Вступлення.

Многотоннажные производства непрерывного цикла работы, характеризующиеся невысоким коэффициентом полезного действия, являются одними из основных потребителей топливно-энергетических ресурсов. В промышленности Украины это химические, нефтехимические, фармацевтические, пищевые производства, которые включают такие энергоёмкие процессы как, например, разделение методом ректификации многокомпонентных смесей [1].

Приоритетным направлением создания и модернизации химических технологий является энергосбережение, рациональное использование и экономия энергетических ресурсов. В большинстве химических производств расход энергии составляет основную часть затрат. Основными теплоносителями, обеспечивающими тепловой энергией низкотемпературные технологические процессы, являются пар и горячая вода. Главным способом снижения потребления тепловой энергии является модернизация действующих установок с использованием метода пинч-анализа, который позволяет интенсифицировать процессы теплообмена. Научной основой для решения задач энергосбережения является термодинамический анализ, в рамках которого удается реализовать различные способы энергосбережения в химической технологии.

Основные концепции современных подходов к энергосбережению.

Современная методология энергосбережения, основана на системном анализе, который позволяет

сформулировать основные стратегические принципы и определить тактические приемы реализации направлений оптимизации, являющихся основой устойчивого развития сложных химических технологий.

Системные подходы к энергосбережению на сегодня четко сформулированы [2]. Определены три основных тактических глобальных принципа:

- использование рециркуляции потоков энергии и вторичного сырья техногенного происхождения;
- работа по обеспечению энергосбережения должна выполняться на всех трех основных стадиях: производства, транспортировки и преобразования, потребления энергии;
- наиболее целесообразно использовать системные методы энергосбережения на стадии потребления энергии, в особенности для энергоёмких отраслей производства (прежде всего, химия и металлургия).

Некоторые из этих принципов имеют общетехнический характер (ресурсосбережение, рекуперация, утилизация низкопотенциальных энерговыбросов) и имеют особое значение для перерабатывающих отраслей промышленности, в частности для химической, металлургической, пищевой. К примеру, реализуется концепция обеспечения энергетической малоотходности не столько за счет утилизации энергетических отходов или ресурсосбережения, сколько за счет повышения селективности, т.е. выхода высокопотенциального целевого продукта или отходов. В конце концов, эта концепция сводится к стремлению не бороться с энергетическими низко потенциальными отходами, а

вести процесс так, чтобы они образовывались в минимальном количестве.

В качестве основного аппаратного оформления для различных процессов химической технологии применяются пластинчатые теплообменники различной конструкции. В процессах ректификации успешно используются пластинчатые теплообменники перекрестного тока при высоких температурах, для низко потенциальной утилизации – разборные и паяные аппараты. Одним из наиболее эффективных приложений использования специального разборного пластинчатого теплообменника является использование аппаратов марки TS производства фирмы «Альфа Лаваль» [3], в качестве дефлегматора ректификационной колонны. Главной особенностью конструкции этих аппаратов является укороченная пластина, показанная на рис. 1, использование которой позволяет при конденсации флегмы не допускать переохлаждения и жестко зафиксировать выходящую температуру конденсата.

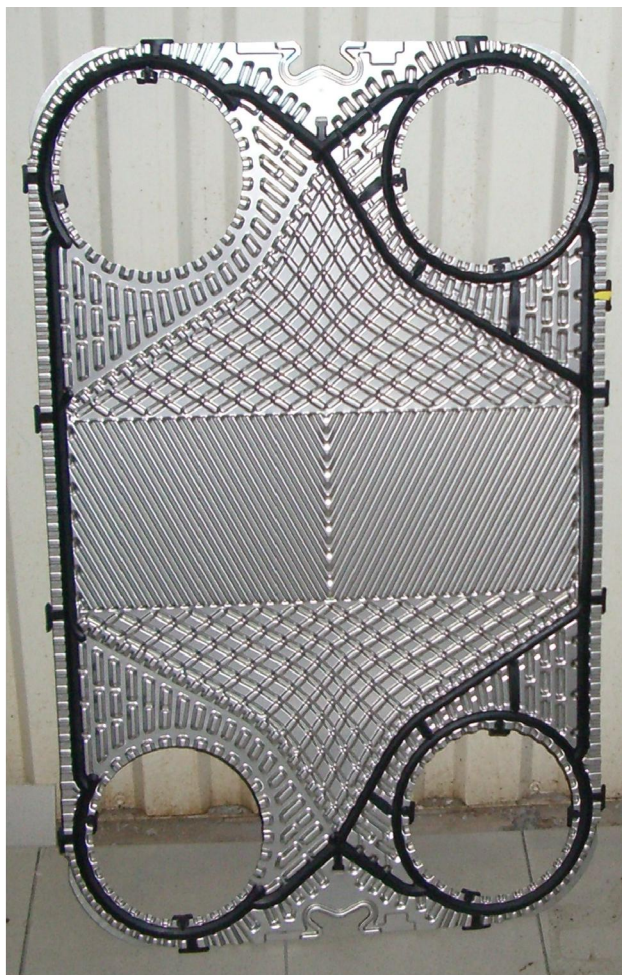


Рис. 1. Пластина разборного пластинчатого теплообменника типа TS20

Целью работы является оптимизация рекуперации энергии тепловых потоков ректификационной установки разделения частично растворимой азеотропной смеси фурфурол-вода на основе принципов пинч-анализа и подбор для инсталляции современного пластинчатого теплообменного оборудования.

Обследование существующей ректификационной установки и анализ эффективности рекуперации энергии.

Исходная схема ректификации частично растворимой смеси фурфурол-вода имеет производительность 7200 кг/ч по исходной смеси с концентрацией 7 мас % фурфуrolа. Пары азеотропа 35 мас % фурфуrolа поступают в дефлегматор, конденсируются и разделяются на два потока G' и G'' . Поток G' охлаждается до 30°C и подается в отстойник. Легкая фракция из отстойника (8,8 мас % фурфуrolа [4]) соединяется с потоком G'' , догревается до температуры кипения азеотропа 98°C [5] и направляется в виде флегмы в верхнюю часть колонны. Тяжелая фракция из отстойника (94,2 мас % фурфуrolа [4]) отбирается в качестве готового продукта. Кубовый остаток представляет собой практически чистую воду.

Кроме испарителя, конденсатора, нагревателей и холодильника в системе имеется рекуперативный теплообменник, который полностью утилизирует избыток тепла кубового остатка. Все теплообменное оборудование представляет собой трубчатые теплообменные аппараты. Схема ректификационной установки представлена на рис. 2.

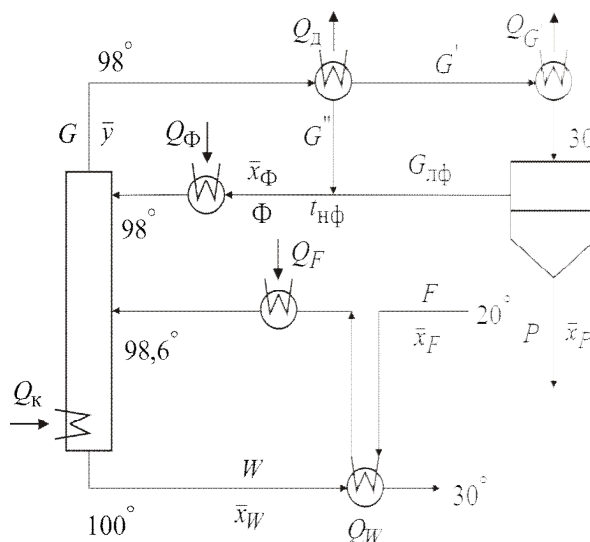


Рис. 2. Энергофункциональная схема ректификационной установки для разделения смеси фурфурол-вода

После проведения обследования объекта реконструкции, выбора тепловых потоков для их дальнейшей интеграции, экстракции необходимых данных и расчетов материальных и тепловых

балансов [6], все требуемые для проектирования данные сведены в таблицу 1.

На рис. 3 представлены составные кривые, построенные для существующей схемы и которые расположены на температурно-энтальпийной диаграмме таким образом, чтобы область их перекрытия по оси энтальпии ΔH была равна в

системе [7]. Как видно из рис. 3, мощность рекуперации для существующей схемы составляет 541,8 кВт, которые передаются исходной смеси от потока кубового остатка. Такое расположение составных кривых дает точку пинча с температурой горячих потоков 98°C, а холодных – 79,7°C, то есть $\Delta T_{\min} = 18,3$ °C.

Таблица 1. Данные потоков для интеграции

№	Название потока	Тип потока	G , кг/с	T_s , °C	T_i , °C	c , кДж/(кг·°C)	r , кДж/кг	ΔH , кВт	CP , кВт/°C
1	G'	гор	0,483	98	30	3,298	–	108,4	1,593
2	W	гор	1,852	100	30	4,18	–	541,8	7,739
3	G	гор	0,773	98	98	–	1640	1268,4	∞
4	Куб	хол		100	100	–	2262	1343	∞
5	F'	хол	2	20	98,6	4,004	–	629,4	8,008
6	Φ	хол	0,625	58,5	98	3,652		90,1	2,283

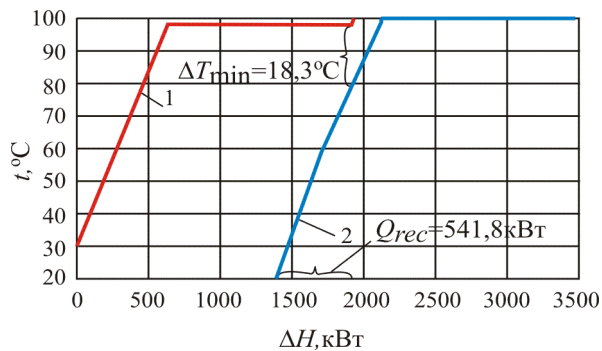


Рис. 3. Составные кривые процесса до реконструкции: 1 – горячих потоков, 2 – холодных потоков

Потребление горячих утилит (пара) в системе составляет 1520,7 кВт, холодных (охлаждающая вода) – 1376,7,2 кВт.

Чтобы проанализировать эффективность организации теплообмена в системе, была построена сеточная диаграмма [7], на которой размещено существующее теплообменное оборудование. Сеточная диаграмма представлена на рис. 4.

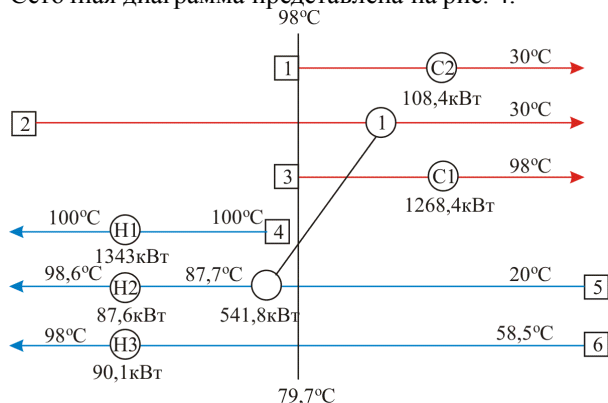


Рис. 4. Сеточная диаграмма процесса до реконструкции

Анализ сеточной диаграммы показывает, что в области ниже пинча энергия горячих потоков не рекуперирована. Кроме этого, рекуперативный теплообменник осуществляет перенос тепла через пинч, что противоречит принципам пинч-технологии [7]. Результатом является заниженное, по сравнению с теоретически возможным, значение температурного напора, а значит завышенная площадь поверхности теплообмена.

Для реконструкции существующей системы, в соответствии с принципами пинч-анализа [7], было выбрано экономически обоснованное значение $\Delta T_{\min} = 5$ °C, представляющее компромисс между капитальными и эксплуатационными затратами.

На рис 5 изображены составные кривые горячих и холодных потоков, размещённые на температурно-энтальпийной диаграмме таким образом, чтобы минимальное расстояние между ними по оси температур равнялось $\Delta T_{\min} = 5$ °C.

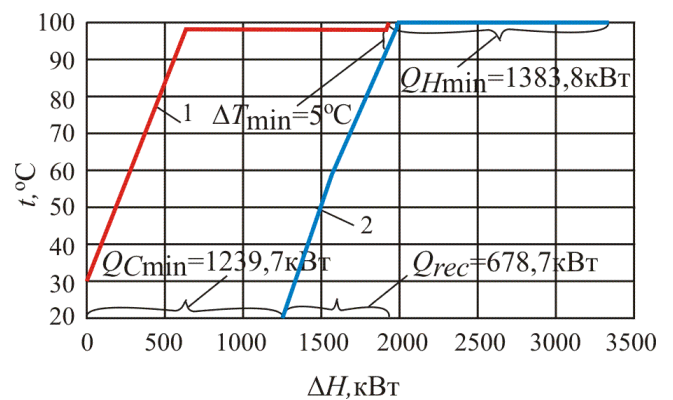


Рис. 5. Составные кривые процесса для $\Delta T_{\min} = 5$ °C: 1 – горячих потоков, 2 – холодных потоков

В этом случае температура пинча горячих потоков равна 98°C, холодных потоков – 93°C.

Целевые значения потребления горячих и холодных утилит составляют соответственно 1383,8 кВт и 1239,7 кВт. Максимально возможная мощность рекуперации – 678,7 кВт.

На рис. 6 представлена сеточная диаграмма, построенная при $\Delta T_{\min} = 5^\circ\text{C}$ в соответствии с *CP*-правилом ($CP_{out} \geq CP_{in}$) и *N*-правилом ($N_{out} \geq N_{in}$), где были размещены теплообменные устройства.

Выше пинча находится один горячий поток – №2, который, в соответствии с *CP*-правилом может отдать тепло потоку №5. Поэтому устанавливается рекуперативный теплообменник РТ1 с нагрузкой 15,5 кВт. Чтобы довести потоки №5 и №6 до целевой температуры, установлены паровые подогреватели Н2 и Н3. Поток №4 не имеет партнеров для теплообмена, поэтому оставлен существующий испаритель Н1.

В области ниже пинча находятся три горячих и два холодных потока, что формально обеспечивает выполнение *N*-правила. Однако было принято решение использовать поток №3 после того, как будут исчерпаны другие возможности для рекуперации. Это связано с тем, что данный поток – пар с верха колонны, который конденсируется и по технологии нельзя допускать переохлаждения конденсата. Поэтому поток №5 в соответствии с *CP*-правилом был расщеплен на два с потоковыми теплоемкостями 1,484 кВт/°C и 6,523 кВт/°C. Рекуперативный теплообменник РТ3 обеспечивает целевую температуру потока №1, а РТ4 и последовательно установленный холодильник С2 – целевую температуру потока №2. Для достижения температуры пинча на потоке №6 установлен конденсатор РТ2 с нагрузкой 78,8 кВт. Это устройство установлено на потоке №3 параллельно с существующим конденсатором С1.

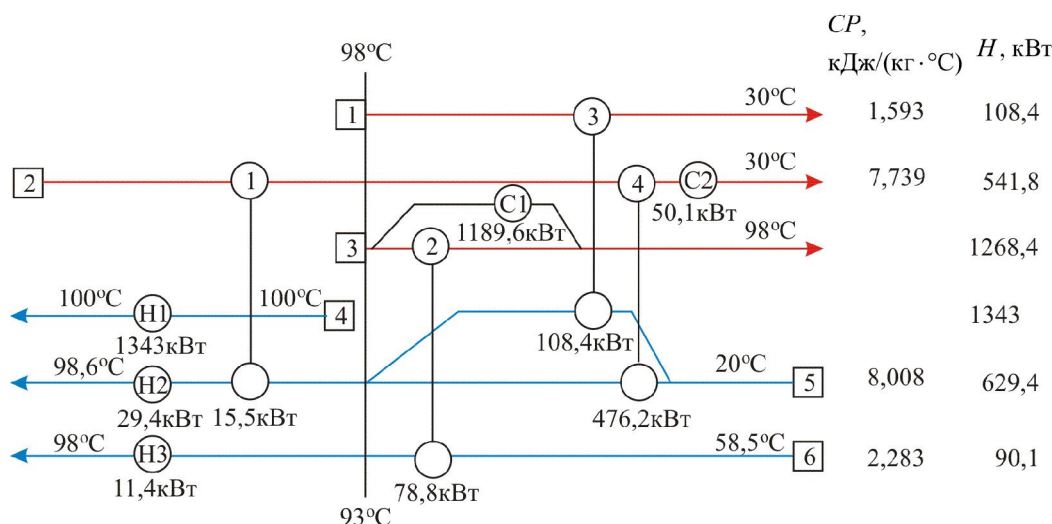


Рис. 6. Сеточная диаграмма процесса после реконструкции

Для установки было подобраны разборные пластинчатые теплообменники [8] фирмы Alfa Laval. Их краткие характеристики указаны в таблице 2.

Следует отметить, что на позиции РТ2 рекомендован к установке пластинчатый дефлегматор ТS6М.

Таблица 2. Выбранное теплообменное оборудование

Позиция	Тип пластины	Число пластин	Поверхность теплопередачи (м ²)
РТ1	М6	10	1,5
РТ2	ТS6М	28	2,397
РТ3	М6	29	4,35
РТ4	М6	67	10,05
Н2	М3	10	0,32
Н3	М3	18	0,576
С2	М3	25	0,8

Выводы.

Оптимизация рекуперации тепловой энергии дала следующие результаты: снижение потребляемой мощности горячих утилит с 1520,7 кВт до 1383,8 кВт, мощности холодных утилит – с 1376,7 кВт до 1239,7 кВт, что обеспечивается дополнительной

рекуперацией 137,1 кВт за счет реконструкции существующей схемы.

Срок окупаемости капитальных затрат за счет чистой прибыли составляет 7,5 месяца.

Список литературы:

1. Гололобова О.М., Ларка М.П. Аналіз рівня використання потенціалу енергозбереження в промисловості України / О.М. Гололобова, М.П. Ларка // Вестник НТУ «ХПИ». – 2015. – №25 (1154) – С. 127–134.
2. Зеркалов Д.В. Энергозбереження в Україні. Монографія. – К.: Основа, 2012. – 582 с.
3. Каталог оборудования «Альфа Лаваль». [Електронний ресурс]. – http://planetaklimata.com.ua/instr/Alfa_Laval_cata_log_2013_Rus.pdf
4. Коррозия и защита химической аппаратуры, т. 9. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность / Под ред. А.М. Сухотина, А.В. Шрейдера, А.В. Арчакова. – М.: Химия, 1974. – 576 с.
5. Гурвич В.А. Избирательные растворители в переработке нефти (справочная книга) / В.А. Гурвич, Н.П. Сосновский. – М., Л.: ГОСТОПТЕХИЗАТ, 1953. – 321 с.
6. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Процеси та апарати хімічної технології: Підручник у двох книгах. Кн. 2 / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, А.П. ГОТЛІНСЬКА, В.О. ЛЕЩЕНКО [та ін.] – Харків: НТУ «ХПИ», 2007. – 538 с.
7. Смит Р. Основы интеграции тепловых процессов: Библиотека журнала ИТЭ / Р. Смит, Й. Клемеш, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, [и др.]. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – 458 с.
8. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л. Пластинчатые теплообменники в теплоснабжении: Монографія / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П.А. КАПУСТЕНКО, Г.Л. ХАВИН [и др.] – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 448 с.

- [Analysis of the use of energy efficiency potential in industry of Ukraine]/ О.М. Hololobova, М.Р. Larka //Vestnyk NTU «HPI». – 2015. – No. 25 (1154) – P. 127–134.
2. Zerkalov D.V. Enerhozberezhennja v Ukrajinі [Energy efficiency in Ukraine]. Monohrafija. – K.: Osnova, 2012. – 582 p.
 3. Katalog oborudovanija «Al'fa Laval». [Elektronnij resurs]. – http://planetaklimata.com.ua/instr/Alfa_Laval_cata_log_2013_Rus.pdf
 4. Korrozija i zashhita himicheskoj apparatury [Corrosion and protection of chemical equipment], t. 9. Neftepereabatyvajušhaja i neftehimičeskaja promyšlennost' / Pod red. A.M. Suhotina, A.V. Shrejdera, A.V. Archakova. – M.: Himija, 1974. – 576 p.
 5. Gurvich V.A. Izbiratel'nye rastvoriteli v pererabotke nefti [Selective solvents in oil refining](spravochnaja kniga) / V.A. Gurvich, N.P. Sosnovskij. – M., L.: GOSTOPTENIZAT, 1953. – 321 p.
 6. Tovazhnyans'kyj L. L. Protsezy ta aparaty himičnoyi tekhnolohiyi [Processes and devices of chemical technology]: Pidručnyk u dvokh knykhakh. Kn. 2 / L. L. Tovazhnyans'kyj, A. P. Hotlins'ka, V. O. Leshchenko [ta in.] – Kharkiv: NTU «KhPI», 2007. – 538 p.
 7. Smit R. Osnovy integracii teplovyh processov [Basics integration of thermal processes]: Biblioteka zhurnala ITJe / R. Smit, J. Klemesh, L.L. Tovazhnjanskij, [i dr.]. – Har'kov.: NTU «HPI», 2000. – 458 p.
 8. Tovazhnjanskij L.L. Plastinchatye teploobmenniki v teplosnabzhenii: Monografija / L.L. Tovazhnjanskij, P.A. Kapustenko, G.L. Havin [i dr.]. – Har'kov: NTU «HPI», 2007. – 448 p.

Bibliography (transliterated):

Поступила (received) 23.05.2016

1. Hololobova O.M., Larka M.P. Analiz rivnja vykorystannja potencialu enerhozberezhennja v promyslovosti Ukrajinny

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Оптимізація енергоспоживання ректифікаційної установки на базі інтеграції теплових потоків / Т. Г. Бабак, С. О. Балюк, О. О. Голубкіна, Є. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПИ». Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х : НТУ «ХПИ», 2016. – № 29 (1201). – С. 43 – 48. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2220-4784.

Оптимизация энергопотребления ректификационной установки на основе интеграции тепловых потоков / Т. Г. Бабак, С. О. Балюк, О. А. Голубкина, Е. Д. Пономаренко // Вісник НТУ «ХПИ». Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х : НТУ «ХПИ», 2016. – № 29 (1201). – С. 43 – 48. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2220-4784.

Optimization of rectifying plant energy consumption by means of thermal streams integration / T. G. Babak, S. O. Balyuk, O. A. Holubkina, E. D. Ponomarenko // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – С. 43 – 48. – Bibliogr.: 8 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бабак Тетяна Геннадіївна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +3800505669654; e-mail: : tgbabak@gmail.com.

Бабак Татяна Геннадиевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380505669654; e-mail: tgbabak@gmail.com.

Babak Tatyana Gennadyevna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel: +380505669654; e-mail: : tgbabak@gmail.com.

Балюк Світлана Олегівна – бакалавр, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380956405616; e-mail: : svetlanka_pozutiv4ik@mail.ru.

Балюк Светлана Олеговна – бакалавр, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380956405616; e-mail: svetlanka_pozutiv4ik@mail.ru.

Balyuk Svetlana Olegovna – Bachelor, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: +380956405616; e-mail: svetlanka_pozutiv4ik@mail.ru.

Голубкіна Ольга Олександрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», старший викладач кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com.

Голубкина Ольга Александровна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com.

Holubkina Olga Aleksandrovna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», a senior lecturer in integrated technologies, processes and devices; tel.: +380977133599; e-mail: oalgolubkina@gmail.com

Пономаренко Євгенія Дмитрівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри Інтегрованих технологій, процесів і апаратів; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Пономаренко Евгения Дмитриевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры Интегрированных технологий, процессов и аппаратов; тел.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

Ponomarenko Evgeniya Dmitrievna – National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», an assistant professor of integrated technologies, processes and devices; tel.: +380681185532; e-mail: yevgeniya.ponomarenko@gmail.com.

УДК 544.971.2

Г. О. САБАДОШ**ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА ПІНОУТВОРЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОЧНИХ ДЕСЕРТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КАРАГІНАНУ**

Сформульовано інноваційний задум піноподібної десертної продукції та розроблено модель інноваційної стратегії технології десертів молочних із використанням карагінанів, піноподібної структури, у межах якої встановлено механізм регулювання технологічних властивостей рецептурних компонентів, що закріплені як параметри технологічного процесу. Обґрунтовано використання йота-карагінану для виробництва піноподібної десертної продукції на основі молока.

Ключові слова: Піноподібні молочні десерти, йота-карагінан, піноутворююча здатність, текстурні властивості, купажування, адсорбційний шар, поверхневий натяг

Сформулирована инновационная идея взбитой десертной продукции и разработана модель инновационной стратегии технологии десертов молочных с использованием каррагинана пенной структуры, определен механизм регулирования технологических свойств компонентов рецептуры, который определяет параметры технологического процесса. Обосновано использование йота-каррагинана для производства десертов на основе молока с пенной структурой. Доведена целесообразность использования в составе взбитых молочных десертов йота-каррагинана и крахмала которые обеспечивают максимальную пенообразующую способность. Первоочередным заданием для разработки нового ассортимента, есть научное обоснование технологических процессов, которые могли бы лечь в основу практической реализации новых технологий и смогут в полном объеме реализовываться в предприятиях ресторанного хозяйства и молокоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: Взбитые молочные десерты, йота-каррагинан, пенообразующие свойства, свойства текстуры, купаживание, адсорбционный слой, поверхностное натяжение.

Formulated innovative idea spumy dessert products and the developed model of the innovation strategy of technology of milk desserts using carrageenan, spumy structure within which is mounted the mechanism of regulation of the technological properties of recipe components, are set as parameters of technological process. It justifies the use of iota-carrageenan for the production spumy dessert products based on milk.

Brought the feasibility of the use of the composition of whipped dairy desserts iota-carrageenan and starch which provide maximum foaming ability. The first task for development of a new range there is a scientific study technological processes, which could form the basis for practical implementation of new technologies and can fully be implemented in the enterprises of restaurant economy or the cooperation of restaurants with the milk-processing entities.

Keywords: spumy dairy desserts, iota-carrageenan, foaming ability and textural properties, blending, adsorption layer, surface tension

Вступ.

Аналіз сучасного асортименту продукції на молочній основі свідчить про суттєве зростання в асортименті продуктів, в рецептурному складі яких, є різні види немолочної сировини. Розробка і впровадження в виробництво нових видів продуктів на молочній основі є актуальним. Ресторатори і виробники харчовій продукції прагнуть використовувати доступну й недорогу сировину, яка, крім того, відрізнятиметься підвищеною харчовою та біологічною цінністю, збалансованістю білків за амінокислотним складом.

Така тенденція диктує необхідність наукового обґрунтування технологічних рішень, розширення досліджень направлених на забезпечення колоїдної стабільності харчових систем. У технологічних процесах виготовлення десертної продукції широко використовуються структуроутворювачі. Тому виникає потреба обґрунтування вибору структуроутворювачів, оскільки молоко, як технологічне середовище для стабілізаторів, характеризується комплексом функціонально-технологічних властивостей, які мають безпосередній вплив як на структуроутворення, так і на технологічну систему в цілому.

Результатом ускладнення рецептурної композиції на молочній основі є суттєве й одночасне підвищення органолептичних показників біологічної та харчової цінності, за рахунок залучення до технологічного процесу нових видів сировини. Такий

підхід потребує реалізації принципово нових організаційних та технологічних заходів.

Першочерговим завданням для розробки нового асортименту є наукове обґрунтування технологічних процесів, які можуть бути покладені в основу практичної реалізації нових технологій і можуть у повному обсязі реалізуватися в закладах ресторанного господарства або в кооперації підприємств ресторанного господарства з молокопереробними підприємствами [11].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Процеси піноутворення в харчовій промисловості відіграють важливу роль, оскільки значна група харчових продуктів має пінну структуру. Тому актуальним є створення наукових принципів регулювання фізико-хімічних властивостей пін з метою одержання високотехнологічних пін для одержання нових видів харчових продуктів із високими органолептичними показниками, харчовою й біологічною цінністю.

У результаті дослідження процесу піноутворення молочних продуктів отримані дані не дозволяють установити закономірності величини піноутворюючої здатності через значну кількість чинників, що впливають на величину піноутворення, зокрема стан піноутворювача, його концентрацію, величину в'язкості дисперсного середовища, наявність речовин, які підвищують піноутворюючу

здатність та стійкість піни [3].

Окрім цього, дефіцит сировини зазначених піноутворювачів зі стабільно високою якістю їх висока вартість, а у зв'язку зі збільшенням обсягу виробництва збитих продуктів виникає необхідність пошуку нових підходів до використання піноутворювачів [11].

Викладання основного матеріалу досліджень. Інноваційний задум продукту передбачає випуск піноподібної десертної продукції молокопереробними підприємствами. За цих умов поверхневі властивості технологічних систем будуть суттєво впливати на параметри процесу. Величина поверхневого натягу визначає енергетичні витрати на одержання гетерогенної дисперсної системи. Чим нижче поверхневий, міжфазний натяг тим легше отримати дисперсну систему.

Вивчено вплив вмісту знежиреного молока на величину поверхневого натягу. Встановлено, що зі збільшенням вмісту молока до 10% поверхневий натяг зменшується до $(48,0 \pm 0,1) \times 10^{-3}$ Н/м за експоненційною закономірністю (рис. 1).

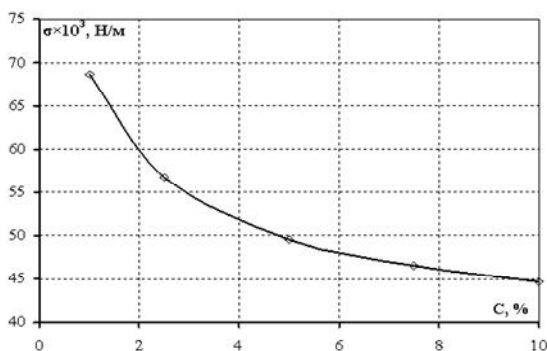


Рис. 1. Залежність поверхневого натягу від вмісту знежиреного молока

Видно, що найбільш інтенсивна зміна поверхневого натягу відбувається в інтервалі вмісту молока до 7...8%. Установлено, що йота-карагінан здатен зв'язувати іони кальцію, що присутні в розчині молока.

Розуміючи, що зміна іонного складу розчину може вплинути на поверхневі властивості білків, було проведено дослідження з вивчення впливу іонів кальцію на поверхнево-активні властивості білків молока.

Можна передбачити, що сольовий склад здатен суттєво впливати на стан рецептурних компонентів, зокрема білків молока.

Визначено поверхневий натяг розчинів молока, з якого осаджували іони кальцію за допомогою введення фосфату натрію (рис. 2.).

Одержані дані дозволяють стверджувати, що виведення іонів кальцію приводить до зниження поверхневого натягу та позитивно впливає на процес піноутворення [1].

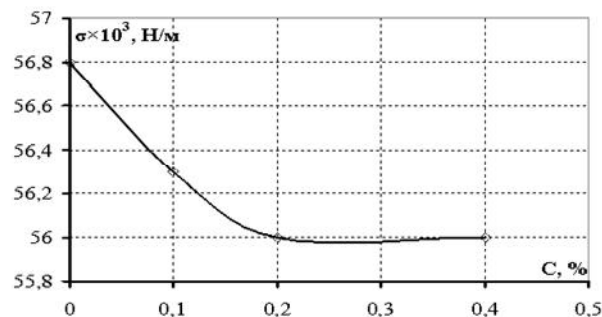


Рис. 2. Залежність поверхневого натягу відновленого знежиреного молока (2,5%) від концентрації фосфату натрію

Встановлено, що розчини йота-карагінану в концентраціях 0,1...0,6% не знижують поверхневого натягу.

Уведення йота-карагінану до розчинів молока приводить до зміни поверхневого натягу розчинів, що характеризуються екстремальною залежністю (рис. 3.). Проведення дослідження даних систем здійснювали за температури $40 \pm 1^\circ\text{C}$ та зі зменшеними концентраціями молока і йота-карагінану в 5 разів, щоб запобігти гелеутворенню.

Отримання піноподібних молочних десертів залежить від поверхнево-активних властивостей білків молока, молекули яких легко створюють адсорбційний шар на межі поділу фаз, зменшуючи поверхневий натяг та утворюючи шари з різними реологічними властивостями.

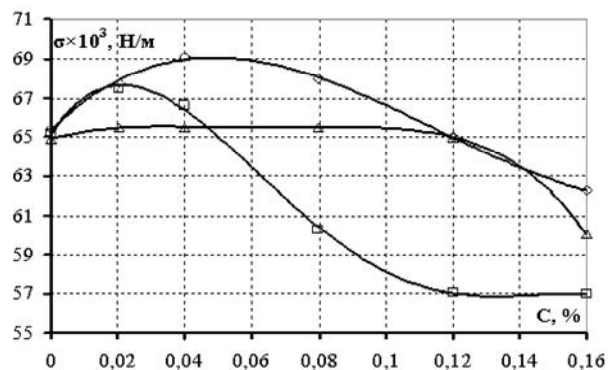


Рис. 3. Залежність поверхневого натягу розчинів від концентрації йота-карагінану та молока: 1, 2, 3 – 1,0; 1,5; 2,0% відповідно

Таку складну поведінку систем можна пояснити тим, що у випадку збільшення поверхневого натягу, імовірно, має місце комплексоутворення білків та йота-карагінану, що зменшує коефіцієнт дифузії до межі поділу фаз. Зменшення поверхневого натягу з підвищенням концентрації йота-карагінану, можливо, пов'язане з відсутністю екікцентрованих комплексів та наявністю білків, яких немає в комплексах, а також зв'язуванням іонів кальцію, що сприяє зниженню поверхневого натягу.

Видно, що зі збільшенням концентрації зона максимальних значень поверхневого натягу збільшується. Було встановлено, що білки молока утворюють комплекси з йота-карагінаном, що сприяє підвищенню міцності МАШ, як на межі з повітрям, так і на межі з олією, що є обов'язковою умовою утворення стійких дисперсних систем [8].

Піноутворюючу здатність (ПЗ) і стійкість пін визначали методом Лур'є. Стійкість пін (СП) визначали через (60×60 с). Установлено, що залежність піноутворюючої здатності (ПЗ) знежиреного молока від концентрації має екстремальний характер (рис. 4) із максимумом в області 7,5...10%. Так, ПЗ за вмісту молока 10% складає 330±1%.

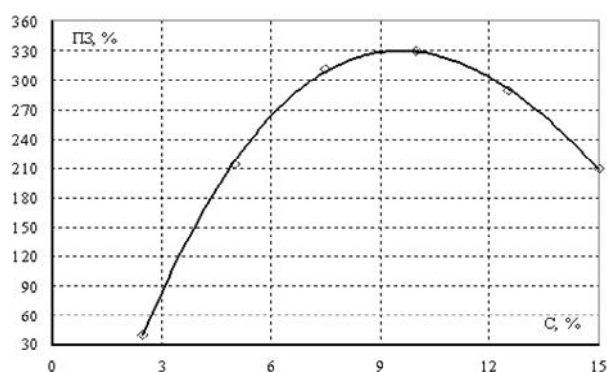


Рис. 4. Залежність піноутворюючої здатності знежиреного відновленого молока від його концентрації

Таку поведінку ПЗ можна пояснити тим, що підвищення концентрації білків у розчині сприяє насиченню адсорбційних шарів. Максимальна ПЗ відповідає гранично насиченим адсорбційним шарам подальше підвищення концентрації білка приводить до утворення полімолекулярних шарів та утворення в розчині міцел, що знижує піноутворюючу здатність.

Разом із високою піноутворюючою здатністю стійкість пін (СП) на основі знежиреного молока дуже низька, що потребує регулювання в'язкості дисперсійного середовища як чинника, який протидіє витіканню рідини каналами Плато. Зменшення витікання рідини по каналах Плато може бути досягнуто шляхом утворення гелеподібної структури, за рахунок використання йота-карагінану.

У ході проведення технологічних випробовувань встановлено, що йота-карагінан здатний швидко відновлювати структуру після механічного впливу та є перспективним з точки зору стабілізації піноподібних десертів на основі молока. Системи, що містять йота-карагінан, характеризувалися високими тиксотропними властивостями й відсутністю синерезису [8]. Результати дослідження в межах однофакторних експериментів знежиреного молока від концентрації йота-карагінану показали, що введення йота-карагінану приводить до збільшення ПЗ та СП.

Видно, що залежність ПЗ (рис. 5) від концентрації йота-карагінану має екстремальний характер із максимумом в інтервалі концентрацій 0,2...0,4%, що порівняно з відновленим молоком збільшує ПЗ в 1,06...1,36 рази.

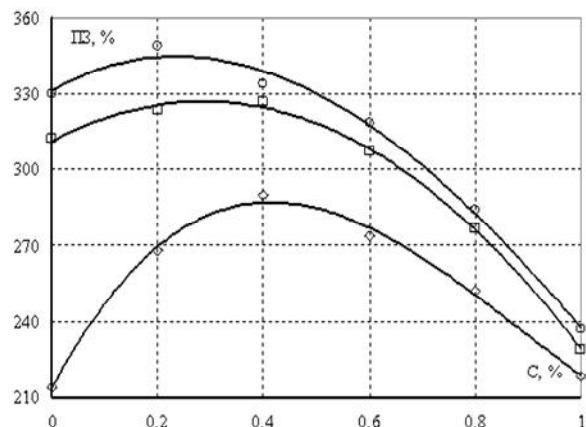


Рис. 5. Залежність піноутворюючої здатності знежиреного молока від концентрацій йота-карагінану та вмісту молока: 1, 2, 3 – 5,0; 7,5; 10,0% відповідно

Так, за вмісту молока 5 та 7,5% максимальна ПЗ відповідає вмісту йота-карагінану 0,4% і становить 290,0±1,0% та 326,0±1,0% відповідно. За вмісту молока 10% максимальна ПЗ відповідає вмісту йота-карагінану 0,2% та складає 349,0±1,0%. Стійкість пін досягає 100% за концентрації в системі йота-карагінану 0,4% і вище.

Одним із обов'язкових компонентів десертної продукції є цукор, який проявляє виражені дегідратаційні властивості, що зумовлює дослідження впливу його на ПЗ знежиреного молока з йота-карагінаном.

Відомо, що цукор негативно впливає на поверхнево-активні речовини, зокрема підвищує поверхневий натяг, зменшує міцність МАШ, діє як дегідратор на білки. Це диктує необхідність проведення досліджень, спрямованих на визначення порядку введення компонентів у систему.

Установлено, що введення цукру після збивання протягом (2...3)×60 с з наступним збиванням протягом (2...3)×60 с сприяє збільшенню ПЗ, зокрема зі збільшенням концентрації цукру.

Так, за вмісту цукру 2,5% ПЗ збільшується з 361±1,0 до 374±1,0%, тобто в 1,04 рази. Якщо вміст цукру 15%, то ПЗ збільшується з 412±1,0 до 443±1,0%, тобто в 1,07 рази.

Отримані результати дають підставу стверджувати, що раціональним із точки зору ПЗ є введення цукру після отримання пін, тобто збивання (2...3)×60 с, введення цукру та збивання ще (2...3)×60 с (рис. 6).

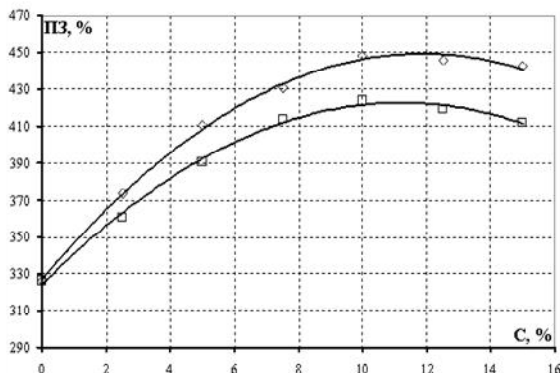


Рис. 6. Залежність піноутворюючої здатності знежиреного молока (7,5%) із йота-карагінаном (0,4%) від концентрації цукру: 1 – уведеного до збивання; 2 – уведеного після одержання піни

Відомо, що параметри збивання визначають органолептичні показники готової продукції, а також стійкість пін як результат одержання пін із різним дисперсним складом.

Концентрація йота-карагінану 0,4% не забезпечує необхідних текстурних характеристик систем, що моделюють молочні десерти. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом уведення загусника. Однією з вимог є відсутність заряду на поверхні міцел чи глобул, оскільки заряд у молекул уведеного стабілізатора може впливати на термодинамічну сумісність у системі полімерних сполук. Таким вимогам відповідає крохмаль, що містить нейтральні полісахариди. Установлено, що системи, які містять відновлене знежирене молоко та крохмаль у діапазоні концентрацій 1...5%, не характеризуються піноутворюючою здатністю. Імовірно, це пов'язано зі збільшенням в'язкості системи. У присутності йота-карагінану та крохмалю системи мають піноутворюючу здатність, що дозволяє використовувати крохмаль як компонент, який регулює текстуру піноподібних десертів молочних.

Для надання десертам кремоподібної консистенції вводиться тугоплавкий жир та забезпечується необхідна температура збивання, що визначається співвідношенням поліморфних форм жиру. Установлено, що використання тугоплавкого жиру та збивання десертів за низьких температур сприяє утворенню стійких пін, що зумовлено утворенням твердих частинок жирів, які виступають як стабілізатори піни [1]. Регулювання температури плавлення жиру дозволяє регулювати текстуру десертів. Визначено, що консистенція десертів із використанням соняшникової олії характеризується як текуча, недостатньо щільна, а використання лише тугоплавкої пальмоядрової олії призводить до появи стороннього присмаку, відсутність якого з'являється лише під час купажування олії у співвідношенні 1:1, за цього співвідношення температура плавлення жиру складає 18...20°C та є достатньою для створення десертів із кремоподібною консистенцією.

Дослідження залежності піноутворюючої здатності систем, які містять знежирене молоко, йота-карагінан та крохмаль, від вмісту жиру показали, що піноутворююча здатність зі збільшенням жиру з 3 до 6% за вмісту молока 5% зростає з $203,0 \pm 1,0$ до $222 \pm 1,0$; подальше збільшення вмісту жиру призводить до зниження піноутворюючої здатності (рис. 7).

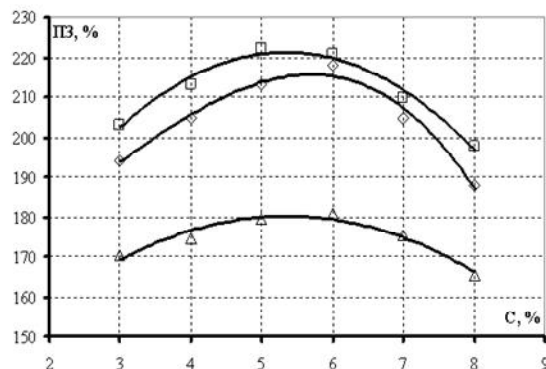


Рис. 7. Залежність піноутворюючої здатності знежиреного молока з йота-карагінаном (0,4%) та крохмалем (3%) від вмісту жиру за вмісту молока: 1, 2, 3 – 5,0; 7,5; 10,0% відповідно

За вмісту молока 7,5 та 10% максимальна піноутворююча здатність відповідає вмісту жиру 5...6% і становить $218,0 \pm 1,0$ та $180,0 \pm 1,0$ відповідно. Зниження ПЗ за вмісту жиру більше 6% можна пояснити двома чинниками: по-перше, збільшення вмісту жирової фази призводить до зниження концентрації білків у розчині, бо вони беруть участь в утворенні МАШ на межі поділу фаз вода-жир, і, як наслідок, до зменшення кількості білків, що беруть участь у піноутворенні; по-друге, збільшення вмісту дисперсної фази приводить до збільшення в'язкості системи в цілому, що потребує більшої енергії для насичення системи повітрям.

Уведення жиру до рецептурного складу піноподібних молочних десертів вимагає обґрунтування температури емульгування жиру та послідовності введення компонентів. Так, нами встановлено, що раціональною температурою відновлення молока з йота-карагінаном є 80...85°C, за такої температури відсутній процес гелеутворення, який перешкодив би процесу емульгування.

Отже, вважаємо доцільним після відновлення молока та йота-карагінану здійснювати емульгування жиру. Після нього, не знижуючи температуру, необхідно вводити крохмальну суспензію з наступною її клейстеризацією за даних температурних параметрів.

На основі отриманих даних щодо ПЗ можна закріпити в рецептурі вміст жиру (з точки зору максимальної ПЗ та консистенції десертів), який складає 5...7%.

З метою визначення можливості введення до складу піноподібних молочних десертів смакоароматичних наповнювачів, зокрема плодово-ягідних, які у своєму складі містять органічні кислоти, потрібно дослідити залежність ПЗ та СП модельних систем від рН середовища. Щоб дослідити вплив рН середовища на ПЗ систем, у відновлене молоко зі стабілізаторами після охолодження вводили лимонну кислоту для регулювання рН середовища, після чого проводили збивання.

Установлено, що системи на основі знежиреного молока та йота-карагінану є більш рН залежними (рис. 8, крива 1), ніж системи, які, крім зазначених компонентів, містять крохмаль (рис. 8, крива 2).

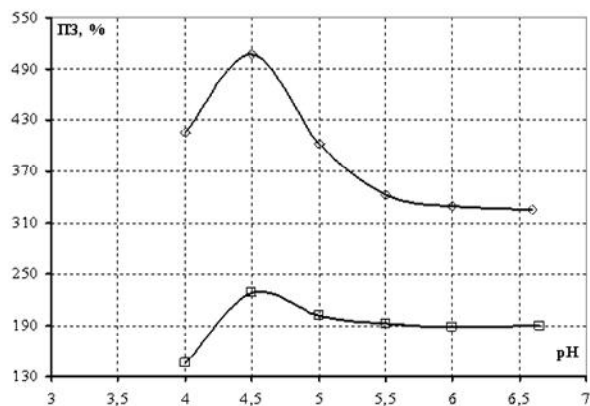


Рис. 8. Залежність піноутворюючої здатності знежиреного молока (7,5%) від рН: 1 – із йота-карагінаном 0,4%; 2 – з йота-карагінаном 0,4% та крохмалем 3%

Установлено, що системи «молоко-йота-карагінан», а також «молоко-йота-карагінан-крохмаль» діапазоні рН 4...6,6 характеризуються 100% стійкістю піни. Під час порівняння піноутворюючої здатності між системами видно, що ПЗ у систем із крохмалем нижча приблизно в 1,7 разу за рН=6,6. Зменшення рН у системах «молоко-йота-карагінан» з 6,6 до 4,5 сприяє підвищенню ПЗ в 1,7 разу з $325,0 \pm 1,0$ до $507,0 \pm 1,0$. Узагальнення проведених досліджень свідчить про можливість керованого моделювання величини ПЗ та СП.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати використання йота-карагінану для виробництва піноподібної десертної продукції на основі молока.

Сформульовано інноваційний задум та розроблено модель інноваційної стратегії технології десертної молочної продукції із використанням караганів,

Доведена доцільність використання в складі піноподібних молочних десертів йота-карагінану та крохмалю, що забезпечують максимальну піноутворюючу здатність.

Доведена можливість уведення до складу піноподібної десертної продукції сировини, що містить органічні кислоти, з метою формування асортименту.

На основі повнофакторного експерименту визначено раціональний вміст основних рецептурних компонентів піноподібної десертної продукції: вміст молока знежиреного 7,5%, йота-карагінану – 0,5%, крохмалю – 3,4%, що забезпечують одержання піноподібної десертної продукції з заданими показниками якості, які відповідають вимогам сформульованого інноваційного задуму продукції.

Список літератури

1. *Просеков А. Ю.* Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой: монография / А. Ю. Просеков. – Кемерово, 2001. – 172 с.
2. *Перцевой Ф. В.* К вопросу о механизме застудневания полисахаридов / Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгина // Новое в использовании студнеобразователей при производстве кондитерской и кулинарной продукции : сб. науч. тр. – Харьков, 1994. – С. 9–11.
3. *Гринченко О. А.* Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов: дис. ... д-ра техн. наук / Гринченко О. А. – Харьков, 2005. – 380 с.
4. *Пивоваров П. П.* Теоретична технологія продукції громадського харчу: навч. посіб. Ч. I. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
5. *Подлегаева Т. В.* Исследование пенообразующих свойств ферментированного молока : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т. В. Подлегаева. – Кемерово, 2002. – 17 с.
6. *Просеков А. Ю.* Использование особенностей пенообразующих свойств молочного сырья в производстве продуктов с полидисперсной структурой / А. Ю. Просеков, И. И. Романцов // Молочная промышленность Сибири : материалы второго специализированного конгресса. – Барнаул, 2000. – С. 54–56.
7. *Новиков Р. С.* Исследование и разработка технологии взбивных продуктов на основе цельного молока с использованием растительного сырья: дисс. ... канд. техн. наук / Новиков Р. С. – Кемерово, 2002. – 140 с.
8. *Кирьянова А. А.* Использование гидроколлоидов в молочном производстве / А. А. Кирьянова, И. Л. Корецкая // Молочное дело. – 2006. – № 2. – С. 44–45.
9. *Касторных М. С.* Молочный коктейль на основе пахты и молочной сыворотки / М. С. Касторных // Современная технология сыроделия и безотход. перераб. молока. – Ереван, 1989. – С. 318–319.

10. Наука в СевКавГТУ [Электронный ресурс]: / Вестник СевКавГТУ. – Режим доступа : <<http://science.ncstu.ru>>.
11. Просяков А. Ю. Устойчивость пенообразных масс / А. Ю. Просяков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 7. – С. 40–45.
12. ДСТУ 3946-2000. Продукція харчова. Основні положення. – Київ : Держспоживстандарт України 2000. – 6 с.
5. Podlegaeva T. V. Issledovanie penoobrazujushhijh svojstv fermentirovanogo moloka : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / T. V. Podlegaeva. – Kemerovo, 2002. – 17 p.
6. Prosekov A. Ju. Ispol'zovanie osobennostej penoobrazujushhijh svojstv molochного syr'ja v proizvodstve produktov s polidispersnoj strukturoj / A. Ju. Prosekov, I. I. Romancov // Molochная promyshlennost' Sibiri : materialy vtorogo specializirovannogo kongressa. – Barnaul, 2000. – P. 54–56.
7. Novikov R. S. Issledovanie i razrabotka tehnologij vzbivnyh produktov na osnove cel'nogo moloka s ispol'zovaniem rastitel'nogo syr'ja: diss. ... kand. tehn. nauk / Novikov R. S. – Kemerovo, 2002. – 140 p.
8. Kir'janova A. A. Ispol'zovanie gidrokolloidov v molochnom proizvodstve / A. A. Kir'janova, I. L. Koreckaja // Molochnoe delo. – 2006. – № 2. – P. 44–45.
9. Kastornyh M. S. Molochnyj koktejl' na osnove pahty i molochnoj syvorotki / M.S. Kastornyh // Sovrem. tehnologija syrodelija i bezothod. pererab. moloka. – Erevan, 1989. – P. 318–319.
10. Nauka v SevKavGTU [Elektronnyj resurs] : / Vestnik SevKavGTU. □ Rezhim dostupa : <<http://science.ncstu.ru>>.
11. Prosekov A. Ju. Ustojchivost' penoobraznyh mass / A. Ju. Prosekov // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ja. – 2001. – № 7. – P. 40–45.
12. DSTU 3946-2000. Produkcija harchova. Osnovni polozhennja. – Kіiv : Derzhspozhivstandart Ukraїni 2000. – 6 p.

Bibliography (transliterated)

1. Prosekov A. Ju. *Fiziko-himicheskie osnovy poluchenija pishhevyh produktov s pennoj strukturoj : monografija* / A. Ju. Prosekov. – Kemerovo, 2001. – 172 p.
2. Percevoj F. V. *K voprosu o mehanizme zastudnevanija polisaharidov* / F. V. Percevoj, Ju. A. Savgira // *Novoe v ispol'zovanii studneobrazovatelej pri proizvodstve konditerskoj i kulinarnoj produkcii* : sb. nauch. tr. – Har'kov, 1994. – P. 9–11.
3. Grinchenko O. A. *Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tehnologij kulinarnoj produkcii s ispol'zovaniem polufabrikatov funkcional'nyh kompozicij na osnove polisaharidov* : dis. ... d-ra tehn. nauk / Grinchenko O. A. – Har'kov, 2005. – 380 p.
4. Pivovarov P. P. *Teoretichna tehnologija produkcii gromads'kogo harchuvannja* : navch. posib. Ch. I. Bilki v tehnologij produkcii gromads'kogo harchuvannja / P. P. Pivovarov. - Harkiv : HDATOH, 2000. - 116 p.

Надійшла (received) 03.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вплив факторів на піноутворення в технології молочних десертів з використанням карагінану / Г.О. Сабодош // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 49–54. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

Влияние факторов на пенообразование в технологии молочных десертов с использованием каррагинана. / Г.О. Сабодош // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 49–54. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

The influence of factors on the foaming technology of milk desserts using carrageenan / G.O Sabadosh // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – С. 49–54. – Bibliogr.: 12 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сабодош Ганна Олександрівна – Ужгородський торговельно-економічний інститут КНТЕУ, доцент кафедри технології і організації ресторанного господарства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

Сабодош Анна Александровна – Ужгородский торгово-экономический институт КНТЭУ, доцент кафедры технологии и организации ресторанного хозяйства; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

Sabadosh Ganna Oleksandrivna – Uzhgorod trade and economic Institute KNTEU, associate professor technology and organization of restaurant business; тел.: +380991991176; e-mail: aasaa30@ukr.net.

УДК 664.3

В. В. АНАН'ЄВА, Л. В. КРИЧКОВСЬКА, А. П. БЕЛІНСЬКА, О. О. ВАРАНКІНА**ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ОЛІЄЖИРОВИХ ЕМУЛЬСІЙ
ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Проаналізовано дослідження у галузі створення харчових олієжирових емульсій оздоровчого призначення. Обґрунтовано використання купажованої олійної основи, збалансованої за співвідношенням поліненасичених жирних кислот. Запропоновано використання у якості технологічних інгредієнтів комплексного загусника некрахмальної природи та комплексного підкислювача. Обґрунтовано введення у рецептуру майонезного соусу порошку шкірки винограду, як джерела біологічно активних речовин та підвищувача здатності до згущування низькожирних емульсій. Оптимізована рецептура майонезного соусу оздоровчого призначення для споживання всіма групами населення.

Ключові слова: оздоровчий продукт, купажована олія, технологічні інгредієнти, майонезний соус.

Проанализированы исследования в области создания пищевых масложировых эмульсий оздоровительного назначения. Обосновано использование купажированной масляной основы, сбалансированной по соотношению полиненасыщенных жирных кислот. Предложено использование в качестве технологических ингредиентов комплексного загустителя некрахмальной природы и комплексного подкислителя. Обосновано введения в рецептуру майонезного соуса порошка кожуры винограда, как источника биологически активных веществ, которые обладают повышенной способностью к сгущению низкожирных эмульсий. Оптимизирована рецептура майонезного соуса оздоровительного назначения для потребления всеми группами населения.

Ключевые слова: оздоровительный продукт, купажированное масло, технологические ингредиенты, майонезный соус.

The aim of this paper was consideration of features of the technology of food oil and fat emulsions for wellness purposes. A full replacement of traditional mayonnaise sauces ingredients on alternative raw materials was offered. A complex non-starch origin thickener, as a promising ingredient in emulsion products and the source of polysaccharides, was developed. The acetic acid replacement on the complex acidulant consisting of malic, citric and acetic acids was proposed. Acetic acid was taken in a minimum amount required to pH maintain in the product. Malic acid has contributed additional biological value of the finished product. The composition of blended fat base for a low-calorie sauce for wellness purposes was selected according to the results of previous studies. Blended oil has been balanced on polyunsaturated fatty acids ratio $\omega-6 : \omega-3 = 10 : 1$ and has been balanced additionally enriched with natural antioxidants (tocopherols and sesamol). The Black Pearl grape skins powder as an additional source of biologically active substances was proposed to use in the mayonnaise formulation. When incorporated to the emulsion this plant raw materials powder can affect to the rheological properties and to the shelf life of the finished product. The recipe of developed mayonnaise sauce for wellness purposes was submitted. It was suggested to use this product in the diet of all population groups to eliminate essential nutrients deficiency.

Keywords: health product, blended oil, technological ingredients, mayonnaise sauce.

Вступ. Система поглядів на здорове харчування, а також сучасні вимоги науки про харчування створюють необхідність впровадження нових технологічних рішень щодо вдосконалення складу, властивостей, технологій харчових продуктів, які повинні задовольняти потребам організму людини в основних харчових нутрієнтах і енергії, а також сприяти профілактиці аліментарнозалежних захворювань, зберігаючи здоров'я і довголіття. У той же час їжа повинна бути різноманітною, смачною, безпечною і відповідати національним звичкам і традиціям [1, 2]. Створення оздоровчих харчових продуктів, розробка їх складу і технології перебувають нині в центрі уваги українських та зарубіжних вчених [3, 4]. Значні зміни в регулюванні сфери спеціальних харчових продуктів були внесені після розгляду Закону України від 22.07.2014 р. №1602-III «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо харчових продуктів». Зокрема, з'явився термін «оздоровчий продукт харчування», який можна віднести до продуктів з покращеними споживчими властивостями і високою харчовою цінністю, збагачених есенціальними речовинами, вітамінами, мінералами, мікроелементами та іншими нутрієнтами.

Одним з перспективних об'єктів, який може суттєво змінити ситуацію з виробництвом оздоровчих продуктів харчування, є майонез – це емульсійний олієжировий продукт, що покликаний покращувати смак і засвоюваність страв.

В Україні майонез займає провідне місце і є частиною повсякденного харчового раціону більшості населення. Особливим попитом користуються майонезні соуси завдяки сучасним тенденціям, націленим на здорове харчування. В результаті цього спостерігається схильність до зростання обсягів виробництва низькокалорійних майонезів через те, що в даному секторі олієжирового виробництва існують максимальні можливості по розширенню асортименту продукції з оздоровчими властивостями [5].

Мета роботи. В даній роботі *об'єктом дослідження* є рецептура майонезного соусу оздоровчого призначення. *Предмет дослідження* – властивості технологічних інгредієнтів у складі майонезного соусу. *Метою даної роботи* є оптимізація рецептури майонезного соусу оздоровчого призначення на основі складових, що збагачують готовий продукт на біологічно активні речовини. Для досягнення мети було вирішено *наступні задачі*:

- вилучення, повна або часткова заміна традиційних технологічних інгредієнтів альтернативною сировиною;
- збагачення майонезів водо- або жиророзчинними біологічно активними речовинами рослинного походження;
- використання у якості олійної основи купажованої олії підвищеної біологічної цінності.

© В.В. Анан'єва, Л.В. Кричковська, А.П. Белінська, О.О. Варанкіна, 2016

Виклад основного матеріалу. У зв'язку з сучасними тенденціями формування здорового раціону харчування, створення продуктів нового покоління оздоровчого призначення і популярністю майонезів, багато вітчизняних і зарубіжних вчених присвятили свої дослідження саме створенню олієжирових емульсійних соусів з оздоровчою спрямованістю. Незважаючи на зростання асортименту майонезів за останні кілька років, проблема створення вітчизняних низькокалорійних соусів, які відповідають всім вимогам, що пред'являються до продукції цього виду, продовжує залишатися актуальною [6].

Традиційною сировиною для виробництва майонезу є рафіновані дезодоровані рослинні олії (соняшникова, соєва, кукурудзяна), ячні продукти (ячний порошок, ячні жовтки), сухе молоко, гірчичний порошок, смакові добавки (сіль, цукор), оцтова кислота, крохмаль, вода. Деякі інгредієнти є небажаними для вживання в їжу, оскільки можуть провокувати виникнення гострих або хронічних захворювань (алергія, ожиріння, захворювання шлунково-кишкового тракту та ін.). Тому проблема виробництва емульсійних олієжирових продуктів оздоровчого призначення існує на цей час.

При виробництві майонезних соусів зниження частини жирової фази та ячних продуктів веде до внесення у рецептуру загусників крохмалів, які схильні запобігти розшаруванню емульсії та тим самим подовжити збереження готового продукту. Але як показує аналітичний огляд наукових досліджень використання крохмалів, як харчових добавок, може негативно вплинути на здоров'я людини. Наявність деяких захворювань, наприклад, діабету категорично забороняє вживання людиною продуктів харчування з вмістом крохмалів [7, 8]. Тобто, при створенні майонезних соусів з оздоровчими властивостями є необхідність повної заміни крохмалів на загусники некрохмальної природи. Треба враховувати і той факт, що заміна даного інгредієнту передбачає не тільки дослідження технологічних функцій, а ще й привнесення до готового продукту додаткової біологічної цінності. Необхідно звернути увагу на такі харчові добавки як пектини, камеді та альгірати. Ці харчові добавки використовуються у харчовій промисловості у якості гелеутворювачів, загусників та стабілізаторів. Біологічні властивості пектинів та альгіратів (радіопротекторні, адсорбційні, пребіотичні) дозволяють використовувати їх у якості інгредієнтів з оздоровчими властивостями [9, 10]. Для розчинів камедей характерні високі значення псевдопластичності та в'язкості у діапазоні від 2 до 12 рН одиниць, що дозволяє їм формувати стійку структуру та довгостроково стабілізувати готовий продукт [11]. Можна сказати, що використання вищезазначених харчових добавок здатне створити стабільну емульсію та внести до готового продукту біологічно активні речовини.

Підтримання оптимального рівня рН емульсійного соусу є обов'язковою умовою для створення продукції з відповідними мікробіологічними показниками та термінами зберігання. Адже наявність у рецептурі майонезів ячних продуктів та сухого молока, не звертаючи увагу на пастеризацію емульсії, створює потенціальну загрозу передчасного псування готового продукту [12]. Смакові якості майонезів та майонезних соусів також залежать від наявності у рецептурі підкислювачів. Традиційним підкислювачем у рецептурі емульсійних продуктів є оцтова кислота [13]. Але останні роки виробники вводять у склад рецептур такі кислоти як молочну, цитринову, аскорбінову тощо. Це можна пояснити сучасними тенденціями до урізноманітнювання смакових якостей традиційного соусу. Адже замінюючи частину оцтової кислоти на лимонну або молочну, можна трохи пом'якшити або зовсім прибрати гострий оцтовий присмак майонезу. Але якщо поглянути на використання підкислювачів майонезних соусів з боку технології емульсійних продуктів оздоровчого призначення, то треба віддавати перевагу органічним кислотам, менш слабким у порівнянні з оцтовою, але у той же мірі й менш токсичним [14]. Використання у якості підкислювачів емульсійних продуктів фруктових органічних кислот здатне змодельовати нові смакові якості традиційних емульсійних соусів а також надати користь при вживанні цих продуктів завдяки біологічним властивостям вищезазначених підкислювачів [15].

Аналітичний огляд наукової літератури показав, що використання рослинної сировини у якості інгредієнтів емульсійної продукції здатне не тільки розширити асортимент, а ще й поліпшити показники біологічної цінності готової продукції [16–18]. У якості рослинної сировини використовують овочі, фрукти, баштан, коренеплоди у вигляді екстрактів, порошоків. Дослідження хімічного складу рослинної сировини показує, що наявність пектинів, харчових волокон, органічних кислот тощо, дозволяє варіювати показниками технологічних властивостей та смакових якостей готового продукту шляхом внесення розрахункової кількості певної рослинної сировини [19]. Біологічно активні речовини у складі сировини рослинного походження здатні надати корисних властивостей такому «некорисному», у розумінні багатьох людей, продукту, як майонез та знизити дефіцит необхідних нутрієнтів у раціоні людини.

При виробництві майонезних соусів оздоровчого призначення заміна традиційної соняшникової олії купаженою сумішшю олій призводить до збільшення біологічної цінності жирової основи шляхом збалансованого співвідношення поліненасичених жирних кислот ω -6 і ω -3. Вибір складу і виду купаженої олійної

основи обґрунтовується дослідниками, керуючись органолептичними та фізико-хімічними властивостями, зокрема, стійкістю до окиснення. Використання купажованої олії здатне також підвищити стійкість до окиснювального псування емульсійного продукту за рахунок додаткової кількості природних антиоксидантів олій купажу. Тобто, можна сказати, що створення емульсійної продукції оздоровчого призначення передбачає перегляд технології виробництва, зокрема заміну, повну або часткову, основних традиційних інгредієнтів і використання нетрадиційної сировини в якості джерела біологічно активних речовин. Слід зауважити, що такі зміни у технології виробництва потребують попереднього дослідження фізико-хімічних, органолептичних показників запропонованих інгредієнтів за для отримання готового продукту з певними показниками якості згідно з нормативною документацією.

Обговорення результатів. Розроблений продукт – майонезний соус оздоровчого призначення. Надання статусу оздоровчого розробленому продукту передбачає використання у рецептурі максимальної кількості інгредієнтів натурального походження та із вмістом біологічно активних речовин, що здатні знизити дефіцит необхідних нутрієнтів у щоденному раціоні харчування. Вибір олійної основи майонезного соусу має за мету отримання суміші олій, збалансованої за співвідношенням поліненасичених жирних кислот $\omega-6 : \omega-3 = 10 : 1$ та з підвищеним вмістом антиоксидантів природного походження. Таким чином можливо створити купажану олійну основу підвищеної біологічної цінності, що здатна подовжити терміни зберігання готового продукту шляхом збереження його від переокисного псування. Співвідношення обраних складових для купажованої олії склав: рафінована соєва олія – 70 ± 2 %; рафінована кунжутна олія 15 ± 2 %; рафінована кукурудзяна олія – 15 ± 2 %. Вміст ненасичених жирних кислот у розробленій купажованій олії склав: олеїнова кислота – $29,06 \pm 0,50$ %; лінолева кислота – $50,37 \pm 1,00$ %; ліноленова кислота – $4,99 \pm 0,50$ %, тобто сумарний вміст ненасичених жирних кислот у купажі – $84,42 \pm 1,00$ %, з них поліненасичених – $55,3 \pm 1,0$ % при співвідношенні $\omega-6 : \omega-3 = 10 : 1$. Розроблена купажована олія представляє собою продукт підвищеної біологічної цінності, збагачена природними антиоксидантами (токоферолами та сезамолом) та може виступати у якості олійної основи для низькокалорійного соусу оздоровчого призначення. Експериментально досліджено та встановлено, що при додаванні до зразків купажованих олій різного складу, наприклад [20], порошку шкірки винограду сорту Чорна Перлина у мінімальній кількості 1,2 % мас., період індукції окиснення триацилгліцеринів олій збільшується в 1,2 рази у порівнянні із зразками купажованих олій без додавання порошку. Тобто, спостерігається неадитивний вплив поліфенолів винограду та природних антиоксидантів складових купажованої

олійної основи на період індукції окиснення. А, це у свою чергу можна використовувати на олієжирових підприємствах для корегування строків зберігання рослинних олій та їх блендів, а також при виробництві емульсійної продукції.

Традиційним способом надання продукту оздоровчих властивостей є зниження калорійності за рахунок зменшення вмісту жиру. Але у цьому випадку, наприклад, емульсійний соус набуде «порожнього», «рідкого» смаку, який навряд приверне увагу споживача. Покращити смакові якості майонезного соусу можливо за рахунок використання загусників, які здатні імітувати відчуття наповненості у роті «*mouth feel*» та надати готовому продукту привабливого смаку. А використання різноманітних спецій у рецептурах майонезних соусів тільки покращить смакові якості продукту. Розроблений некрохмальний загусник представляє собою суміш полісахаридів – камеді ксантану, пектину яблучного та альгінату натрію. В результаті проведених медико-біологічних досліджень виявлено високу гепатопротекторну, гіполіпідемічну, пребіотичну і радіопротекторну активність організму при вживанні даних полісахаридів в їжу [9, 10]. В якості біологічно активного інгредієнта і регулятора в'язкості готового продукту, його загущення, вводять ксантанову камедь, пектин яблучний і альгінат натрію в кількості 0,40 - 0,60 %, 0,10 - 0,40 % і 0,10 - 0,45 % відповідно, забезпечуючи стійкі реологічні властивості [21]. Комплексний загущувач некрохмальної природи є перспективним замінником крохмалю, що виявляє максимальну згущуючу здатність при виробництві майонезних соусів оздоровчого призначення.

Експериментально досліджено, що при введенні у рецептуру низькокалорійного соусу порошку шкірки винограду сорту Чорна перлина у кількості 5,0 % мас. спостерігається підвищення в'язкості готового продукту з 8–10 Па·с до 10–12 Па·с. Це дозволяє корегувати кількість загусника у рецептурі майонезного соусу та отримувати готовий продукт із заданими реологічними властивостями на замовлення виробника. Підвищення в'язкості емульсії при введенні порошку шкірки винограду пояснюється переводом протопектинів рослинної сировини у пектини в присутності кислоти. Дослідження, проведені у цьому напрямку довели [22], що при значенні концентрації оцтової кислоти у розчині суспензії порошку шкірки винограду (5,0 % мас.) не менш 0,24 % та значенні температури суспензії не нижче 60 °C відбувається ефективне переведення протопектинів порошку шкірки винограду у розчинний стан. Внаслідок цього вологоутримуюча здатність та ефективна в'язкість суспензії порошку збільшуються до 60,0 % та 4–5 Па·с відповідно, а поверхневий натяг суспензії зменшується до 62 Н/м. Запропонований комплексний підкислювач для низькокалорійного соусу оздоровчого призначення був розроблений з умовою створення значення рН, оптимального для наступних дій:

– створення кольору готового продукту, відповідного до кольору соусу на фруктово-овочевій сировині (антоціани порошку виноградної шкірки надають готовому продукту темно-сливовий колір при значенні рН не вище 4,3 одиниць);

– надання готовому продукту м'якого, ненав'язливого кислуватого присмаку, характерного для смаку соусів на фруктово-овочевій сировині (без гострого присмаку та запаху оцту);

– захист готового продукту від мікробіологічного псування внаслідок пригнічування зростання колоній плісняви та дріжджів;

– збагачення розробленого емульсійного продукту на біологічно активні речовини органічних кислот, складових комплексного підкислювача.

У якості складових комплексного підкислювача обрані яблучна, цитринова та оцтова кислоти.

Проведеними експериментальними дослідженнями встановлено [23], що при концентраціях 1,0 %, 2,0 % та 0,2 - 0,4 % відповідно яблучної, цитринової та оцтової кислот спостерігається наявність смакових якостей емульсійного продукту характерних для соусів на фруктово-овочевій сировині та значення рН, що відповідають показникам нормативної документації. Присутність яблучної кислоти у складі комплексного підкислювача додатково підвищує біологічну цінність розробленого майонезного соусу, завдяки доведеній науковими дослідженнями високої біологічної активності даної органічної кислоти і її участі у важливих хімічних процесах організму [15].

Спільне застосування харчових волокон, полісахаридів, поліфенолів, токоферолів, а також збалансоване співвідношення поліненасичених жирних кислот сімейства ω -6 і ω -3 дозволяє отримати нові види емульсійних соусів оздоровчого призначення, що не містять крохмалю і консервантів, але захищених від окиснення і збагачених

необхідними нутрієнтами натуральних інгредієнтів. Харчові волокна корисні для здоров'я, так як нормалізують кількість холестерину в організмі людини, виступають в якості детоксикантів, підвищують стійкість до алергії.

Антиоксиданти поліфенольної природи здатні надати антиканцерогенну, протизапальну і антиокислювальну дію на організм людини. Так, додавання в емульсійні соуси вторинних продуктів сокового виробництва і виноробства, дозволяє розширити асортимент майонезних соусів, підвищує харчову та біологічну цінність готового продукту, забезпечує заміну синтетичних харчових барвників, згущувачів стабілізаторів. Оптимальна доза внесення порошку шкірки винограду сорту Чорна перлина в низькокалорійні соуси становить 5,0 % мас, це дозволяє знизити масову частку комплексного загусника в рецептурі на 12,0 % без зміни реологічних властивостей готового продукту. При вивченні фізико-хімічних, мікробіологічних властивостей порошку рослинної сировини доведено, що порошок шкірки винограду сорту Чорна перлина має антиоксидантні властивості та стійкість до зберігання продовж тривалого часу з незначними втратами БАР [24].

На підставі чисельних клінічних досліджень виявлено, що поліфенольні сполуки винограду виявляють високу протипухлинну, кардіопротекторну, протидіабетичну, офтальмопротекторну, гепатопротекторну дію [25-27].

Таким чином, можна говорити, що використання порошку шкірки винограду в якості інгредієнта майонезного соусу, крім технологічних функцій, надасть готовому продукту оздоровчих властивостей. Рецептuru запропонованого майонезного соусу оздоровчого призначення представлено в табл.1.

Таблиця 1. Рецептuru майонезного соусу оздоровчого призначення

Найменування компоненту	Масова частка, %
Олія купажована	40,00
Яєчний порошок	1,00
Молоко сухе знежирене	1,00
Ксантанова камідь	0,40
Яблучний пектин	0,40
Альгінат натрію	0,43
Гірчичний порошок	0,25
Цукор-пісок	1,50
Сіль поварена	1,10
Сода питна	0,05
Оцтова кислота 80 %	0,40
Яблучна кислота	1,00
Цитринова кислота	2,00
Порошок шкірки винограду сорту Чорна перлина	5,00
Часник сушений мелений	0,7
Коріандр сушений мелений	0,5
Ароматизатор натуральний «Слива»	0,6
Вода питна	43,67
Всього,	100,00
у т.ч. жирів	40,51

Продукт, виготовлений за даною рецептурою (табл. 1) за фізико-хімічними та органолептичними характеристиками відповідає вимогам ДСТУ 4487:2015 та ТО. Майонезний соус збагачений біологічно активними речовинами запропонованих натуральних інгредієнтів, антиоксидантами купажованої олії та поліфенолами порошку шкірки винограду. Збалансований за співвідношенням поліненасичених жирних кислот ω -6 : ω -3 = 10 : 1. Розроблений емульсійний продукт може бути рекомендований усім групам населення для ліквідації дефіциту необхідних нутрієнтів.

Висновки. В результаті оптимізації технології майонезного соусу оздоровчого призначення:

– проведено заміну крохмального загусника на комплексний загусник некрохмальної природи, введено у рецептуру емульсійного соусу оздоровчого призначення комплексний підкислювач з яблучною кислотою та мінімальною кількістю оцтової кислоти;

– збагачено майонезний соус антиоксидантами поліфенольної природи за рахунок введення у рецептуру порошку шкірки винограду сорту Чорна перлина, це також підвищить строки зберігання готової продукції ;

– використано у якості олійної основи купажованої олії, яка збалансована за співвідношенням поліненасичених жирних кислот ω -6 : ω -3 = 10 : 1 та додатково збагачена природними антиоксидантами (токоферолами та сезамолом).

Список літератури.

1. Роляков, Н. В. Мировые тенденции на рынке ингредиентов: основной приоритет – здоровое питание / Н. В. Роляков // Молочная промышленность. 2007. – № 10. – С. 11–12.

2. Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми "Здорова нація" на 2009-2013 роки [Електронний ресурс] : розпорядження кабінету міністрів України № 731-р від 21 травня 2008 року. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/731-2008-%D1%80>. – Останній доступ : 2016. – Назва з екрану.

3. Табакеєва, О. В. Пути повышения биологической ценности майонезных соусов / О. В. Табакеєва // Масложировая промышленность. – М., 2009. – №5. – С. 18 – 19.

4. Liu, H. Rheological, Texture and Sensory Properties of Low Fat Mayonnaise with Different Fat Mimetics / Liu, H., Xu, X. M. & Guo, Sh. D. // Journal of LWT. 2007 – № 40(6) – P. 946 – 954.

5. Тутельян, В. В. Функциональные жировые продукты в структуре питания / В.В. Тутельян, А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова // Масложировая промышленность. 2009. – №6. – С. 6–9.

6. Григорьева, В. Н. Факторы, определяющие биологическую полноценность жировых продуктов / В. Н. Григорьева, А. Н. Лисицин // Масложировая промышленность. 2002. – №2. – С. 14 – 17.

7. О कोरोков, А. Н. Диагностика болезней внутренних органов: т.1, диагностика болезней пищеварения / А.Н.О कोरोков. – М: Мед.лит., 2002. – 560 с.

8. Шендеров, Б. А. Медицинская микробная экология и функциональное питание / Б. А.Шендеров. – М.: Грантъ, 2001 – Т.3. – 256 с.

9. Хотимченко, Ю. С. Фармакология некрахмальных полисахаридов / Ю. С. Хотимченко, И. М. Ермак, А. Е. Бедняк и др // Вестник ДВО РАН. 2005. – № 1. – С. 72 – 81.

10. Хотимченко, Ю. С. Фармакологические свойства пектинов / А. В. Кропотов. Ю. С. Хотимченко // Эфферентная терапия. 2001. – Т. 7. – № 4. – С.22. – 36.

11. Панфилова, М. Н. Ксантановая камедь. Преимущества и особенности применения / М. Н. Панфилова. // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки, 2006, № 2, С. 70-71.

12. Ключникова, Л.В. Многокомпонентные системы в производстве майонезов и соусов / Л. В. Ключникова // Масложировая промышленность. 2005. – №2. – С. 34 – 35.

13. Сарафанова, Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия. / Л. А. Сарафанова. – С.-Пб, 2004. – 808 с.

14. Люк, Э. Консерванты в пищевой промышленности / Э. Люк, Р. Ягер. – СПб.: ГИОРД, 2000. – 236 с.

15. Гиляров, М. С. Биологический энциклопедический словарь / М. С. Гиляров, А. А. Бабаев, Г. Г. Винберг, Г. А. Заварзин и др. // – М.: Сов. Энциклопедия, 1986. – 831 с.

16. Павлюк, Р. Ю. Розробка технології наноекстрактів та нанопорошків із прянощів для оздоровчих продуктів / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Л. О. Радченко та ін. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 3(10). – С. 54 – 59.

17. Хассан, Е. А. Рамадан. Розробка технології фрукто-овочевих майонезів / Е. А. Рамадан Хассан, А. Т. Безусов, З. Ю. Средницкая // Харьковская наука і технологія. – 2008. – № 4 (5). – С. 38 – 41.

18. Арутюнова, Г. Ю. Функциональные пищевые изделия на основе косточковых плодов / Г. Ю. Арутюнова, Л. Я. Родионова // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология // Кубань. – 2008. – №1. – С. 39 – 41.

19. Широков, Е. П. Технологическая биохимия плодов и овощей: Учебное пособие. – М.: МСХА, 1998. – 94 с

20. Анан'єва, В. В. Підвищення антиоксидантної стійкості олійної основи емульсійних продуктів харчування оздоровчого призначення / В. В. Анан'єва, Л. В. Кричковська, А. П. Белінська, С. О. Петров // Вісник НТУ «ХП». – Х. : НТУ «ХП». 2016. – № 19 (1191). – С. 75 – 81.

21. Кричковська, Л. В. Використання загусників крохмальної природи в рецептурі емульсійного продукту функціонального призначення / Л. В. Кричковська, В. В. Анан'єва // Вісник НТУ «ХП». – Х. : НТУ «ХП». 2015. – № 7 (1116). – С. 83 – 88.

22. Анан'єва, В. В. Дослідження поверхнево активних властивостей шкірки винограду / В. В. Анан'єва, Л. В. Кричковська, А. П. Белінська // Зб. матеріалів IV Міжн. н-практ. конф. «Хімія, біо- та нанотехнології, екологія та економіка в харчовій та косметичній промисловості», 17–18 жовтня, 2016 р./ в авторській редакції – Х: НТУ «ХП». 2016. – С. 163 – 164.

23. Анан'єва, В. В. Розробка комплексного підкислювача для емульсійної продукції оздоровчого призначення / В. В. Анан'єва, Л. В. Кричковська, О. О. Варанкіна та ін. // Технологічний аудит та резерви виробництва. 2016. – № 5/3 (31). – С. 53 – 58.

24. Ananieva, Valeriya. Research of dry plant concentrates – ingredient of a food health improvement / Valeriya Ananieva, Lidiya Krichkovska, Anna Belinska [et al.] // EUREKA: physics and engineering. 2016. – Vol. 4(5). – P. 17. – 25.

25. Lina, Y. Modulation of TRP channels by resveratrol and other stilbenoids / Y. Lina, W. Shenglan, Y. Kogure [et al.] // *Mol Pain.*, 2013. – Vol. 9. – №3. – P. 1186 – 1194.

26. Yokohira, M. Antioxidant Effects of Flavonoids Used as Food Additives (Purple Corn Color, Enzymatically Modified Isoquercitrin, and Isoquercitrin) on Liver Carcinogenesis in a Rat Medium-Term Bioassay / M. Yokohira, K. Saoo, Y. Matsuda, [et al.] // *Journal of Food Science*, 2008. – № 73 (7). – P. 561 – 568.

27. Reagan-Shaw, S. Resveratrol imparts photoprotection of normal cells and enhances the efficacy of radiation therapy in cancer cells / S. Reagan-Shaw, H. Mukhtar, N. Ahmad [et al.] // *Photochem. Photobiol.* 2008. – Vol. 84. – P. 415 – 421.

Bibliography (transliterated)

1. Roliakov, N. V. Myrovye tendentsyy na rynku ynhredyentov: osnovnoi pryorytet – zdorovee pytanye [Global trends in the ingredients market: the main priority - health food]. *Molochnaia promyshlennost [Milk Industry]*. 2007, No. 10, p.11–12.

2. Pro skhvalennia Kontseptsii Zahalnodержavnoi tsilovoi sotsialnoi prohramy "Zdorova natsiia" na 2009-2013 roky: rozporiadzhennia kabinetu ministiv Ukrainy № 731-r vid 21 travnia 2008 r.: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/731-2008-%D1%80>.

3. Tabakeeva, O. V. Puty povysheniya byolohycheskoi tsennosti maioneznykh sousov [Ways to improve the biological value of mayonnaise sauce] *Maslozhyrovaia promyshlennost [Oilseed industry]*. 2009, No.5, 18 – 19.

4. Liu, H., Xu, X. M. & Guo, Sh. D. Rheological, Texture and Sensory Properties of Low Fat Mayonnaise with Different Fat Mimetics. *Journal of LWT*, 2007, No. 40(6), 946 – 954.

5. Tutelian V.V., Nechaev A.P., Kochetkova A.A. Funktsyonalnye zhyrovye produkty v strukture pytanyia [Functional fat products in the food structure]. *Maslozhyrovaia promyshlennost. [Oilseed industry]*. 2009, No. 6, 6 – 9.

6. Hryhoreva V.N., Lysytsyn A.N. Faktory, opredeliaiushchye byolohycheskuiu polnotsennost zhyrovykh produktov [Factors determining the biological value of fatty foods]. *Maslozhyrovaia promyshlennost. [Oilseed industry]*. 2002, No. 2, 14 – 17.

7. Okorokov, A. N. Dyahnostyka boleznei vnutrennykh orhanov: t.1, dyahnostyka boleznei pyshchevarenia [Diagnosis of diseases of internal organs: Vol 1, diagnosis of digestive diseases]. *Med.lit. [Med.lit.]*. 2002, 560

8. Shenderov, B. A. Medytsynskaia mykrobaia ekolohiia y funktsyonalnoe pytanye [Medical microbial ecology and functional nutrition]. *Hrant [Grant]*. 2001, T.3, 256

9. Khotymchenko Yu. S., Ermak Y. M., Bedniak A. E. y dr Farmakolohiia nekrakhmalnykh polysakharydov [Pharmacology of non-starch polysaccharides] *Vestnyk DVO RAN. [Bulletin of FEB RAS]* 2005, No. 1, p. 72 – 81

10. Khotymchenko Yu. S., Kropotov A. V. Farmakolohycheskye svoistva pektynov [Pharmacological properties of pectins] *Efferentnaia terapiia. [Efferent therapy]*. 2001, T. 7, No. 4, p. 22. – 36

11. Panfylova, M. N. Ksantanovaia kamed. Preymushchestva y osobennosti prymereniia [Xanthan gum. Advantages & features of the application] *Pyshchevye ynhredyenty. Syrie y dobavky [Food ingredients. Raw materials and additives]* 2006, No. 2, p. 70 – 71.

12. Kliuchnykova, L.V. Mnohokomponentnye systemy v proyzvodstve maionezov y sousov [Multi-component systems in the manufacture of mayonnaise and sauces] *Maslozhyrovaia promyshlennost [Oilseed industry]*. 2005, No. 2, p. 34 – 35.

13. Sarafanova, L. A. Pyshchevye dobavky: Entsyklopediia [Supplements: Encyclopedia] Saint-Petersburg. 2004, 808

14. Liuk E., Yaher R. Konservanty v pyshchevoi promyshlennosti [Preserving agents in the food industry] *HYORD [GIORD]* 2000. – 236 p.

15. Hylarov M. S., Babaev A. A., Vynberh H. H., Zavarzyn H. A. y dr Byolohycheskyi entsyklopedycheskyi slovar [Biological Encyclopedic Dictionary] *Sov. Entsyklopediia* 1986, 831 p.

16. Pavliuk R. Yu., Poharska V. V., Radchenko L. O. ta in. Rozrobka tekhnolohii nanoekstraktiv ta nanoporoshkiv iz prianoschiv dlia ozdorovchykh produktiv Vostochno-Evropeyskyi zhurnalпередovykh tekhnolohii.. 2015, No. 3(10), 54 – 59.

17. Khassan E. A. Ramadan, Bezusov A. T., Srednytskaia Z. Yu. Rozrobka tekhnolohii frukto-ovochevykh maioneziv *Kharchova nauka i tekhnolohiia*. 2008, No. 4 (5), p. 38 – 41.

18. Arutiunova H. Yu., Rodyonova L. Ya. Funktsyonalnye pyshchevye yzdeliia na osnove kostochkovykh plodov Yzvestiia vysshnykh uchebnykh zavedenyi. *Pyshchevaia tekhnolohiia* 2008, No. 1, p. 39 – 41.

19. Shyrokov, E. P. Tekhnolohycheskaia byokhymia plodov y ovoshchei: Uchebnoe posobyie [Technological biochemistry of fruits and vegetables: Textbook] *MSKha*. 1998, p. 94

20. Anan'ieva, V. V., Krychkovska L. V., Belinska A. P., Petrov S. O. Pidvyshchennia antyoksydantnoi stiikosti oliinoi osnovy emulsiinykh produktiv kharchuvannia ozdorovchoho pryznachennia *Visnyk NTU «KhPI»*. 2016, No. 19 (1191), p. 75 – 81.

21. Krychkovska L. V., Anan'ieva V. V. Vykorystannia zahusnykiv nekrokhmalnoi pryrody v retsepturi emulsiinoho produktu funktsionalnogo pryznachennia. *Visnyk NTU «KhPI»*. 2015, No. 7 (1116), p. 83 – 88.

22. Anan'ieva V. V., Krychkovska L. V., Belinska A. P. Doslidzhennia poverkhnevo aktyvnykh vlastyvostei shkirky vynohradu *Zbirnyk materialiv IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Khimiia, bio- ta nanotekhnolohii, ekolohiia ta ekonomika v kharchovii ta kosmetychnii promyslovosti»*, Kh: NTU «KhPI» 2016, p. 163 – 164.

23. Anan'ieva V. V., Krychkovska L. V., Varankina O. O. ta in. Rozrobka kompleksnogo pidkysliuvacha dlia emulsiinoi produktsii ozdorovchoho pryznachennia *Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva*. 2016. – No. 5/3 (31). – p. 53 – 58.

24. Ananieva V., Krichkovska L., Belinska A. [et al.] Research of dry plant concentrates – ingredient of a food health improvement. *EUREKA: physics and engineering*. 2016, Vol.4(5), p. 17–25.

25. Lina Y., Shenglan W., Kogure Y. [et al.] Modulation of TRP channels by resveratrol and other stilbenoids. *Mol Pain*. 2013, Vol. 9, No. 3, p. 1186 – 1194.

26. Yokohira M., Saoo K., Matsuda Y. [et al.] Antioxidant Effects of Flavonoids Used as Food Additives (Purple Corn Color, Enzymatically Modified Isoquercitrin, and Isoquercitrin) on Liver Carcinogenesis in a Rat Medium-Term Bioassay. *Journal of Food Science*. 2008, No. 73 (7), p. 561 – 568.

27. Reagan-Shaw S., Mukhtar H., Ahmad N. [et al.] Resveratrol imparts photoprotection of normal cells and enhances the efficacy of radiation therapy in cancer cells. *Photochem. Photobiol.* 2008, Vol. 84, p. 415 – 421.

Поступила (received) 22.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Особенности технологии пищевых масложировых эмульсий оздоровительного назначения / В. В. Ананьева, Л. В. Кричковская, А. П. Белинская, А.А. Варанкина // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 55–61. – Библиогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

Особливості технології харчових олієжирових емульсій оздоровчого призначення / В. В. Анан'єва, Л. В. Кричківська, А. П. Белінська, О.О. Варакіна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 55–61. – Библиогр.: 27 назв. – ISSN 2220-4784.

Features of technology food fat and oil emulsions of health improvement / V. V. Ananieva, L. V. Krychkovska, A. P. Belinska, O. O. Varankina // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – P. 55–61. – Bibliogr.: 27 titles. – ISSN 2220-4784.

Сведения об авторах / Відомості про авторів / About the Authors

Ананьева Валерия Викторовна – аспирант кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380964119996; e-mail: valeriya.ananieva@gmail.com

Ananieva Valeriya Viktorovna – Phd student, Department of Organic Synthesis and nanotechnology National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380964119996; e-mail: valeriya.ananieva@gmail.com

Анан'єва Валерія Вікторівна – аспірант кафедри органічного синтезу і нанотехнологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380964119996; e-mail: valeriya.ananieva@gmail.com

Кричковская Лидия Васильевна – доктор биологических наук, заведующий кафедрой органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380967910364; e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

Krichkovska Lidija Vasylievna – Doctor of Biological Sciences, head of department of Organic Synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380967910364; e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

Кричківська Лідія Василівна – доктор біологічних наук, завідувач кафедрою органічного синтезу і нанотехнологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380967910364; e-mail: krichkovska@kpi.kharkov.ua

Белинская Анна Павловна – кандидат технических наук, доцент кафедры органического синтеза и нанотехнологий, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380966042906; e-mail: belinskaja.a.p@gmail.com

Belinska Anna Pavlivna – candidate of technical sciences, associate professor, department of Organic Synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380966042906; e-mail: belinskaja.a.p@gmail.com

Белінська Анна Павлівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри органічного синтезу і нанотехнологій, тел.: +380966042906; e-mail: belinskaja.a.p@gmail.com

Варанкина Александра Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии, биофизики и аналитической химии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380683737812; e-mail: avarankina@gmail.com

Varankina Oleksandra Oleksandrivna – candidate of technical science, associate professor, department of Biotechnology, Biophysics and Analytical Chemistry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» tel. : +380683737812; e-mail: avarankina@gmail.com

Варакіна Олександра Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри біотехнології, біофізики та аналітичної хімії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380683737812; e-mail: avarankina@gmail.com

УДК 633.854.797:665.58 + 641.1

Л. С. МИРОНЕНКО, В. К. ТИМЧЕНКО, Є. А. КРИШТОП

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЇ НАСІННЯ САФЛОРУ У ХАРЧОВИХ ТА КОСМЕТИЧНИХ ПРОДУКТАХ

В даній статті представлений матеріал з огляду можливостей використання сафлорової олії в косметичній та харчовій промисловості. Відомо, що ця олія є лідером за вмістом есенціальної лінолевої кислоти, використовується для деяких медичних та фармацевтичних цілей. Виходячи з розглянутих матеріалів, можна констатувати, що сафлорова олія, враховуючи її корисні та безпечні для людини показники, може бути рекомендована для досліджень її використання в косметичній та харчовій промисловості.

Ключові слова: насіння та олія сафлора, нативна і кон'югована лінолева кислота, харчові продукти, косметичні засоби.

В данной статье представлен материал с учетом возможностей использования сафлорового масла в косметической и пищевой промышленности. Известно, что это масло является лидером по содержанию эссенциальной линолевой кислоты, используется для некоторых медицинских и фармацевтических целей. Исходя из рассмотренных материалов, можно констатировать, что сафлоровое масло, учитывая его полезные и безопасные для человека показатели, может быть рекомендовано для исследований его использования в косметической и пищевой промышленности.

Ключевые слова: семена и масло сафлора, нативная и конъюгированная линолевая кислота, пищевые продукты, косметические средства.

This paper gives a material taking into account possibilities of using safflower oil in cosmetic and food industries. It is known that this oil is very common for use in agriculture, for some of the medical and pharmaceutical research. In terms of the examined literature, we can establish a fact that safflower oil, in consideration of its safe for human indices, can be recommended for studies of its use in cosmetic and food industries.

Keywords: seeds and safflower oil, native and conjugated linoleic acid, food substances, makeup preparations.

Вступ. В останні роки кліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні змінюються. У зв'язку з цим виникає гостра потреба у посухостійких і рентабельних культурах. Однією з таких культур є сафлор красильний (*Carthamus tinctorius L.*), яка вважається одним із джерел світового виробництва рослинної олії [1].

Сафлор (Сафлор красильний, американський шафран, дикий шафран, желтяница, красильний чортополох, крокос) – однорічна рослина з сімейства Айстрові (*Asteraceae*). Латинська ботанічна назва сафлору, *Carthamus*, походить від арабського слова *kurthum* – жовта фарба і пов'язана з тим, що сафлор з давніх часів вирощували як фарбувальну рослину [2]. Вирощування сафлору красильного почалося в глибокій давнині, причому, очевидно, що спочатку ця рослина вирощувалась як фарбувальна, а потім пізніше почалося застосування насіння з метою отримання з них олії. У Єгипті з давніх часів сафлор красильний відомий як фарбувальна рослина, і фарбою, отриманою з його квіток, пофарбовані більшість пов'язок, в які загорнуті мумії, а квітки сафлора було знайдено в гробниці фараона Аменхотепа I (XVI століття до н.е.) [2]. Як культурна рослина сафлор відомий в країнах Середньої Азії та північної Африки, від Єгипту і Абіссинії до Індії, включаючи Афганістан, Туркестан, Закавказзя, Малу Азію і Сирію з Палестиною. У південну Європу сафлор красильний завезений у 1551 році через Єгипет. У країнах південної Європи, посіви сафлору були сконцентровані, головним чином, на Піренейському півострові, але зустрічається також на півдні Франції, в Італії і країнах Балканського півострова. За наявними літературними показниками, культура сафлор, як фарбувальна рослина, до недавнього часу доходила до країн Східної і Західної Європи (Угорщини, Німеччини) доки культура рослини не втратила свого значення через

підвищення і розвиток виробництва анілінових барвників. Слід зазначити, що з Індії сафлор красильний потрапив в країни Індокитаю і потім в II столітті до н. е. у Китай, де масово культивувався в басейні Ян-Дзи-Дзян до сьогоднішніх днів. Китайська народна медицина знала про нього ще в 1061 році. І зараз сафлор красильний використовують при захворюваннях серцево-судинної системи [2]. Сафлор має достатньо високий рівень рентабельності виробництва – знижує навантаження на ґрунт, тому є гарним попередником.

В теперішній час площа посівів сафлора красильного займає на планеті більш ніж 1 млн. га. Як олійна культура він культивується в Європі, Азії (в основному в Ірані та Індії і Казахстані), в Америці (в Середній і Південній Америці, Канаді, США), в Африці (Абіссинії, Єгипті, рідше в Марокко), в Австралії (Нова Зеландія). Виробництвом сафлорової олії займається компанія Cheil Jedang (Сеул, Корея). Сафлор в США є цінною олійною культурою і вирощується в основному в штатах Каліфорнія і Арізона. На дослідній станції штату Каліфорнія (Уест-Сайт) проводиться селекційна робота з виведення нових сортів з високим вмістом олії [3].

У ряді зарубіжних фармакопей є ФС (фармакопейні статті) на плоди і квітки сафлора красильного (Європейська фармакопея VI вид.; Китайська фармакопея 2008; Британська Трав'яна Фармакопея 1996; Британська фармакопея 2008; Американська трав'яна фармакопея 2008; Французька фармакопея) [4, 5].

Також питанням вивчення властивостей сафлору красильного займаються і в Україні (Інститут олійних культур НААН, НВФ «Дріада», Асканійська ДСДС ІЗЗ НААН, Херсонський ДАУ, Подільський державний аграрно-технічний університет, Харківський НАУ ім. В.В. Докучаєва).

© Л.С. Мироненко, В.К. Тимченко, Є.А. Криштоп, 2016

Ринок насіння сафлору в Україні перебуває на етапі формування та виробляється в дуже обмежених кількостях. Посівні площі під цією культурою не перевищують 1,5-2 тис. га і зосереджені у Херсонській та Миколаївській областях. Головними напрямками експорту стали країни ЄС і ОАЕ, де цей продукт має високий і стабільний попит [6]. Отже, вирощувати його комерційно вигідно для сільсько-господарчих виробництв.

Аналіз основних досягнень і літератури.

Аналіз наукових досліджень свідчить, що у світовій практиці інтерес до сафлору у різні періоди то зростає, то зменшується [7]. У східній кулінарії сафлор служить заміником шафрану. З квіток сафлору отримують харчові барвники. Ці барвники додають переважно в кондитерські вироби для надання їм необхідного кольору. В Індії з суміші насіння сафлору, кунжуту і арахісу готують масло, що видається за оливкове, а також як сурогат вершкового [2].

Необхідність вирощування сафлору була продиктована багатьма факторами, але найголовніший — це висока харчова якість сафлорової олії. Вона має золотистий колір, запах і смак соняшникового насіння, легкий квітковий аромат. Сафлорова олія дуже цінується кулінарами: по-перше, вона містить більше ненасичених жирних кислот, ніж багато інших рослинних олій, по-друге, має дуже високу температуру димоутворення, що особливо добре для смаження продуктів у фритюрі, а по-третє, сафлорова олія не твердне навіть при досить сильному охолодженні, що робить її незамінною в салатах, які прийнято подавати холодними [8].

До того ж, олія сафлору за якістю вища, ніж соєва олія і використовується як столова і для приготування маргарину [9]. Олія, одержана з цілого насіння, має гіркуватий присмак, її використовують як технічну (наприклад у виготовленні високоякісних оліф), де органіолептичні властивості олії не відіграють вирішального значення [10]. Насіння сафлору є також добрим кормом для домашніх птахів і овець [3].

Дослідження використання сафлорової олії в косметичній та харчовій промисловості. Сафлорова олія — джерело багатьох насичених жирних кислот: лінолевої, стеаринової, олеїнової, пальмітинової та ін. Крім того, продукт багатий на вітаміни К і Е, похідні серотоніну, які відомі своїми відновлюючими, антиоксидантними і омолоджуючими властивостями [19]. Щоб зберегти всю користь продукту, обробка насіння проводиться тільки методом ручного холодного віджиму.

За літературними даними, кон'юговані лінолеві кислоти (КЛК) не синтезуються в рослинах в помітних кількостях. Тому рекламна інформація, яка відносно нещодавно з'явилася в Інтернеті, щодо пропозиції на ринку сафлорової олії, яка, переважно, вміщує сполучені лінолеві кислоти, є разуючою.

Це пояснює лише інформацію про те, як з сафлорової олії отримують лінолеву кислоту, ізомеризують її [11] і далі знову повертають до складу триацилгліцеринів [12].

Серед ізомерів СЛК (сполучених дієнових похідних лінолевої кислоти) з можливими цис- і транс-комбінаціями, цис-9, транс-11 і транс-10, цис-12 СЛК відомі як біологічно активні ізомери. СЛК впливають на антиканцерогенні властивості [13, 14], на імунотуляцію, на антиатеросклеротичну дію, на розподіл жиру і метаболізм [15, 16]. Саме тому сафлорову олію активно застосовують в медичних, а також в дієтичних цілях. Наприклад, при ожирінні сафлорова олія допомагає нормалізувати обмінні процеси, що відбуваються в організмі людини, вона зменшує кількість червоного жиру, збільшуючи при цьому м'язову тканину [2].

Сафлорова олія входить у склад біологічно активної добавки «Локло» білоруської компанії Nature's Sunshine Products.

Чай з сафлору — це один з квіткових чаїв, який випускається у Китаї. Виготовляють його безпосередньо з пелюсток квітів цієї рослини. Вважається, що найбільша користь від цього чаю — очищення печінки і нирок, збільшення потовиділення і загоєння ушкоджень кишкових стінок [17].

Сафлор красивий активно застосовується в косметичній — сафлорова олія має високу вологозатримуючу і вологорегулюючу здатність і добре засвоюється будь-яким типом шкіри як пом'якшувальний і зволожуючий засіб. У чистому вигляді олія використовується як добавка до бальзаму і шампунів для оздоровлення волосся; як основа для нічного крему по догляду за сухою шкірою; а також для поліпшення властивостей косметичних засобів; в якості добавки до антивікової косметики; в якості базової олії для виконання масажу; у сонцезахисних засобах. Квітки сафлору красивого застосовують для приготування сухих рум'ян [18].

Французька торгова марка Le Petit Marseillais® (Маленький Марсець®) розробила цілу серію засобів — шампунь, кондиціонер та маску для фарбованого волосся «Голубика і масло сафлора». На упаковці наголошено, що олія сафлору відома своїми живильними властивостями. Крім цього, інша торгова марка Colors of Life французької компанії Laboratoire Ferrier (група ArkoPharma) з успіхом використовує олію насіння сафлору у якості допоміжного компонента у таких засобах як денний біо-крем з баобабом та едельвейсом Baobab Day BioCream; нічний біо-крем з баобабом, лілією та антарктисином Baobab Night BioCream.

На жаль, в Україні сафлор не користується таким великим попитом, насамперед через відсутність технологій отримання олії з ядра насіння та технологій переробки олії на продукти оздоровчого харчування, косметичні та лікувальні препарати [20].

Висновки.

Широкі біохімічні дослідження останніх десятиліть показали, що сафлор має високу перспективність використання на промисловому рівні різних галузей як харчова, лікарська, кормова, технічна (біоенергетична) та фіторемераційна культура.

Отже, ця олія стає новим фаворитом. Вживати її щодня стало модним, а бути здоровим було і буде завжди актуальним. Західноєвропейські виробники вважають сафлорову олію «Високоякісним тоніком для поліпшення і оновлення людського організму» і високо цінують її.

Список літератури:

1. Пузік В. К. Вивчення жирно-кислотного складу олії з насіння сафлору, культивованого в умовах Східного Лісостепу та перспективи його використання / В. К. Пузік, С. А. Криштон, В. В. Волощенко // Вісник ХНАУ, – Х., 2015. - № 2, с. 133–141.
2. Харисова А. В. Фармакогностическое исследование сафлора красильного (*Carthamus tinctorius* L.): дис. ... канд. фармацевтических наук: 14.04.02 / Харисова Алина Владиславовна; [Самарский государственный медицинский университет]. – Самара, 2014. – 160 с.
3. Шомуродов Д. Б. Разработка некоторых агроприемов по возделыванию сафлора на богаре кулябской зоны Таджикистана: дис. ... канд. сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Шомуродов Джумабой Боймуродович; [Академия сельскохозяйственных наук республики Таджикистан]. – Душанбе, 2016. – 119 с.
4. European Pharmacopocia. 2004. Vol. 6,6. No. 2088.
5. Фармакопея США: USP 29; Национальный формуляр: NF: в 2 т.: [пер. с англ.]. М.: ГЕОТАР-Медиа, 2009. Т.1. 1559 с.
6. Украина. Экспортировано более половины урожая сафлора – Режим доступа: <http://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-eksportirovano-bolee-poloviny-urozhava-saflora> – Дата обращения: 9 ноября 2016.
7. Зубков В. В. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности / В. В. Зубков, А. В. Милехин, В. А. Куркин и др. // Изв. Самарского н. центра РАН, т. 16, № 5(3), 2014, с. 1135–1139. [Ел.ресурс] / Реж. доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2014/20145_1135_1139.pdf – Дата обращения: 8.11.2016.
8. Алтайулы С., Хансейт А. Б., Шахов А. С., Шахов С. В. Применение сафлорового масла в пищевой промышленности / Эл. н. журнал «Межд. студенческий вестник» – Режим доступа: www.scienceforum.ru – Дата обращения: 8.11.2016.
9. Хоміна В. Я. Обґрунтування елементів технології вирощування сафлору красильного в умовах лісостепу західного // Новітні агротехнології, № 1 (1), с. 52-61, 2013.
10. Шотт П. Р. Сафлор красильный ценная масличная и лекарственная культура / П. Р. Шотт // Пища. Экология. Качество. – Новосибирск, 2002. – С. 299–300.
11. Chin S. F. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens / S. F. Chin et al. // J. Food Compos. Anal. 1992. – Vol.5. – pp. 185-197.
12. Lee J.-H. Production of lipase-catalyzed structured lipids from safflower oil with conjugated linoleic acid and oxidation studies with rosemary extracts / J.-H. Lee et al // Food Res. Intern. 2004. – Vol. 37. – pp. 967-974.
13. Hubbard N. E., Lim D., Summers L., & Erickson K. L. (2000). Reduction of murine mammary tumor metastasis by conjugated linoleic acid. Cancer Letters, Vol. 150, pp. 92–100.

14. Дейнека В. И. Масла с радикалами сопряженных двойных связей: биологическая активность и перспективы производства / В. И. Дейнека, А. В. Туртыгин, М. Ю. Третьяков, Доан Хоанг Жанг, В. К. Тохтарь, Л. А. Дейнека // Масложировая промышленность, № 5, с. 8-10, 2011.
15. Azain M. J., Hausman D. B., Sick M. B., Flatt W. P., & Jewell D. E. (2001). Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. Journal of Nutrition, 130, 1548–1554.
16. Rahman S. M., Wang Y., Han S., Cha J., Fukuda N., Yotsumoto H., & Yanagita T. (2001). Effects of short-term administration of conjugated linoleic acid on lipid metabolism in white and brown adipose tissues of starved fatty rats. Food Research International, 34, 515–520.
17. Радченко С. О. Ботанична характеристика та адаптивна технологія виробництва сафлору / Радченко С. О. // Агроном. 2003. – с. 170-172.
18. Ведмедева К. В. Сафлор / К. В. Ведмедева, А. Єрмаков. // Агробізнес сьогодні. 2011. – Вип. 21-22 – С. 32-33.
19. Гаприлюк М. М. Олійні культури в Україні: Навч. посіб. / За ред. В. Н. Салатенка / Гаприлюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. – 2-е вид., переробл. і допов. – К.: Основа, 2008. – 420 с.: іл.
20. Вирощування сафлору красильного на Півдні України: практичні рекомендації / [Ушкаренко В. О.] під ред. П. Н. Лазер, О. Л. Рудік, М. І. Федорчук, Е. Г. Філіпов та ін. // Практичні рекомендації. – Херсон: Видавництво ПП «ЛТ-Офіс», 2012. – 28 с.

Bibliography (transliterated):

1. Puzik V. K. Vyvchennja zhyrno-kyslotnogo skladu olii' z nasinnja safloru, kul'tyvovanogo v umovah Shidnogo Lisostepu ta perspektyvy jogo vykorystannja / V. K. Puzik, Je. A. Kryshpton, V. V. Voloshhenko // Visnyk HNAU. Kharkiv, 2015. - No 2, pp. 133-141.
2. Harisova A. V. Farmakognosticheskie issledovanie saflora krasil'nogo (*Carthamus tinctorius* L.): dissertacija ... kandidata farmacevticheskix nauk [Pharmacognosic study of bastard saffron (*Carthamus tinctorius* L.): dissertation ... candidate of pharmaceutical science]: 14.04.02 / Harisova Alina Vladislavovna; [Samara State Medical University]. – Samara, 2014. – 160 p.
3. Shomurodov D. B. Razrabotka nekotoryh agroprimov po vzdelyvaniju saflora na bogare kuljabskoj zony Tadjikistana: dissertacija ... kandidata sel'skohozjajstvennyh nauk [Development of some agricultural practices for safflower cultivation on boghara of Kulyab Tajikistan: dissertation ... candidate of agricultural science]: 06.01.01 / Shomurodov Dzhumaboj Bojmurodovich; [Academy of Agricultural Sciences of Tadjikistan Republic]. – Dushanbe, 2016. – 119 p.
4. European Pharmacopocia. 2004. Vol. 6,6. no. 2088.
5. Pharmacopocia USA: USP 29; National form: NF: in 2 Vol. Moscow: GEOTAR-Media, 2009. Vol.1. 1559 p.
6. Ukraina. Jeksportirovano bolee poloviny urozhaja saflora [Ukraine. More than one half of safflower yield was exported] – Rezhim dostupa: <http://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-eksportirovano-bolee-poloviny-urozhava-saflora> – Data obrashhenija: 9 nojabrja 2016.
7. Zubkov V. V. Perspektivy ispol'zovanija masla semjan saflora krasil'nogo v pishhevoj i farmacevticheskij promyshlennosti / V. V. Zubkov, A. V. Miljohin, V. A. Kurkin et al. // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], Vol. 16, no. 5(3), 2014, pp. 1135-1139. – Rezhim dostupa: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2014/2014_5_1135_1139.pdf – Data obrashhenija: 9 nojabrja 2016.

8. *Altajuly S., Hansejt A. B., Shahov A. S., Shahov S. V.* Primenenie saflorovogo masla v pishhevoj promyshlennosti / Jelektronnyj nauchnyj zhurnal «Mezhdunarodnyj studencheskij vestnik» [Scientific e-zine "International Student Herald"]. / Rezhim dostupa: [http:// www.scienceforum.ru](http://www.scienceforum.ru) – Data obrashhenija: 8 nojabrja 2016.
9. *Homina V. Ja.* Obgruntuvannja elementiv tehnologii' vyroshhuvannja safloru krasyl'nogo v umovah lisostepu zahidnogo [Explanation of growing technology elements of dyer's-saffron under conditions of west wooded steppe] // Novitni agrotehnologii' [New agricultural technologies], no. 1 (1), pp. 52–61, 2013.
10. *Shott P. R.* Saflor krasyl'nyj cennaja maslichnaja i lekarstvennaja kul'tura [Bastard saffron is a valued oil-bearing and officinal crop] / *P. R. Shott* // Pishha. Jekologija. Kachestvo. [Food. Ecology. Quality.] – Novosibirsk, 2002. – pp. 299–300.
11. *Chin S. F.* Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens / S. F. Chin et al. // *J. Food Composit. Anal.* 1992. – Vol.5. – pp. 185–197.
12. *Lee J.-H.* Production of lipase-catalyzed structured lipids from safflower oil with conjugated linoleic acid and oxidation studies with rosemary extracts / J.-H. Lee et al // *Food Res. Intern.* 2004. – Vol. 37. – pp. 967–974.
13. *Hubbard N. E., Lim D., Summers L., & Erickson K. L.* (2000). Reduction of murine mammary tumor metastasis by conjugated linoleic acid. *Cancer Letters*, Vol. 150, pp. 92–100.
14. *Dejneka V. I.* Masla s radikalami soprjazhennyh dvoynyh svjazej: biologicheskaja aktivnost' i perspektivy proizvodstva [Oils with radicals of conjugated double bonds: biological activity and prospects of production] / V. I. Dejneka, A. V. Turtygin, M. Ju. Tret'jakov, Doan Hoang Zhang, V. K. Tohtar', L. A. Dejneka // *Maslozhirovaja promyshlennost'* [Fat-and-oil industry], no. 5, pp. 8-10, 2011.
15. *Azain M. J., Hausman D. B., Sick M. B., Flatt W. P., & Jewell D. E.* (2001). Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *Journal of Nutrition*, 130, 1548–1554.
16. *Rahman S. M., Wang Y., Han S., Cha J., Fukuda N., Yotsumoto H., & Yanagita T.* (2001). Effects of short-term administration of conjugated linoleic acid on lipid metabolism in white and brown adipose tissues of starved fatty rats. *Food Research International*, 34, 515–520.
17. *Radchenko Je. O.* Botanična karakterystyka ta adaptivna tehnologija vyrobnyctva safloru [Botanical characteristic and adaptive technology of safflower production] / *Radchenko Je. O.* // *Agronom* [Agronomist]. – 2003. – pp. 170–172.
18. *Vedmedeva K. V.* Saflor [Safflower] / K. V. Vedmedeva, A. Ermakov. // *Agrobiznes s'ogodni* [Agrobusiness today]. 2011. – Issue 21-22 – pp. 32–33.
19. *Gavryljuk M. M.* Olijni kul'tury v Ukraini: Navch. posib. [Oil-bearing crops in Ukraine: Tutorial] / *Za red. V. N. Salatenka / Gavryljuk M. M., Salatenko V. N., Chehov A. V., Fedorchuk M. I.* – 2-nd edition, revised and corrected – Kiev: Osnova, 2008. – 420 p.: illustration.
20. *Vyroshhuvannja safloru krasyl'nogo na Pivdni Ukraini: praktychni rekomendacii* [Cultivation of bastard saffron in southern Ukraine: practical policies] / [Ushkarenko V. O.] pid red. P. N. Lazer, O. L. Rudik, M. I. Fedorchuk, E. G. Filipov et al. // *Practical policies.* – Cherson: Publishing company PP «LT-Ofis», 2012. – 28 p.

Поступила (received) 11.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Перспективи використання олії насіння сафлору у харчових та косметичних продуктах / Л. С. Мироненко, В. К. Тимченко, Є. А. Криштон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 62–65. – Бібліогр.: 20 назв. – ISSN 2220-4784.

Перспективы использования масла из семян сафлора в пищевых и косметических продуктах / Л. С. Мироненко, В. К. Тимченко, Е. А. Криштон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 62–65. – Библиогр.: 20 назв. – ISSN 2220-4784.

Prospects for using of safflower seeds oil in food and cosmetic products / L. S. Myronenko, V. K. Timchenko, E. A. Krishtop // *Bulletin of NTU «KhPI»*. Series: Innovative researches in student's scientific works. - Kharkiv.: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – P. 62–65. – Bibliogr.: 20 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мироненко Лілія Сергіївна – асистент кафедри органічного синтезу і нанотехнологій НТУ «ХПІ», e-mail: Fox-phenek@ukr.net

Мироненко Лилия Сергеевна – ассистент кафедры органического синтеза и нанотехнологий НТУ «ХПІ», e-mail: Fox-phenek@ukr.net

Myronenko Liliya Sergeevna – assistant lecturer of the Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute"; e-mail: Fox-phenek@ukr.net

Тимченко Валентина Кузьмівна – кандидат технічних наук, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ», тел.: (057) 707-63-29

Тимченко Валентина Кузьминична – кандидат технических наук, професор кафедри технології жирів та продуктів броження НТУ «ХПІ», тел.: (057) 707-63-29

Timchenko Valentina Kuzminichna – candidate of technical sciences, professor of the Department of technology of fats and products of fermentation, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»; phone (057) 707-63-29

Криштон Євгеній Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та біотехнології ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, e-mail: shtoppi06@rambler.ru

Криштон Евгений Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экологии и биотехнологии ХНАУ им. В.В. Докучаева, e-mail: shtoppi06@rambler.ru

Krishtop Evgen Anatol'evich – candidate of agricultural sciences, associate professor of the Department of ecology and biotechnology, Kharkov National Agricultural University named after V. V. Dokuchaev; e-mail: shtoppi06@rambler.ru

УДК 663.4

*Л. А. ДАНИЛОВА, Т. О. БЕРЕЗКА, А. О. ДЕМИДОВА, М. І. БОЙКО, Т. В. АРУТЮНЯН***АНТИОКСИДАНТ З КОРИ ДУБА ЯК ДЖЕРЕЛО ПОЛІФЕНОЛІВ У ПИВОВАРІННІ**

Наведено аналіз сучасного стану виробництва й застосування хмелю та продуктів його переробки в пивоварстві. Показані переваги й недоліки CO₂-екстракту хмелю в порівнянні з іншими продуктами переробки хмелю. Проведені дослідження, направлені на виявлення фенольних речовин рослинних антиоксидантів, що сприяють коагуляції білків і захисту від окиснення гірких речовин при кип'ятінні сусла із CO₂-екстрактом хмелю. Запропоновано технологію використання CO₂-екстракту хмелю разом з антиоксидантом з кори дуба, яка дає можливість одержати менш окиснене пиво із тривалим строком зберігання й економити хміль у кількості 8-10%. Крім цього, антиоксидант не тільки стабілізує якість пива, але й збільшує його фізіологічну цінність. Це може бути основою для створення нового сорту пива з підвищеною фізіологічною цінністю.

Ключові слова: CO₂-екстракт хмелю, рослинні антиоксиданти, економія хмелю, пиво із тривалим строком зберігання.

Приведен анализ современного состояния производства и применения хмеля и продуктов его переработки в пивоварении. Показаны преимущества и недостатки CO₂-экстракта хмеля по сравнению с другими продуктами переработки хмеля. Проведенные исследования, направленные на выявление фенольных веществ растительных антиоксидантов, что способствуют коагуляции белков и защите от окисления горьких веществ при кипячении суслу с CO₂-экстрактом хмелю. Предложена технология использования CO₂-экстракту хмелю вместе с антиоксидантом из коры дуба, которая дает возможность получить менее окисленное пиво с длительным сроком хранения и экономит хмель в количестве 8-10 %. Кроме этого, антиоксидант не только стабилизирует качество пива, но и увеличивает его физиологическую ценность. Это может быть основой для создания нового сорта пива с повышенной физиологической ценностью.

Ключевые слова: CO₂-экстракт хмеля, растительные антиоксиданты, экономия хмеля, пиво с длительным сроком хранения.

The analysis of the current state of production and use of hop and hop product in brewing. The advantages and disadvantages of CO₂ hop extract relative to other hop product were demonstrated. The investigations aimed to identify the phenolic compounds of plant antioxidants that promote protein coagulation and oxidation protection of bitter substances during boiling the wort with the CO₂ hop extract were carried. As a result the technology of use of the CO₂ hop extract together with oak bark antioxidant was proposed. The use of the CO₂ hop extract in conjunction with oak bark antioxidant gives the opportunity to produce less oxidized beer with a long shelf life and save hops in an amount of 8–10%. In addition, the antioxidant not only stabilizes the quality of beer, but also increases its physiological value. The results of the research can be used as the basis for the development of new sorts of beer with increased physiological value.

Key words: CO₂ hop extract, herbal antioxidants, hops savings, beer with a long shelf life.

Вступ.

Як свідчать сучасні дослідники [1] поліфенольні сполуки можна віднести до класу вторинних продуктів метаболізму рослин. Їх функції у клітинах рослин численні: пігментація рослин, кліткова сигналізація, дозрівання плодів та насіння, експресія генів, зміна активності білків, регуляція кліткового розподілу. Найбільш помітну роль поліфенольні сполуки відіграють у процесах захисту рослин від несприятливих факторів: бактеріальної, вірусної, грибової інфекцій, проникнення паразитів, окиснювальних процесів [2].

Саме тому застосування поліфенольних речовин у широкому спектрі харчових продуктів є актуальною задачею для спеціалістів різних галузей харчової промисловості.

Екстракти кори дубу містять значну кількість поліфенолів (перш за все кверцетину), а також не менше 8 % дубильних речовин, галову та елагову кислоти, інші біологічно активні речовини. Антиоксидантна дія кори дубу доведена багатьма дослідниками [5] та використовується в низці фармацевтичних препаратів. Крім флавоноїдів (одних з найбільш розповсюджених поліфенолів), антиоксидантним ефектом володіють також галова та елагова кислоти, що входять до складу кори дубу.

Хміль є найбільш специфічним і незамінним видом сировини у виробництві пива. Різноманітні за своєю природою й хімічною будовою речовини, що входять до складу окремих частин шишок хмелю, надають пиву характерні специфічні смак і аромат,

беруть участь у освітленні пива, утворенні піни і мають антибіотичні властивості, підвищують стійкість пива при його зберіганні. Склад хмелю впливає на якість виробленого з нього пива. Найважливішими компонентами хмелю для виробництва пива є гіркі речовини, ефірні олії і поліфенольні речовини.

В останні два десятиріччя в нашій країні та у більшості країн світу значне поширення одержали натуральні продукти переробки хмелю. Це виробництво гранульованого хмелю, етанольних і вуглекислотних екстрактів. Застосування в пивоварінні продуктів переробки хмелю пов'язане з їхньою перевагою в порівнянні із шишковим хмелем, при використанні якого, використовується тільки від 25 до 40 % гірких і інших коштовних речовин для пивоваріння. Крім того, при зберіганні такого хмелю протягом року на пивоварних заводах втрачається близько 30-50 % α - і β -кислот і близько 90% ефірних олій, що значно знижує цінність хмелю для виробництва пива.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Аналіз сучасного стану виробництва й застосування хмелю показав, що тільки на пивоварних заводах з малою продуктивністю застосовується класична технологія одержання пива, при якій традиційно використовується шишковий пресований хміль для охмелення пивного сусла. У той же час усі великі пивзаводи України перейшли на

використання різних типів гранул, етанольних і вуглекислотних екстрактів хмелю, завдяки яким поліпшуються умови роботи, а також знижуються втрати гірких речовин і ефірних олій у процесі їх зберігання й підвищується ефективність використання α - і β -кислот і ефірних олій у процесі пивоварства. При застосуванні хмелевих препаратів у пивоварстві підвищується до 40-60 % ефективність використання гірких речовин, поліфенолів і ефірних олій. Крім того, для зберігання продуктів переробки не потрібні складські приміщення з регульованим температурним режимом $0+2^{\circ}\text{C}$, як це передбачено при зберіганні шишкового пресованого хмелю. Найбільше застосування в пивоварстві одержали натуральні (класичні) хмелепродукти – гранули, етанольні й вуглекислотні екстракти хмелю. CO_2 -екстракти хмелю в порівнянні із пресованим хмелем майже необмежено стійкі при зберіганні. Необхідна площа для їхнього зберігання становить 1/25 приміщення для зберігання хмелю. Те ж саме стосується транспортних засобів. Однак для виробництва високоякісного пива необхідні гіркі речовини, ефірні олії та поліфенольні речовини хмелю в певному співвідношенні, а CO_2 -екстракт не містить поліфенольних речовин. Зазвичай CO_2 -екстракт використовують сумісно із гранульованим хмелем у кількості не більш 50% [6]. Вводять хмелепродукти в сусло в процесі його кип'ятіння [7, 8]. Таким чином, важливим завданням кип'ятіння сусла із хмелем є його ароматизація й надання суслу гіркої смаку. До 95 % загальної гіркоти обумовлене α -кислотами хмелю, які при кип'ятінні під впливом кисню перетворюються в ізомери α -кислот, що володіють більшою розчинністю, ніж α -кислоти. Поряд з ізомеризацією частина ізо- α -кислот окиснюється. Занадто тривале кип'ятіння сусла із хмелем призводить до розкладання гірких ізо- α -кислот і утворення гумулинових негірких кислот, що псують смак пива. Таким чином, роль кисню на першому етапі екстрагування й перетворення α -кислот у ізо- α -кислоти позитивна. Надалі під дією кисню відбувається деструкція ізо- α -кислот, що зменшує аналітичну величину гіркоти сусла й пива, а також погіршує її характер [9]. Для захисту від окиснення застосовують антиоксиданти [10, 11, 12]. Їх хімічний склад і властивості підходять для пивоварства [9, 10]. Дослідження, які проведені раніше, підтвердили захисну дію антиоксидантів при окисній деструкції ізо- α -кислот. Було виявлено, що найбільш ефективними є антиоксиданти з кори дуба, трави м'яти й звіробою. Визначена оптимальна доза їх уведення, яка складає 20-30 мг сухих речовин антиоксидантів на 1 дм^3 сусла [11, 12]. Особливо важливим процесом при кип'ятінні сусла із хмелем є утворення білкового осаду. У процесі кип'ятіння сусла речовини, що виділилися спочатку у вигляді дуже тонкої суспензії, взаємодіють один з одним, утворюючи більш грубий і об'ємний осад. Речовини, що виділилися у вигляді пластівців, є в основному зкоагульованими білками, які називають «суспензії гарячого сусла». Ці процеси освітлення мають велике

значення для повноти, гармонійності смаку й стабільності пива. Недостатня коагуляція білків не тільки погіршує ці властивості, але й має непрямий вплив шляхом обволікання дріжджів під час головного бродіння й доброджування. Процес коагуляції протікає у дві стадії – стадії денатурації та коагуляції. Азотвмісні колоїди сусла гідратовані, тобто оточені водяною плівкою, що в комбінації з електричним зарядом надає їм деяку стабільність. При температурах кипіння відбуваються міжмолекулярні перетворення, що призводять до розриву водневих зв'язків і, як наслідок, до втрати гідратаційної води. Цю дегідратацію можна підсилити додаванням дегідратуючих речовин – поліфенолів, спирту, деяких іонів і важких металів. Після дегідратації частки ще підтримуються в лабільному колоїдному стані завдяки своєму електричному заряду. У так званій «ізоелектричній точці», у якій позитивно й негативно заряджені групи амфотерних білків нейтралізують один одного, дегідратовані молекули особливо нестабільні й випадають спочатку в дрібнодисперсній, а потім в більш грубій формі [7]. Поліфенольні речовини хмелю сприяють коагуляції білкових речовин сусла, а тому що CO_2 -екстракт хмелю їх не містить самостійно його використовувати не можна. Антиоксиданти з рослинної сировини (ТУ У 18.483-98) є водно-спиртовими розчинами синергетично активних комплексів речовин рослин [12]. Їх активність обумовлена фенольними сполуками відповідних рослин, що перебувають у синергетично активній комбінації з іншими органічними речовинами, головним чином, органічними кислотами рослин. Одержують ці антиоксиданти шляхом спрямованої екстракції активних комплексів речовин рослин водно-спиртовими розчинами.

Фенольні сполуки антиоксидантів з рослинної сировини більш реакційноздатні, ніж фенольні сполуки хмелю [13].

Під час зберігання хміль поступово старіє (окиснюється), активізується дія мікроорганізмів. Один з кращих способів збереження гірких та інших цінних для пивоваріння речовин хмелю - виробництво з нього різних екстрактів, які можуть, не змінюючись, зберігатися протягом тривалого часу.

Завдяки ряду переваг, при одержанні екстрактів хмелю як розчинник найчастіше використовують діоксид вуглецю. Використання такого екстракту економічно доцільно. Однак CO_2 -екстракт хмелю має у своєму складі лише гіркі й ароматичні речовини і не містить таких важливих компонентів як поліфенольні сполуки. Які через свою високу реакційну здатність беруть участь в осадженні білків пивного сусла і тим сприяють його освітленню, захищають ізо- α -кислоти від окислювальної деструкції, а також формують смак пива. Якщо відношення загальної кількості поліфенолів хмелю і хмелепродуктів до α -кислот становить від 1,5 до 2, тоді пиво буде вищої якості. Тому неможливо приготувати якісне пиво тільки з використанням як хмелепродукт тільки одного CO_2 – екстракту.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Активність застосованих антиоксидантів з рослинної сировини зумовлена фенольними сполуками відповідних рослин. Дослідженнями встановлено, що фенольні сполуки антиоксидантів більш реакційноздатні, ніж фенольні сполуки хмелю, тому вони краще осаджують білки у процесі кип'ятіння пивного суслу та захищають ізо- α -кислоти від окислювальної деструкції. Тому перспективно провести дослідження по приготуванню пива з застосуванням CO_2 – екстракту та антиоксиданту.

До того ж роль кисню на цьому етапі виробництва пива подвійна. Так, кисень сприяє ізомеризації α -кислот в ізо- α -кислоти, а ще - спричиняє окислювальну деструкцію утворених ізо- α -кислот, погіршуючи характер гіркоти, й призводить до втрати гірких речовин.

Для визначення режиму внесення антиоксиданту з кори дуба, який забезпечив би максимальний вміст гірких речовин у пиві й найменше його окиснення необхідно виявити, через який проміжок часу від початку кипіння суслу з екстрактом хмелю введення антиоксиданту сприяє накопиченню гірких речовин у суслі.

Для визначення цього проміжку часу провели серію експериментів, де визначали нагромадження гірких речовин в охмеленому суслі залежно від часу введення антиоксиданту в кипляче з екстрактом хмелю сусло. Використовували 11%-не сусло «Слобожанське» та екстракт хмелю з вмістом ізо- α -кислот 50%. Норма гірких речовин гарячого суслу 0,68 г/10 дм^3 . Сусло кип'ятили 15 хвилин, після чого задавали екстракт хмелю. Антиоксидант із кори дуба в кількості 30 мг сухих речовин на 1 дм^3 суслу вводили в кипляче з екстрактом хмелю сусло через 5 хвилин від початку кипіння. Загальна тривалість кип'ятіння суслу з екстрактом хмелю 120 хвилин. Наступні експерименти проводили з додаванням антиоксиданту з кори дуба через 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 90 хвилин. Кип'ятіння проводили зі зворотними холодильниками. Після закінчення кип'ятіння сусло швидко відфільтровували через шовк, охолоджували й доводили до первісного обсягу. Після чого визначали вміст гірких речовин в охмеленому суслі спектрофотометричним методом. Результати наведено на рис. 1.

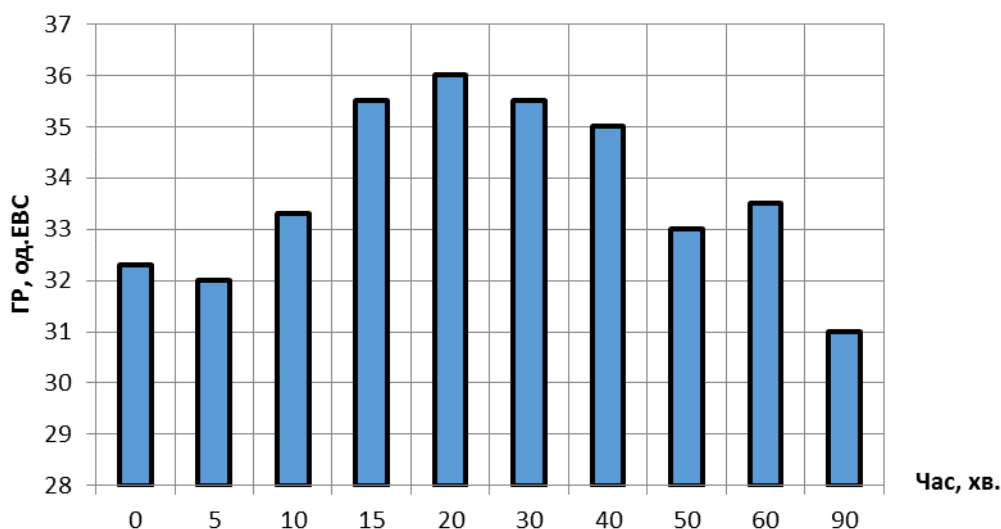


Рис. 1. Вміст гірких речовин у суслі «Слобожанське» залежно від часу внесення антиоксиданту з кори дуба

Як видно із представлених графічних даних, введення антиоксиданту з кори дубу через 5 і через 10 хвилин від початку кипіння суслу із хмелевим екстрактом призводить до невеликого зниження вмісту гірких речовин у готовому суслі. Це вказує на позитивну роль кисню на цьому етапі, а, отже, гальмуючу дію антиоксиданту на процес ізомеризації α -кислоти. Введення антиоксиданту в кипляче сусло через 15, 20, 30 хвилин від початку кипіння із хмелевим екстрактом призводить до росту вмісту гірких речовин у готовому суслі. Отже, на цьому етапі процеси деструкції ізо- α -кислоти переважають над ізомеризацією й уведений антиоксидант захищає їх від окисного псування. Більш пізніше введення антиоксиданту небажано, тому що через

окисну деструкцію відбувається зниження вмісту гірких речовин у готовому суслі. Максимальний вміст гірких речовин у готовому 11%-ному суслі «Слобожанське» спостерігається при введенні антиоксиданту з кори дуба через 20 хвилин від початку кипіння суслу з екстрактом хмелю.

Аналогічно визначали кінетику нагромадження гірких речовин для 13% суслу «Монастирське». Використовували екстракт хмелю зі вмістом α -кислоти 50%. Норма гірких речовин гарячого суслу 0,68 г/10 дм^3 . Результати цих експериментів представлені в на рис. 2.

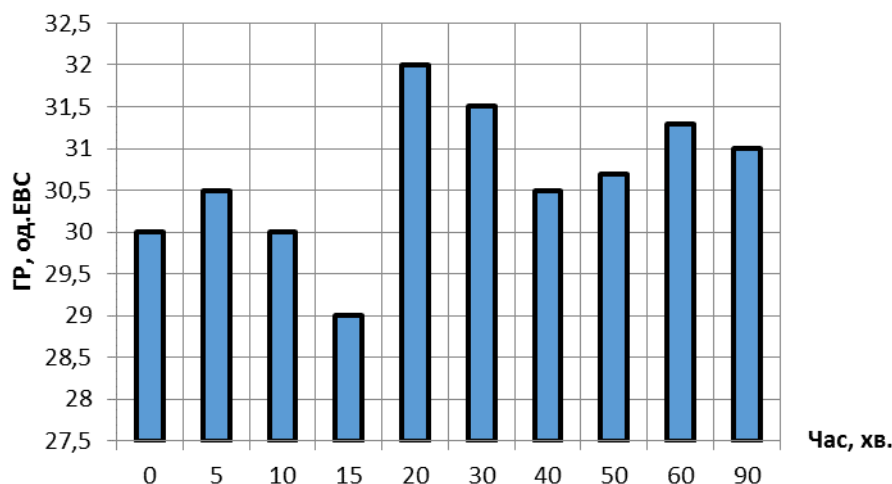


Рис. 2. Вміст гірких речовин у суслі «Монастирське» залежно від часу внесення антиоксиданту з кори дуба.

Таким чином, проведені дослідження показали, що антиоксиданти з кори дуба ефективно захищають ізо- α -кислоти від окисної деструкції. При використанні антиоксидантів на стадії кип'ятіння сусла із хмелем, для одержання максимального ефекту, їх варто задавати через 20 хвилин від початку кип'ятіння сусла з хмелем. При цьому сусло, приготовлене з антиоксидантом з кори дуба, варто звільняти від осаду холодних суспензій шляхом сепарування або зброджування в чанах попереднього бродіння.

Ізо- α -кислоти, що спричиняють гіркоту пива, є сумішшю цілого ряду тісно пов'язаних за своєю структурою ізополук. Ізополуки розрізняються за своєю розчинністю в суслі й пиві. Зниження величини рН у процесі бродіння пивного сусла зменшує їх розчинність у пиві, причому в різному ступені. Тому високому вмісту гірких речовин у пивному суслі не завжди відповідає настільки ж високий вміст їх у пиві. Тому необхідно визначення режиму внесення антиоксиданту з кори дуба, що забезпечує максимальний вміст гірких речовин у пиві й найменшу ступінь його окиснення.

Для рішення цього завдання зі зразків сусла сорту «Монастирське» було приготовлене пиво. Дріжджі вводили в охолоджене до 7...8 °С сусло різних зразків у кількості 10 моль на 1,2 дм³. Тривалість головного бродіння становила 8 діб. Видимий екстракт наприкінці бродіння в суслі різних зразків – 4,1...4,3%. Молоде пиво було розлите в пляшки й поставлено на доброджування й дозрівання. Доброджування проводили при температурі 2 °С. Тривалість доброджування склала 21 добу.

У готовому пиві визначали вміст гірких речовин спектрофотометричним методом і ступінь окисненості за швидкістю знебарвлення індикатора 2,6 – дихлорфеноліндофенолят натрію. Результати експериментальних даних представлені в таблиці 1.

З аналізу експериментальних даних витікає, що максимальний вміст гірких речовин (24,2 од. EBC) і мінімальний ступінь окисненості (ПЗБ 51,7%) спостерігаються в зразку пива, приготовленому із сусла з додаванням антиоксиданту через 15 хвилин від початку кипіння його з екстрактом хмелю.

Таблиця 1. Фізико-хімічні показники зразків пива сорту «Монастирське», приготовлене при різних режимах введення антиоксиданту з кори дуба

Номер дослідів	Час введення антиоксиданту, хв. від початку кипіння сусла з екстрактом хмелю	рН	ПЗІ, %	ГР, од. EBC
1	Без антиоксиданту	4,64	47,0	20,1
2	5	4,63	47,0	20,9
3	10	4,64	47,0	21,5
4	15	4,64	51,7	24,2
5	20	4,63	51,7	23,0
6	30	4,60	45,0	20,0
7	40	4,62	45,3	21,5
8	50	4,60	50,5	23,5
9	60	4,63	43,8	21,3
10	90	4,63	44,6	21,5

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, використання CO₂-екстракту хмелю разом з антиоксидантом дубової кори дає змогу одержати менш окиснене пиво з тривалішим терміном зберігання і економити хміль в межах 8-10%. Крім того, він не лише стабілізує якість пива, а

й збільшує його фізіологічну цінність. Це може бути основою для створення нового сорту пива з підвищеною фізіологічною цінністю.

Список литературы:

1. *Тараховский Ю.С.* Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / *Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С. Абдрасилов, Е.Н. Музафаров.* – Пушчино: Synchronbook, 2013. – 310 с.
2. *Gould K.S.* Flavonoid functions in plants / *K.S. Gould, C. Lister C., O.M. Markham, K.R. Flavonoids* // Chemistry, biochemistry and applications. – Boca Raton. 2006. – Vol. 8. – P 397–441.
3. *Garcia A.* Recent advances in antitubercular natural products / *A. Garcia, V. Bocanegra-Garcia, J.P. Palma-Nicolas, G. Rivera* // Eur.J.Med.Chem. 2012. – Vol. 49. – P 1–23.
4. *Hemaiswarya S.* Synergism between natural products and antibiotics against infectious diseases / *S. Hemaiswarya, A.K. Kruthiventi, M. Doble* // Phytomedicine. 2008. – Vol. 15. – P 639–652.
5. *Федосеева Г.М.* Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды: уч. пособие для студентов фарм. факультета Иркутского государственного медицинского университета / *Г.М. Федосеева, В.М. Мирович.* – Иркутск. 2009. – 67 с.
6. *Ляшенко Н.И.* Биохимия хмеля и хмелепродуктов: Монография. – Житомир: «Полисся», 2002. – 388 с.
7. *Нартисс Л.* Краткий курс пивоварения / *Л. Нартисс* – Санкт-Петербург: Профессия, 2007. – 640 с.
8. *Кунце В.* Технология солода и пива / *В. Кунце.* – Санкт-Петербург: Профессия, 2003. – 912 с.
9. *Данилова Л.А.* Антиоксиданты з рослинної сировини / *Л.А. Данилова, Т.Л. Немцева, Л.І. Рибак [та ін.]* // Харчова і переробна промисловість. 2002. – № 9. – С. 23–24.
10. *Данилова Л.А.* Антиоксиданты из растительного сырья / *Л.А. Данилова* // Труды межд. научно-технической конференции [«Информационные технологии: техника, технология, оборудование, здоровье»]. – Часть 4. – Х.: 1997. – С. 209–211.
11. *Данилова Л.А.* Защита изо- α - кислот хмеля от окислительной деструкции / *Л.А. Данилова, Т.А. Березка, В.А. Домарецкий* // Вісник НТУ «ХПІ». 2006. – № 12. – С. 67–72.
12. *Гладкий Ф.Ф.* Про механізм реакції окиснення ізо-альфа кислот хмелю киснем повітря / *Ф.Ф. Гладкий, Л.А. Данилова, Т.О. Березка [та ін.]* // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: 2011. – № 24 – С. 6–11.
13. *Данилова Л.А.* Антиоксиданты из растительного сырья в технологии стабилизации пива / *Л.А. Данилова, А.Е. Мелетьев, Т.А. Березка, Т.В. Арутюнян* // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Х.: 2013. – № 4/10 (64) – С. 23–26.

Bibliography (transliterated):

1. *Tarahovskiy Yu.S.* Flavonoidyi: biokhimiya, biofizika, meditsina / *Yu.S. Tarahovskiy, Yu.A. Kim, B.S. Abdrasilov, E.N. Muzafarov.* – Puschino: Synchronbook, 2013. – 310 s.
2. *Gould K.S.* Flavonoid functions in plants / *K.S. Gould, C. Lister C., O.M. Markham, K.R. Flavonoids* // Chemistry, biochemistry and applications. – Boca Raton. 2006. – Vol. 8. – P 397–441.
3. *Garcia A.* Recent advances in antitubercular natural products / *A. Garcia, V. Bocanegra-Garcia, J.P. Palma-Nicolas, G. Rivera* // Eur.J.Med.Chem. 2012. – Vol. 49. – P 1–23.
4. *Hemaiswarya S.* Synergism between natural products and antibiotics against infectious diseases / *S. Hemaiswarya, A.K. Kruthiventi, M. Doble* // Phytomedicine. 2008. – Vol. 15. – P 639–652.
5. *Fedoseeva G.M.* Fitohimicheskiy analiz rastitelnogo syrya, sodержashego flavanoidyi: uch. posobie dlya studentov farm. fakulteta Irkutskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta / *G.M. Fedoseeva, V.M. Mirovich.* – Irkutsk. 2009. – 67 s.
6. *Lyashenko N.I.* Biokhimiya hmelya i hmeleproduktov. Monografiya. – Zhitomir: «Polissya», 2002. – 388 s.
7. *Nartsiss L.* Kratkiy kurs pivovareniya / *L. Nartsiss* – Sankt-Peterburg: Professiya, 2007. – 640 s.
8. *Kuntse V.* Tehnologiya soloda i piva / *V. Kuntse.* – Sankt-Peterburg: Professiya, 2003. – 912 s.
9. *Danilova L.A.* Antioksidanti z roslinnoi sirovini / *L.A. Danilova, T.L. Nemceva, L.I. Ribak [ta in.]* // Harchova i pererobna promislovist. 2002. – № 9. – S. 23–24.
10. *Danilova L.A.* Antioksidanty iz rastitelnogo syrya / *L.A. Danilova* // Trudy mezhd. nauchno-texnicheskoj konferencii [«Informacionnye tehnologii: tehnika, tehnologiya, oborudovanie, zdorove»]. – Chast 4. – Harkov. 1997. – S. 209–211.
11. *Danilova I.A.* Zashhita izo- α - kislot xmelya ot oksislitelnoj destrukcii / *L.A. Danilova, T.A. Berezka, V.A. Domareckij* // Visnik NTU «HPI». 2006. – № 12. – S. 67–72.
12. *Gladkij F.F.* Pro mexanizm reakcii okisnennya izo-alfa kislot xmelyu kisnem povitrya / *F.F. Gladkij, L.A. Danilova, T.O. Berezka [ta in.]* // Visnik NTU «HPI». – Harkiv. 2011. – № 24 – S. 6–11.
13. *Danilova L.A.* Antioksidanty iz rastitelnogo syrya v tehnologii stabilizacii piva / *L.A. Danilova, A.E. Meletev, T.A. Berezka, T.V. Arutyunyan* // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovix tehnologij. – Harkov. 2013. – № 4/10 (64) – S. 23–26.

Поступила (received) 02.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Антиоксидант з кори дуба як джерело поліфенолів у пивоварінні / Л. А. Данилова, Т. О. Березка, А. О. Демидова, М. І. Бойко, Т. В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 66–71. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Антиоксидант с коры дуба как источник полифенолов в пивоварении / Л. А. Данилова, Т. А. Березка, А. А. Демидова, М. И. Бойко, Т. В. Арутюнян // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 66–71. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2220-4784.

Antioxidant from the bark of oak as a source of polyphenols is in brewing / L. A. Danilova, T. O. Berezka, A. A. Demidova, M. I. Boyko, T. V. Arutyunyan // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – P. 66–71. Bibliog.:13 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Данилова Людмила Андріївна – кандидат технічних наук, професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, НТУ «ХПІ», тел.: +380503251086; e-mail: lyudmila-danilova-48@mail.ru

Danilova Ludmila Andreevna – Phd, candidate of technical sciences, Professor, of fats and fermentation products department National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +38503251086; e-mail: lyudmila-danilova-48@mail.ru

Данилова Людмила Андреевна – кандидат технических наук, професор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, НТУ «ХПІ», тел.: +380503251086; e-mail: lyudmila-danilova-48@mail.ru

Березка Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, НТУ «ХПІ», доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, м. Харків, Україна, тел.: +38 (097) 324-16-84, e-mail: berezka_tatyana_kpi@meta.ua

Berezka Tetyana Oleksandrivna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», associate Professor of technology of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: +38 (097) 324-16-84, e-mail: berezka_tatyana_kpi@meta.ua

Березка Татьяна Александровна – кандидат технических наук, НТУ «ХПІ», доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, г. Харьков, тел.: +38(097) 324-16-84, e-mail: berezka_tatyana_kpi@meta.ua

Демидова Анастасія Олександрівна – канд. техн. наук, доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХПІ», E-mail: ademidova2016@gmail.com

Demidova Anastasiya Aleksandrovna - Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Associate Professor Senior of fats and fermentation products department, Kharkiv, tel.: +38 (097) 324-16-84, e-mail: ademidova2016@gmail.com

Демидова Анастасия Александровна – канд. техн. доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения НТУ «ХПІ», E-mail: ademidova2016@gmail.com

Бойко Марина Іванівна – кандидат технічних наук, асистент кафедри експертизи харчових продуктів, Національний університет харчових технологій, тел.: +380673170607; e-mail: boiko80@ukr.net

Boiko Marina Ivanovna – Phd, assistant professor of the department of food expertise, National University of Food Technologies, tel. : +380673170607; e-mail: boiko80@ukr.net

Бойко Марина Ивановна – кандидат технических наук, асистент кафедры экспертизы пищевых продуктов Национальный университет пищевых технологий, тел.: +380673170607; e-mail: boiko80@ukr.net

Арутюнян Тетяна Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології жирів та продуктів бродіння, НТУ «ХПІ», тел.: +380984085855;

e-mail: tatyana.arutunyan@gmail.com

Arutyunyan Tetyana Volodymyrivna – candidate of technical sciences, Docent, Department of fat technologies and fermentation products, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: +380984085855;

e-mail: tatyana.arutunyan@gmail.com

Арутюнян Татьяна Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии жиров и продуктов брожения, НТУ «ХПІ», тел.: +380984085855; e-mail: tatyana.arutunyan@gmail.com

УДК 664.956.001.1:621.3.023

О. А. СЕВЕРИН, Т. О. КОЛІСНИЧЕНКО, Г. В. НОВИК, К. А. ДЯТЧЕНКО**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

У роботі досліджувалося осмотичне видалення вологи, в якості попереднього способу який порушує цілісність структури клітини і посилення процесу електроосмосом. Електроосмотичне зневоднювання харчових продуктів інтенсивніше осмотичного, це обґрунтовано експериментально. Досліджувалася можливість комбінування електроосмосу і традиційних способів видалення вологи з харчових продуктів. Отримані результати свідчать про доцільність застосування електроосмосу для скорочення тривалості сушіння без погіршення фізико-хімічних показників продукту.

Ключові слова: енергозбереження, осмос, харчові продукти, попередня обробка, науково-обґрунтовані методи, переробка.

В работе исследовалось осмотическое удаление влаги, в качестве предварительного способа, который нарушает целостность структуры клетки и усиления процесса электроосмоса. Электроосмотическое обезвоживание пищевых продуктов интенсивнее осмотического, это обосновано экспериментально. Исследовалась возможность комбинирования электроосмоса и традиционных способов удаления влаги из пищевых продуктов. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения электроосмоса для сокращения продолжительности сушки без ухудшения физико-химических показателей продукта.

Ключевые слова: энергосбережение, осмос, пищевые продукты, предварительная обработка, научно-обоснованные методы, переработка.

The paper studied osmotic moisture removal, as a preliminary way that violates the integrity of the structure of cells and strengthen the process of electroosmosis. Elektroosmotychno food dehydration osmotic intense, it proved experimentally. We investigated the possibility of combining electroosmosis and traditional ways to remove moisture from the food. The results indicate the feasibility of reducing the length of electroosmosis for drying without deteriorating physical and chemical characteristics of the product.

Keywords: energy saving, osmosis, foods, pre-treatment, evidence-based methods of processing..

Вступ.

Дослідження харчових продуктів, як об'єктів підлягаючих зневоднюванню показують, що основні закономірності фізичних і біологічних процесів, що протікають у них, залежить від особливостей і характеру зв'язку вологи з твердим каркасом матеріалу і розчиненими у воді речовинами. При механічному (капілярно-зв'язана волога) зв'язку відсутня міцна взаємодія вологи з твердим каркасом, тому її видалення не обумовлюється значними витратами енергії і здійснюється різними методами. Осмотично зв'язана волога в продукті, як вид фізико-хімічного зв'язку, перебуває усередині кліток і обумовлює дифузію ускладнену напівпроникною мембраною. Для порушення цього зв'язку необхідні більш значні витрати енергії. Найбільша кількість тепла необхідно для видалення монослою адсорбованих молекул води.

Видаляючи механічно зв'язану вологу частіше застосовують конвективний спосіб сушіння. Істотними недоліками якого є високі енерговитрати процесу, а також те, що сушильний агент впливаючи на тепломасообмінні процеси, які відбуваються в продукті, спочатку спричинює інтенсифікацію переміщення зони випару всередину й утворенню в поверхневих шарах продукту збільшеного змісту сухих речовин, що ускладнює процес зневоднювання і погіршує випар вологи з глибини матеріалу. Комбінована конвективно-електроосмотичне сушіння стримує вищевикладені негативні зміни.

Осмосом можна назвати дифузію, ускладнену наявністю напівпроникної мембрани, при якій вирівнювання концентрацій відбувається за рахунок переміщення розчинника від місця з його більшою концентрацією до місця, де його концентрація менше.

Висока розчинююча здатність води пояснюється дипольним характером її молекул і їхньому прагненню до утворення водневих зв'язків. Властивості водних розчинів залежить від сил взаємодії між молекулами води і розчинених речовин. Осмос являє собою процес дифузії розчинника через напівпроникну перегородку під дією кінетичної енергії молекул, тобто дифузія розчинника з області з більш високим парціальним тиском (меншою концентрацією розчину) протікає у бік меншого парціального тиску водяної пари (більшої концентрації розчину). В рослинній клітині з концентрованим розчином надходить із середовища з менш концентрованим розчином. У результаті виникає осмотичний тиск (сила, що обумовлює дифузію молекул) який показує, на скільки тиск води в розчині менше, ніж у чистій воді при тій же температурі і загальному атмосферному тиску. Осмос не залежить від зовнішнього тиску. У рослинних тканинах вода під дією осмотичного тиску перебуває в стані натягу — тургору. Клітинні оболонки завдяки еластичності здатні витримувати таку напругу. Стан напруги клітинних стінок рослинних тканин під дією тургору створює опору тканинам. Якість багатьох продуктів залежить від стану їхнього тургору. При надлишку вологи тургор підсилюється, що може призвести до розтріскування плодів і овочів, при нестачі вологи настає плазмоліз, коли протоплазма зморщується і відокремлюється від клітинної оболонки. Осмотично-зв'язана волога перебуває усередині кліток у напівпроникному мішечку. Осмотичне проникнення води відбувається без виділення тепла і стиску системи. Даний вигляд води не відрізняється від звичайної, при сушці переміщається усередині матеріалу без фазового перетворення – у вигляді рідини.

© О.А. Северин, Т.О. Колісниченко, Г.В. Новик, К.А. Дятченко, 2016

При більш високій концентрації розчинних речовин у зовнішніх шарах матеріалу волога осмотично дифундує в ці шари через напівпроникні стінки кліток. Таким чином, процес видалення цієї вологи аналогічний і протилежний осмотичному проникненню всередину клітини.

Стосовно до технологічних процесів консервного виробництва явище осмосу спостерігається при зануренні плодів у цукровий розчин [1, 5, 6]. При цьому концентрація вологи усередині рослинної клітини більше, ніж у навколишньому її концентрованому розчині і волога з клітки відповідно до закону дифузії самовільно переміщається в оточуючий її розчин. З цього випливає, що зовнішній розчин «всмоктує» вологу з клітки, збезводнює її, створюючи стан плазмолізу. У клітині ж виникає тиск, який по роду процесу, що викликав, називається осмотичним і досягає кількох МПа. Живлення рослин водою, явище діалізу, явище гіперфільтрації, нарешті, звичайне набрякання – усе це типовоосмотичні ефекти. Розмір осмотичного тиску кліток багатьох рослин становить 5...10 ат, а осмотичний тиск крові людини доходить майже до 8 ат.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

У процесі зберігання рослинна сировина перетерплює зміни мікробіологічного, ферментаційного і біохімічного характеру, що не завжди позитивно впливає на якість. Біохімічні процеси, що інтенсивно протікають у вологому матеріалі приводять до швидкого псування. Біологічно активні речовини – важлива складова харчових продуктів найбільш схильна до несприятливих змін.

Як відомо, вологовміст продукту зворотно пропорційний термінам збереження без додаткової обробки. Для уповільнення і припинення процесу погіршення якості служить зневоднювання. Сушіння, з погляду схоронності корисних речовин у продукті, можна віднести до найбільш раціональних способів обробки рослинної сировини, однак енерговитрати на одиницю готової продукції досить високі. Проведені дослідження відповідають положенням «Енергетичної програми розвитку України до 2020 року».

Постановка задачі. Дослідження процесу осмосу, як інтенсифікуючого зневоднення, комбінуючи його з конвективним методом видалення вологи.

Викладання основного матеріалу досліджень. Теорія осмотичних явищ описується в курсах термодинаміки і статистичної фізики. Тиск, який необхідно прикласти до концентрованого розчину, щоб перешкодити переносу розчинника через мембрану, називається осмотичним тиском. Його можна приблизно розрахувати по характеристичному рівнянню для газів:

$$P = \frac{G}{M} RT \quad (1)$$

де G — масова концентрація, г/дм³,

M — молекулярна маса,

R — універсальна газова постійна

З формули випливає, що адсорбуюча сила розчину буде тим вище, чим більше масова концентрація і чим менше молекулярна маса плазмолітика, що обумовлюється його природою. Підвищення температури також приводить до збільшення осмотичного тиску, однак доти, поки зберігається структура цитоплазматичної мембрани. Очевидно, після того, як підвищення температури приводить до пошкодження цитоплазми і збільшенню клітинної проникності, процес осмотичного зневоднення буде падати.

Об'єктами досліджень служили насінні та кісточкові плоди. В якості осмотично-дієвої речовини служив цукровий сироп різних концентрацій. Підготовлені плоди нарізані дисками занурювали в цукровий сироп концентрацією 50...70 % з температурою 25 °С.

Кінетика осмотичного зневоднення (рис.1а) характеризується тим, що при збільшенні концентрації сиропу швидкість соковиділення рівномірно зростає, а після 40 годин майже припиняється.

Експериментально доведено, що при концентрації цукрового сиропу 50 % втрати маси складають близько 55 %, а при концентрації 70 % - більше 70 % вологи.

Проведений дослід характеризується тим, що швидкість осмотичного зневоднення на третю добу майже припиняється, причому після двох діб обробки продукт втрачає до 75 % маси, що відповідає кінцевій вологості 25...45 %.

Результати експерименту свідчать про те, що осмотичне зневоднення не забезпечує технологічної якості загального застосування при сушінні, а обробка більш ніж три доби недоцільна з технологічно-економічної точки зору. З огляду на це, даний спосіб видалення вологи може застосовуватись як попередній, або проміжний.

Дослідження зміни вологовмісту продукту (рис. 1б) від температури осмотично дієвої речовини проводили в температурному діапазоні від 25 до 55 °С на протязі 7 годин з періодичністю 1 година. Після 7 годин процес стабілізується і його підсилення вимагає значно більших енерговитрат, що недоцільно з техніко-економічної точки зору. Проведений експеримент свідчить про те, що найбільш раціональна температура сиропу 40 °С. Це обумовлюється тим, що енерговитрати на підігрів води до температури більше ніж 40 °С, приймаючи до уваги технологічні особливості осмотичного зневоднення, недоцільні з економічної точки зору.

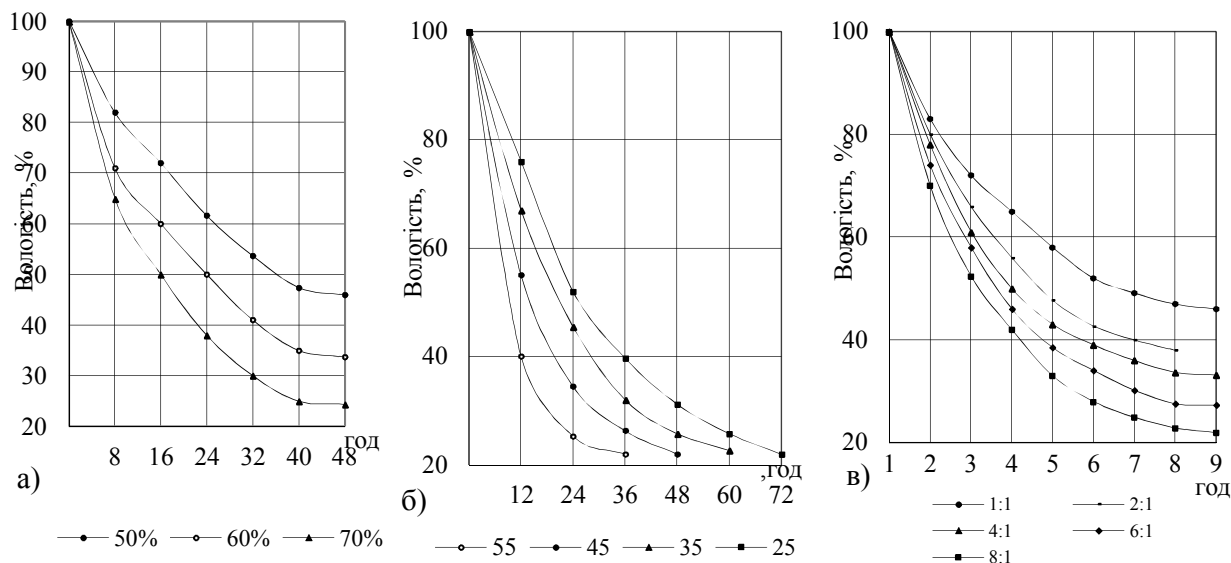


Рис. 1. Залежність зміни вологості продукту: а) від концентрації цукрового сиропу; б) від температури сиропу; в) при різних кількісних співвідношеннях сироп-плоди

Ще одним з визначальних факторів є те, що при підвищенні температури сиропу органолептичні показники продукту значно змінюються і не відповідають вимогам які пред'являються до сушеної продукції (знижена кислотність і підвищений вміст цукру).

Взаємозв'язок різних співвідношень між плодами і сиропом (рис. 1в) характеризується тим, що з підвищенням маси сиропу по відношенню до кількості плодів збільшуються втягувальні властивості осмотично дієвої речовини. Дослід проводили при співвідношеннях від 1:1 до 1:8. З графіка видно, що при співвідношенні 8:1 сила осмотичного волого видалення найкраща, але з економічної точки зору таке співвідношення недоцільне. Це пояснюється вартістю цукру і дане співвідношення значно підвищує собівартість продукції. Проведений експеримент показав доцільність використання співвідношення 4:1 для практичних цілей.

Осмотичне зневоднювання плодів з наступним тепловим сушінням дозволяє видалити значну частину вологи із сировини без фазових перетворень і одержати новий вид сушених продуктів, що значно перевершують своєю якістю плоди зневоднені тільки тепловим сушінням, але досягти вологовмісту, який загальноприйнятий в харчовій промисловості для сушених продуктів не представляється можливим.

На першому етапі відбувається видалення вологи яка знаходиться в міжклітинному просторі, після чого видалається механічно зв'язана. Розрив фізико-хімічного зв'язку настає на останньому етапі. Під впливом електричного поля, волога в продукті переміщується у бік напруженості електричного поля. У результаті електрообробки в продукті відбувається ряд процесів: електроосмос,

електроліз, обмінні реакції, утворення і нагромадження нових хімічних сполук тощо, це призводить до ущільнення структури матеріалу, що висушується.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Доцільно зазначити, що проведені дослідження характеризуючи основні показники осмотичного зневоднення показують взаємозв'язок температури, концентрації і співвідношення осмотично дієвої речовини. Але є сенс враховувати технологіко-економічні фактори осмотичного зневоднення, які стримують впровадження найбільш оптимальних параметрів осмотично дієвої речовини. Нами визначені найбільш раціональні параметри – при концентрації цукрового сиропу 60 % видалається більше 55 % маси, якщо температура сиропу 40 °C то зневоднення до вологості 25 % триває до трьох діб, а відношення плоди-сироп як 1:4 забезпечує вологість 32 % за 9 годин. Враховуючи доцільність з технологічної точки зору щодо сушарного виробництва, осмотичне зневоднення можливо рекомендувати як проміжний етап сушіння продукції, або для виготовлення нових видів продукції. Незважаючи на доцільність застосування осмотичного зневоднення він має ряд недоліків, основними серед яких є тривалість і відносна дороговизна процесу. Осмос можливо підсилити застосовуючи накладення на продукт електричного поля постійного струму – електроосмос. Фізична сутність електроосмосу полягає в переміщенні позитивно заряджених іонів до негативно зарядженого електрода з “захопленням” при цьому молекул води. Це доцільно з огляду на вартість і тривалість процесу. Тому дослідження електроосмотичного видалення вологи є перспективним способом видалення вологи.

Список литературы

1. Рубцов П.А., Осетров П.А., Бондаренко С.Б. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве. – М.: «Колос», 1971. – 527 с.
2. Тихомолова К.П. Электроосмос. – Л.: Химия, 1989. – 248 с.
3. Рекомендации по электроосушению и электрохимическому закреплению грунтов. Москва, 1971 – 32с.
4. Немировский А.Б. Оптимизация конвективно-электроосмотической сушки обмоток электродвигателей //Проблеммы энергосбережения 1993, № 1, с 74–78.
5. Гришин М.А. и др. Установки сушки пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат 1989 215 с..
6. Грачева Л. И., Вербицкий А. П., Северин А. А. Основы сушки с использованием природных источников энергии. – Симферополь: Таврида, 2002. – 325 с.

Bibliography (transliterated)

1. Rubtsov P.A., Osetrov P.A., Bondarenko S.B. Prymenenye elektricheskoy enerhiyy v sel'skom khozyaystve. – M.: «Kolos», 1971. – 527 p.
2. Tykholmova K. P. Elektroosmos. – L.: Khimiya, 1989. – 248 p.
3. Rekomendatsyy po elektroosushenyuu y elektrokhimicheskomu zakreplenyuu hruntov. Moskva, 1971, – 32 p.
4. Nemyrovskyy A.B. Optymyzatsyya konvektyvno- elektroosmotycheskoy sushky obmotok elektrodvyhateley //Problemmy enerhosberezhennyya 1993 No. 1, – p. 74–78.
5. Hryshyn M.A. y dr. Ustanovky sushky pyshchevykh produktov. Moskva: Ahropromyzdat 1989, – 215 p.
6. Hracheva L. Y., Verbytskyy A. P., Severyn A. A. Osnovi sushky s yspol'zovanyem pryrodnykh ystochnykov enerhiyy. – Symferopol': Tavryda, 2002. – 325 p.

Поступила (received) 07.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Дослідження енергозберігаючої обробки харчових продуктів / О.А. Северин, Т.О. Колісниченко, Г.В. Новік, К.А. Дятченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1191). – С. 72–75. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Исследования энергосберегающей обработки пищевых продуктов / А.А. Северин, Т.А. Колесниченко, А.В. Новик, К.А. Дятченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 72–75. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2220-4784.

Research energy-saving food processing / O. A. Severyn, T.A. Kolesnychenko, A.V. Novyk, K.A. Dyatchenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 72–75. Bibliog.:6 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Северин Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Severyn Oleksii Anatoliyevich – Phd, candidate of technical sciences, ass. Professor, Department of Food technologies, processes and apparatus Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Северин Алексей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380972709944; e-mail: severinpol@ukr.net

Колісниченко Тетяна Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент, зав. кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru.

Kolisnychenko Tetiana Oleksandrivna – Phd, candidate of technical sciences, ass. Professor, Department of Food technologies Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Колесниченко Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380679128297; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Новік Ганна Вікторівна – асистент кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Novik Hanna Viktorivna – ass. Department of Food technologies Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Новик Анна Викторовна – асистент кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380963076909; e-mail: novik@ukr.net.

Дятченко Карина Андріївна – студентка кафедри харчових технологій, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, тел.: +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net.

Dyatchenko Karina Andriivna – student, Department of Food technologies, processes and apparatus Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, tel. : +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net. +3806664522489; e-mail: ktatyna_74@mail.ru

Дятченко Карина Андреевна – студентка кафедры пищевых технологий, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, тел.: +380664512375; e-mail: karina_education@ukr.net.

УДК 535.373.1:678.047:547.584

В. Б. ДИСТАНОВ., Т. В. ФАЛАЛЕЕВА, Л. С. МИРОНЕНКО**ДНЕВНЫЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ПИГМЕНТЫ НА ОСНОВЕ МЕЛАМИНОТОЛУОЛСУЛЬФАМИДФОРМАЛЬДЕГИДНОГО ОЛИГОМЕРА ДЛЯ ЭМАЛЕВЫХ КРАСОК**

В статті розглянута можливість отримання денних флуоресцентних пігментів на основі меламінотолуолсульфамідформальдегідного олігомери з використанням деяких похідних 4-діалкіламінонафталімідів. З цією метою були використані похідні, які можуть створювати хімічні зв'язки з полімерною матрицею. Такий підхід дає можливість отримання нових хімічних структур з підвищеною світлостійкістю, яскравістю, чистотою кольору, а також збільшує міграційну стійкість при забарвленні деяких полімерів в масі (наприклад поліетилен, поліпропілен тощо). Визначені колориметричні характеристики емалевих барв з використанням отриманих пігментів.

Ключові слова: денні флуоресцентні пігменти, МТСФ-олігомер, 4-діалкіламінонафталімід, кольоровий тон, чистота кольору, колориметрія, флуоресценція

В статье рассмотрена возможность получения дневных флуоресцентных пигментов на основе меламинотолуолсульфамидформальдегидного олигомера с использованием некоторых производных 4-диалкиламинонафталимидов. С этой целью были использованы производные, которые могут образовывать химические связи с полимерной матрицей. Такой подход дает возможность получения новых химических структур с повышенной светостойкостью, яркостью, чистотой цвета, а также увеличивает миграционную стойкость при окрашивании некоторых полимеров в массе (например, полиэтилен, полипропилен и др.). Определены колориметрические характеристики эмалевых красок с использованием полученных пигментов.

Ключевые слова: дневные флуоресцентные пигменты, МТСФ-олигомер, 4-диалкиламинонафталимид, цветовой тон, чистота цвета, колориметрия, флуоресценция

The article considers the availability of daylight fluorescent pigments based on melaminetoluolsulfamideformaldehyde oligomer with the use of certain derivatives of 4-dialkylaminonaphthalimides. For this purpose we used derivatives which form chemical bonds with the polymer matrix. This approach provides the possibility of obtaining new chemical structures with increased light fastness, brightness, purity of color, and also increases migratory resistance of certain polymers in bulk during coloration (e.g., polyethylene, polypropylene, etc.). Colorimetric characteristics of enamel paints by means of obtained pigments were defined.

Keywords: daylight fluorescent pigments, MTSF-oligomer, 4-dialkylaminonaphthalimid, color tone, purity of color, colorimetry, fluorescence.

Вступ.

Органические люминофоры находят все большее применение в различных областях науки и техники. Расширение областей применения и объемов производства неразрывно связано с изучением основных закономерностей протекания и разработки химико-технологических процессов и химических производств на основе системного подхода [1, 2].

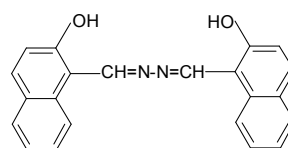
Одним из важных применений является их использование в производстве дневных флуоресцентных пигментов (ДФП) и получаемых из них эмалевых, художественных и полиграфических дневных флуоресцентных красок (ДФК). Эти пигменты и краски, благодаря большой яркости, используются в тех случаях, когда необходимо увеличить отчетливость и дальность видения. Они широко применяются в гражданской авиации для окраски самолетов и аэродромных знаков с целью облегчения полетов в сложных метеорологических условиях, ими окрашивают речные и железнодорожные указатели, используют в рекламном деле, театральной и декоративной живописи, полиграфии. Известно применение дневных флуоресцентных пигментов для изготовления люминесцентных карандашей, красок, чернил и т. д. В связи с расширением областей применения пластмасс возросла роль эстетических показателей этих материалов, в частности, цвета и яркости окрасок [3].

Анализ основных достижений в области получения ДФП.

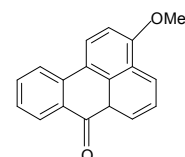
Необычайно высокая яркость ДФК обусловлена тем, что они, в отличие от обычных, отражающих красок преобразуют лучи, поглощенные из дневного

света, главным образом, в свет люминесценции, который суммируется с отраженными лучами видимого света.

В 1960–1961 годах была разработана рецептура первой отечественной оранжево-красной эмалевой ДФК с применением в качестве желтой люминесцирующей компоненты люмогена светло-желтого (2,2'-дигидрокси-1,1'-нафталъазин) (соед. 1), широко используемого для этих же целей и за рубежом. В то же время этот люминофор обладает существенными недостатками, к числу которых, в частности, относятся малая растворимость в органических средах и низкая светостойкость. Для устранения этих недостатков в качестве люминесцентной составляющей ДФП был предложен 3-метоксибензантрон (соед. 2).



Соед. 1 – 2,2'-дигидрокси-1,1'-нафталъазин

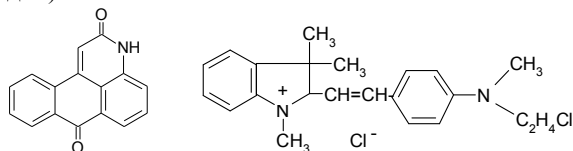


Соед. 2 – 3-метоксибензантрон

Несмотря на то, что с использованием 3-метоксибензантрона были получены ДФП и на их основе ДФК с более высокими колориметрическими характеристиками (цветовой тон, чистота цвета, яркость), устойчивость к действию света оставалась еще недостаточной.

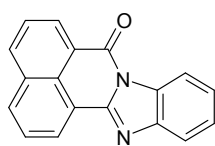
© В.Б. Дистанов, Т.В. Фалалеева, Л.С. Мироненко, 2016

Кроме того, невысокий квантовый выход 3-метоксибензантрона не позволил получить яркие пигменты. При дальнейшем исследовании возможности использования других, более эффективных, органических люминофоров в качестве лимонно-желтых составляющих, были использованы производные общих формул 1,9-антрапиридона (соед. 3), астразона (соед. 4) и производные 1,8-наф-тоилен-1',2'-бензимидазола (соед. 5)



Соед. 3 – 1,9-антрапиридон

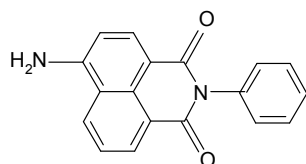
Соед. 4 – астразон



Соед. 5 – 1,8-нафтоилен-1',2'-бензимидазол

Применение этих люминофоров также не привело к существенному улучшению потребительских свойств ДФК. Это, по всей видимости, объясняется, в первую очередь тем, что рассмотренные люминофоров не имеют активных группировок, которые могли бы вступать в химическое взаимодействие с меламинолулсульфамидформальдегидным (МТСФ) олигомером. Получение таких композиций, в которых органический люминофор присутствует в качестве растворенного вещества, не дает возможности эффективно использовать его люминесцентные свойства.

Наиболее эффективной люминесцентной составляющей для получения желтых, зеленых и оранжево-красных ДФП оказался фенилимид 4-аминонафталевой кислоты (ФАНК) (соед. 6). С его использованием были получены дневные флуоресцентные пигменты на МТСФ-основе для эмалевых красок, окрашивания полиэтилена [4] и других применений, имеющих более высокие колориметрические характеристики.



Соед. 6 – фенилимид 4-аминонафталевой кислоты

При этом получают яркие желто-зеленые люминесцентные композиции, обладающие большой хрупкостью, позволяющие легко вести их размол до размеров частиц, необходимых при практическом использовании пигментов.

В то же время устойчивость к действию УФ-света таких пигментов, все таки, остается недостаточной. Как показали исследования Маленковской и Белоцветова [5], устойчивость желтых красителей, в частности производных арилимидов 4-аминонафталевой кислоты, имеют светостойкость 2-3 балла по 8-балльной шкале синих эталонов. А это, естественно, в какой-то мере ограничивает области применения желтых ДФП, особенно в тех случаях, когда требуются более жесткие условия эксплуатации изделий с их использованием.

Цель исследования. Целью данной работы является разработка новых пигментов на основе МТСФ-олигомера с улучшенными колориметрическими характеристиками.

Изложение материала исследований.

В соответствии с обозначенной целью, целесообразно было исследовать в качестве желтых люминесцентных составляющих ДФП, некоторые синтезированные нами N-аминоимиды 4-диалкиламинонафталевой кислоты, имея в виду возможность химического взаимодействия их с МТСФ-олигомером в процессе его образования. Химическое связывание люминофора с полимерной матрицей существенно сказывается при использовании пигментов для получения ДФК (при этом повышается устойчивость пигментов к действию органических растворителей), окрашивании полимерных материалов, в частности полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида, (в этом случае повышается миграционная устойчивость окрасок). На основании литературных данных в случае использования в качестве люминесцентной составляющей соединения с активной аминогруппой [6], было предложено следующее строение основного структурного звена МТСФ-олигомера (рис. 1).

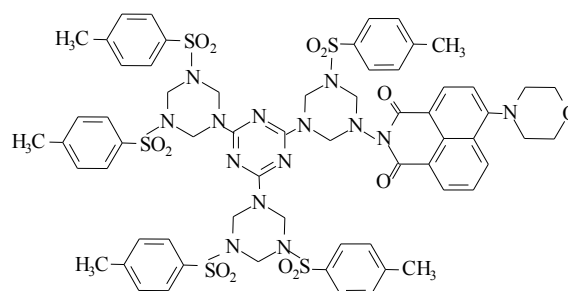
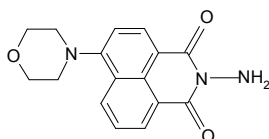


Рис. 1. Строение основного структурного звена МТСФ-олигомера при использовании люминофоров, содержащих аминогруппу

Так как макромолекулы МТСФ-олигомера имеют сложное строение, то во взаимодействие с аминогруппой люминофора могут вступать активные группы различных структурных фрагментов этой основы. Для выяснения вопроса, с каким из таких фрагментов осуществляется связь, были получены в идентичных условиях меламиноформальдегидный (МФ) и п-толуолсульфамидформальдегидный (ТСФ) полимеры, окрашенные ФАНК.

В то время как пигменты на основе МФ- и МТСФ-олигомеров характеризуются одинаково высокой миграционной стойкостью, из ТСФ-олигомера люминофоры интенсивно мигрируют. Это позволяет считать ответственным за взаимодействие люминофора с полимерной матрицей «меламиноформальдегидный» фрагмент МТСФ-олигомера. Причем наиболее вероятно, на наш взгляд, взаимодействие аминогруппы люминофора с метилольными группами меламина. Подтверждением данного вывода может служить то, что продукт взаимодействия спиртовых растворов специально полученных метилольных производных меламина с ацетоновым раствором 4-морфолино-N-аминонафталимида (соед. 7), имеет те же спектрально-люминесцентные характеристики, что и ДФП на основе МТСФ-олигомера, полученного с использованием этого люминофора.



Соед. 7 – 4-морфолино-N-аминонафталимид

При разработке новых ДФП с улучшенными характеристиками были использованы N-аминоимиды 4-диалкиламинонафталевых кислот. Это позволило получить, в отличие от дневных флуоресцентных пигментов на основе фенилимида 4-аминонафталевой кислоты, пигменты и эмали на их основе чисто желтого цвета, отсутствующие в отечественном ассортименте [7, 8]. В таблице 1 приведены колориметрические характеристики ДФК, полученных с использованием некоторых ДФП на основе N-аминоимидов 4-диалкиламинонафталевых кислот в сравнении с аналогичным ДФП на основе ФАНК.

Таблица 1. Колориметрические характеристики желтых ДФЭ, полученных с использованием ДФП на основе N-аминоимидов 4-диалкиламинонафталевых кислот

Люминофор	В, %	Р, %	λ , нм
	113	82	564
	120	94	573
	121	95	571
	120	93	575

Как видно из таблицы 1, использование N-аминоимидов 4-диалкиламинонафталевых кислот при получении пигментов приводит к значительному повышению яркости (до 120–121 %) и чистоты цвета (до 93–95 %) ДФЭ по сравнению с ДФЭ на основе ДФП с ФАНК. При этом происходит смещение цветового тона в длинноволновую область (571–575 нм). При получении дневных флуоресцентных эмалей (ДФЭ) использовались ДФП с оптимальным содержанием 4-диалкиламино-N-аминонафталимида в количестве 3 %, которое было определено на основании данных таблицы 2.

Как видно из таблицы 2, оптимальное содержание люминесцентной составляющей в пигменте составляет 2.5–3 %. При этих значениях концентрации колориметрические характеристики пигментов и красок с их использованием близки друг к другу. Уменьшение или увеличение концентрации люминофора приводит к изменению цветового тона и снижению яркости и чистоты цвета.

Таблица 2. Колориметрические характеристики ДФЭ, полученных с использованием ДФП на основе N-аминоимидов 4-диалкиламинонафталевых кислот в зависимости от его концентрации

Концентрация N-аминоимида	В, %	Р, %	λ , нм
1.0	107	91	568
2.0	108	92	569
2.5	120	94	570
3.0	121	95	571
3.5	120	95	571
4.0	112	93	572
5.0	108	90	572

Высокие значения колориметрических показателей дневных флуоресцентных пигментов, в первую очередь, определяются возможностью люминесцентной составляющей образовывать прочную химическую связь с полимерной матрицей. Кроме аминогруппы способностью к образованию таких связей имеют и гидроксильные группы. В случае использования гидроксилсодержащих соединений, строение основного структурного звена, по-видимому, будет иметь несколько другой вид (рис. 2).

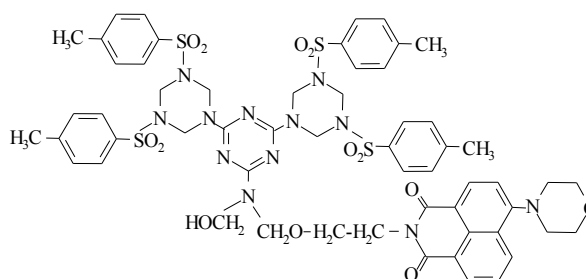
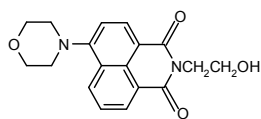


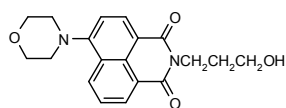
Рис. 2 – Строение основного структурного звена МТСФ-олигомера при использовании люминофоров, содержащих гидроксильную группу

Как было показано в предыдущих исследованиях, некоторые из гетерильных остатков (остатки морфолина, пиперидина, пиперазина и др.),

введенных в положение 4 нафталинового ядра производных нафталевой кислоты, приводят к значительному увеличению светостойкости таких производных и, естественно, материалов с их использованием. Как оказалось, введение морфолинового кольца в молекулу нафталевой кислоты и ее производных, по сравнению с аналогами, в которых присутствуют другие гетерильные заместители или диалкиламиногруппы, дает возможность получения соединений с более высоким квантовым выходом, повышенной устойчивостью к действию УФ-света, а также люминесцирующих в более коротковолновой области спектра ($\approx 10\text{--}15\text{ нм}$). Исходя из этого мы исследовали возможность использования в качестве люминесцентной составляющей ДФП гидроксиалкилнафталимидов, в частности, β -гидроксиэтилимид и γ -гидроксипропилимид 4-морфолинонафталевой кислоты (соед. 8,9).



Соед. 8 – β -гидроксиэтилимид 4-морфолинонафталевой кислоты



Соед. 9 – γ -гидроксипропилимид 4-морфолинонафталевой кислоты

Как показали наши исследования, изменение концентрации этих люминофоров, при введении в полимерную матрицу, оказывает такое же влияние на изменение люминесцентных и колориметрических характеристик полученных ДФП как и при введении каких-либо других производных нафталевой кислоты, независимо от природы заместителя в нафталиновом фрагменте. Оптимальная концентрация, при которой получены наиболее высокие значения колориметрических характеристик, составляет 2.5 – 3.0 % от суммарной массы всех других компонентов. В таблице 3 приведены колориметрические характеристики ДФЭ, полученные с использованием в качестве люминесцентной составляющей гидроксиалкилимидов 4-морфолинонафталевой кислоты.

Таблица 3. Колориметрические характеристики лимонно-желтых ДФЭ, полученных с использованием ДФП на основе гидроксиалкилимидов 4-диалкиламинонафталевых кислот

Люминофор	В, %	Р, %	λ , нм
	113	82	564
	121	94	569
	124	97	567
	123	96	567

Как видно из таблицы 3, использование синтезированных люминофоров приводит к получению ДФП, придающим эмалевым краскам, более высокие колориметрические характеристики, чем ФАНК. При этом наши предположения о том, что при использовании гидроксинафталимидов 4-морфолинонафталевой кислоты мы можем получить окраски с цветовым тоном, близким к окраскам пигментов на основе ФАНК, полностью подтвердились.

Общая методика получения ДФП.

В проверенную на герметичность колбу Вюрца вместимостью 1 л, загружают 176 г п-толуолсульфамида, 34 г меламина, 1 г натрия фосфорнокислого двузамещенного, 4 г производного 4-морфолинонафталимидов и 160 мл формалина. Смесь нагревают на бане, заполненной минеральным или силиконовым маслом, установленной на электроплитке. Температуру постепенно повышают до 140 °С, выдерживают при этой температуре 4 часа. По мере нагревания смеси начинает отгоняться поликонденсационная вода через отводную трубку колбы Вюрца. После прекращения отгона воды подключают вакуумный насос и продолжают нагрев еще в течение 1 часа при остаточном давлении не более 0,013 МПа (100 мм рт. ст.). После этого, не отключая вакуума смесь охлаждают до комнатной температуры. Полученный в виде твердой пористой массы пигмент выгружают из колбы с помощью металлического изогнутого шпателя. Полученный дневной флуоресцентный пигмент загружают в шаровую мельницу с диабазовыми шарами и размалывают в течение 4 часов. Затем пигмент выгружают и просеивают через сито с сеткой № 01К. Выход продукта составляет 215 г.

Выводы.

Как видно из вышеизложенного, использование amino- и гидроксиалкилимидов 4-морфолинонафталевой кислоты является перспективным направлением при получении ДФП на МТСФ-основе с высокими колориметрическими свойствами и устойчивостью к воздействию УФ-облучения. Кроме того технология получения таких пигментов является доступной для промышленного осуществления.

Список литературы:

- Товажнянкій Л.Л., Кошелева М.К., Бухало С.И. Общая химическая технология в примерах задач, лабораторных работах и тестах: Учеб. пособие – М.: ИНФРА-М, 2015. – 447 с.
- Товажнянкій Л.Л., Новиков В.Г., Бухало С.И., В.Е. Веды, В.М. Фрумін. Расчеты по технологии органических альдегидов и кислот: Учеб. пособие – Х.: НТУ «ХПИ», 2006. – 88 с.
- Красовицький Б. М., Болотин Б. М. Органические люминофоры // М.: Химия. 1984. – 336 с.
- Переяслова Д. Г., Сальвицкая Л. Н. Применение фенилимидов 4-аминонафталевой кислоты в дневных флуоресцентных пигментах для полиэтилена // Ж. Прикл. Химии. 1980. – Т. 53. – № 2. С. 471-473.
- Маленковская М. А., Белоусов А. В. Исследование в области N-арилзамещенных производных 4-аминонафталимидов. II. N-арил-4-аминонафталимиды как красители. // В сб. «Физико-химические свойства органических веществ и их связь со строением и микроструктурой». – М. 1973. – С. 139-142.
- А. с. СССР 1174448 Способ получения дневных флуоресцентных пигментов // Переяслова Д. Г., Тацій Г. В., Шевченко Э. А., Дистанов В. Б., Сердечная Т. А., Опубл. 23.08.85., Бюл. № 31. – С. 4.

7. А.с. СССР 1484826 Композиция для получения флуоресцентного пигмента // Дистанов В. Б., Сальвицкая Л. Н., Чумак Т. В., Шевченко Э. А., Сердечная Т. А., Опубл. 07.08.89., Бюл. № 21. С. 3.
8. Distanov V. B., Berdanova V. F., Gurkalenko Yu. A., Prezhdo V. V. An alternative approach to the production of fluorescent colored fibres // Dyes and Pigments. 2001. – Vol. 48. – pp. 159-163.

Bibliography (transliterated)

1. Tovazhnjankij L.L., Kosheleva M. K. Buhkalo S.I. Obshhaja himicheskaja tehnologija v primerah zadachah, laboratornyh rabotah i testah: Ucheb. posobie – M.: INFRA-M, 2015. – 447 p.
2. Tovazhnjankij L.L., Novikov V.G. Buhkalo S.I., V.E. Ved', V.M. Frumin. Raschety po tehnologii organicheskikh al'degidov i kislot: Ucheb. posobie – N.: NTU «ХПИ», 2006. – 88 p.
3. Krasovitskij B. M., Bolotin B. M. Organicheskie luminofory [Organic luminophores] // Moscow: Chimija. – 1984. – 336 p.
4. Perejaslova D. G., Sal'vitskaya L. N. Primenenie phenilimida 4-aminonaftelejvoj kisloty v dnevnyh fluorestsentnich pigmentah dlja polietilena [Application of 4-aminonaphthalic acid phenylimide as daylight fluorescent pigments in polyethylene] // Applied chemistry journal. – 1980. – Vol. 53. – No. 2, pp. 471-473.

5. Malenkovskaja M. A., Belousov A. V. Issledovanie v oblasti N-arilzameshennyh proizvodnyh 4-aminonafthalimida. II. N-aril-4-aminonafthalimidy kak krasiteli. [Investigation in the field of N-arylsubstituted derivatives of 4-aminonaphthalimid. II. N-aryl-4-aminonaphthalimides as colouring matter] // In collected papers "Physicochemical properties of organic substances and their relation to the structure and microstructure". – Moscow 1973. – pp. 139-142.
6. Inventor's certificate USSR 1174448 Sposob poluchenija dnevnyh fluorestsentnyh pigmentov [Method of producing daylight fluorescent pigments] // Perejaslova D. G., Tacij G. V., Shevchenko Je. A., Distanov V. B., Serdechnaja T. A., published 23.08.85., Bulletin no. 31. – P. 4.
7. Inventor's certificate USSR 1484826 Kompozicija dlja poluchenija fluorestsentnogo pigmenta [Composition for producing fluorescent pigment] // Distanov V. B., Sal'vickaja L. N., Chumak T. V., Shevchenko Je. A., Serdechnaja T. A., published 07.08.89., Bulletin no. 21. P. 3.
8. Distanov V. B., Berdanova V. F., Gurkalenko Yu. A., Prezhdo V. V. An alternative approach to the production of fluorescent colored fibres // Dyes and Pigments – 2001. – Vol. 48. – pp. 159-163.

Поступила (received) 14.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Денні флуоресцентні пігменти на основі меламінотолуолсульфамідформальдегідного олігомера для емалевих красок / В. Б. Дістанов, Т. В. Фалалєєва, Л. С. Мироненко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 76–80. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2220-4784.

Дневные флуоресцентные пигменты на основе меламинотолуолсульфамидформальдегидного олигомера для эмалевых красок / В. Б. Дистанов, Т. В. Фалалеева, Л. С. Мироненко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 76–80. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2220-4784.

Daylight fluorescent pigments on basis of melamine-toluolsulfamidformaldehyde oligomer for enamel paints / V. B. Distanov., T. V. Falaleeva, L. S. Myronenko // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – pp. 76–80. Bibliog.: 8 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Дістанов Віталій Баламірович – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри органічного синтезу і нанотехнологій; тел.: (068) 607-72-31; e-mail: distanov@ukr.net.

Дистанов Виталий Баламирович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры органического синтеза и нанотехнологий; 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.

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

Фалалеева Татьяна Васильевна – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», старший преподаватель кафедры органического синтеза и нанотехнологий; 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.

Мироненко Лилия Сергеевна – ассистент кафедры органического синтеза и нанотехнологий, НТУ «ХПІ», e-mail: Fox-phenek@ukr.net

Мироненко Лилия Сергеевна – ассистент кафедры органического синтеза и нанотехнологий НТУ «ХПІ», e-mail: Fox-phenek@ukr.net

Myronenko Liliya Sergeevna – assistant lecturer of the Department of Organic synthesis and nanotechnology, National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute»; e-mail: Fox-phenek@ukr.net

УДК 664:665.1/7:539:542/543

І.В. ЛЕВЧУК, І.М. ДЕМИДОВ, В.К. ТИМЧЕНКО**ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗПЕЧНОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ У СХЕМИ ТЕХНОХІМКОНТРОЛЮ СИРОВИНИ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ОЛІЄЖИРОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

У статті показано необхідність впровадження на підприємствах олійножирової галузі міжнародної системи забезпечення безпеки харчових продуктів (НАССР: Hazard Analysis and Critical Control Point – Аналіз показників та критичні точки контролю) як складової технохімконтролю сировини та готової продукції. На основі системного аналізу науково-технічної і нормативної літератури та результатів моніторингу вмісту природних та антропогенних екотоксикантів розроблено науково обґрунтовані інструментальні способи визначення пестицидів, поліхлорованих біфенілів, поліароматичних вуглеводнів та фталатів для одержання оперативної інформації в критичних точках контролю.

Ключові слова: олійна сировина, олієжирові продукти, безпека харчових продуктів, природні антропогенні екотоксиканти, технохімічний контроль.

В статье показана необходимость внедрения на предприятиях масложировой отрасли международной системы обеспечения безопасности пищевых продуктов (НАССР: Hazard Analysis and Critical Control Point - Анализ и критические точки контроля) как составной технохимконтроля сырья и готовой продукции. На основе системного анализа научно-технической и нормативной литературы и результатов мониторинга содержания природных и антропогенных экотоксикантов разработаны научно обоснованные инструментальные способы определения пестицидов, полихлорированных бифенилов, полиароматических углеводородов и фталатов для получения оперативной информации в критических точках контроля.

Ключевые слова: масличное сырье, масложировые продукты, безопасность пищевых продуктов, природные антропогенные экотоксиканты, технохимический контроль.

The article shows the need to introduce in the enterprises of oil and fat industry of international food safety systems (НАССР: Hazard Analysis and Critical Control Point - analysis and critical control points) as part of technochemical control of raw materials and finished products. On the basis of a systematic analysis of the scientific, technical and regulatory literature and the results of monitoring the content of natural and anthropogenic toxicants developed science-based instrumental methods for determining pesticides, polychlorinated biphenyls, polyaromatic hydrocarbons, and phthalates to obtain operational information at critical control points.

Keywords: oil-bearing raw materials, oil products, food safety, natural anthropogenic ecotoxicants, technical-chemical control.

Вступ.

Виробництво високоякісної олієжирової продукції є можливим на основі суворого дотримання технічних і технологічних регламентів, рецептур, санітарно-гігієнічних норм і правил та здійснення багатопараметричного моніторингу показників якості та безпечності сировини і готової продукції.

НАССР є засобом контролю виробничого процесу на основі поєднання наукового підходу, методів, що використовуються для контролю безпеки харчових продуктів та оцінки систем виробництва.

Безпека харчових продуктів повинна бути складовою частиною загального стратегічного плану та містити чітко сформульовані цілі для кожного рівня працівників. Слід удосконалити схеми технохімконтролю показників безпеки з урахуванням контрольних критичних точок використовуючи сучасні методи та методики їх визначення.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Запровадження комп'ютерних технологій, використання сучасної високоефективної вимірювальної техніки і засобів вимірювання та фізико-хімічного контролю якості продукції є запорукою виробництва олієжирових продуктів харчування гарантованої якості та безпечності, гармонізованих з міжнародними стандартами. Запровадження директив Європейського союзу, гармонізація національних стандартів з європейськими та міжнародними спонукає все більше уваги приділяти контролю, зокрема, олієжирових продуктів, за показниками якості та безпечності з застосуванням сучасних

аналітичних методів контролю, що значно розширило можливості вірогідного підтвердження якості, безпечності та виявлення фальсифікації олій, жирів та продуктів на їх основі.

Підприємства, які мають експлуатаційний дозвіл на виробництво олії соняшникової для експорту, повинні виконувати Регламент 852/2004 Європейського парламенту від 29.04.04 «О гигиене пищевых продуктов» відносно обов'язкового впровадження на підприємствах системи аналізу ризиків і критичних контрольних точок (НАССР) [1, 2, 3].

Схеми технохімічного контролю вітчизняного олієжирового виробництва включають: контроль сировини і матеріалів, контроль технологічного процесу та контроль готової продукції. Вперше вони були створені у 60-х роках минулого століття, переглянуті у період 1970-1971, а у теперішній час є прерогативою технологічних регламентів тільки для конкретного підприємства.

Статтею 20 Закону України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» [2] теж передбачено, що «суб'єкти підприємницької діяльності – фізичні та юридичні особи всіх форм власності, які займаються розробкою, виробництвом, транспортуванням, зберіганням, ввезенням, а також реалізацією, використанням, утилізацією або знищенням харчових продуктів і продовольчої сировини, зобов'язані здійснювати заходи щодо поетапного впровадження на підприємствах харчової промисловості міжнародної системи забезпечення безпеки харчових продуктів НАССР».

© І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко, 2016

У першу чергу це стосується тих підприємств, які постачають або збираються поставляти власну продукцію на експорт. Тому удосконалення схем технохімічного контролю є актуальним завданням для забезпечення контролю на всіх етапах харчового ланцюга, в будь-якій точці процесу виробництва.

Система НАССР забезпечує контроль в будь-якій точці процесу виробництва, зберігання та реалізації продукції, де можуть виникнути небезпечні ситуації.

При цьому особлива увага повинна бути звернена на критичні точки контролю, в яких всі види ризику, пов'язані з вживанням харчових продуктів, можуть бути передбачені, усунені і знижені до прийняття рівня в результаті цілеспрямованих заходів контролю (технічного та технохімічного).

На сьогодні більшість методів визначення показників якості та безпеки сировини, напівфабрикатів і готової продукції передбачають проведення тільки вибіркового періодичного аналізу. Ці способи не завжди забезпечують необхідну точність вимірювання, є трудомісткими, потребують великих витрат часу на проведення аналізів і тому у більшості випадків є непридатними для безперервного контролю особливо в ході технологічних процесів олієжирових виробництв.

Метою даного дослідження є наукове обґрунтування та впровадження сучасних методів інструментального аналізу для виконання вимог Європейських та міжнародних стандартів для здійснення технохімічного контролю на олієжирових підприємствах.

Задачі дослідження:

- виконати системний аналіз науково-технічної літератури, законодавчої та нормативної бази міжнародної системи забезпечення безпеки харчових продуктів;
- провести моніторинг вмісту природних та антропогенних екотоксикантів насінні соняшнику та продуктах його переробки;
- розробити науково-обґрунтовані інструментальні способи визначення природних та антропогенних екотоксикантів.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Науково обґрунтовано і сформульовано концепцію щодо застосування системного комплексного підходу щодо створення сучасних схем технохімічного контролю олієжирових виробництв на основі інструментальних методів аналізу – від удосконалення пробопідготовки, приборного забезпечення, методів скринінгу та моніторингу, виконання експериментальних досліджень до створення нових або удосконалення методів визначення природних екотоксикантів, харчових добавок та сторонніх домішок сировини та готової продукції олієжирових виробництв, розробки нормативних матеріалів і розробки практичних рекомендацій щодо промислового впровадження.

Науково обґрунтовано та експериментально підтверджено способи очищення екстрактів матриць при хроматографічному визначенні пестицидів різних класів. Експериментально встановлено, що дієвими методами визначення пестицидів є: метод високотемпературної рідинної хроматографії (ВЕРХ) з УФ-детектором – при визначенні імідаклоприду; метод газорідинної хроматографії (ГРХ) – при визначенні металаксилу; методи газорідинної хроматографії з електронно-захоплюючим детектором (ГРХ/ЕЗД) та газорідинної хроматографії з мас-селективним детектором (ГРХ-МС) – під час аналізування поліхлорованих біфенілів. Визначено технологічні умови пробопідготовки та хроматографічного розділення зазначених пестицидів. Шляхом моніторингу залишкових кількостей пестицидів в насінні соняшнику та продуктах його переробки виявлено, що найбільша кількість тіаклоприду та імідаклоприду накопичується у шроті, а металаксил, в основному у олії екстракційній [4, 5, 6, 7].

Комплексними експериментальними дослідженнями з використанням методів ВЕРХ та on-line донорно-акцепторної комплексної хроматографії з флюоресцентним детектуванням гармонізовано з міжнародними вимогами спосіб визначення поліароматичних вуглеводнів (ПАВ). Шляхом апроксимаційного моделювання визначено, що кількісний вміст бенз(а)пірену на рівні ≤ 2 мг/кг гарантує додержання стандарту ЄС щодо суми 4-х ПАВ (≤ 10 мг/кг), тобто бенз(а)пірен є технологічним маркером (тестовою речовиною) по відношенню до суми ПАВ (антрацен, хризен, флуорантен та бенз(а)пірен). За даними моніторингу виробничих даних визначено, що вміст бенз(а)пірену збільшується під час сушіння соняшникового насіння та його зберіганні у сховищах з асфальтовим покриттям, а зменшується дією активного вентилявання; встановлено рівень забрудненості насіння соняшнику та нерафінованої олії (0,9-15,0 мг/кг) та рафінованої дезодорованої олії (0,1-8,0 мг/кг) [8, 9, 10].

Теоретично та експериментально обґрунтовано спосіб визначення харчових добавок (консервантів – бензойної та сорбінової кислот) з використанням методів ВЕРХ. Виявлено, що під час аналізування низькожирних маргаринів, майонезі та салатних соусів, що містять модифіковані крохмалі, більш ефективним є застосування методу зонального капілярного електрофорезу (ЗКЕ) [11].

Експериментально підтверджено принципову можливість і високий рівень відкриваності (% ідентичності) використання методу газорідинної хроматомас-спектроскопії для визначення фталатів, що мігрують з ПЕТ-упаковки у рослинні олії та жировмісні, фасовані у полімерну тару, продукти. Розроблено пріоритетний спосіб очищення досліджуваної проби адсорбентом флорисилом та підібрано ефективний елюент – метиленхлорид.

Виявлено, що кількісний вміст фталатів у фасованій соняшниковій олії знаходиться в межах 0,3–12,5 мг/кг [12, 13].

Теоретично та експериментально обґрунтовано необхідність застосування комплексного підходу до ідентифікації олій та жирів, зокрема, з метою виявлення сторонніх жиривих і нежиривих домішок у соняшниковій олії, тобто для цілей фальсифікації. Виявлено, що удосконалення та гармонізація з міжнародними вимогами способу визначення мінеральних олів у соняшниковій олії є можливим на поєднанні методів ВЕРХ та ГРХ-МС за умови удосконалення пробопідготовки (зменшення величини наважки та терміну елюювання), використання реактивів з високим ступенем чистоти та попередньою ідентифікацією природних вуглеводнів.

Експериментально встановлено та підтверджено раундом міжлабораторного тестування зразків соняшникової олії з домішкою курячого жиру, що для виявлення факту фальсифікації основним є спосіб визначення складу стеролової фракції, який дозволяє виявити навіть 0,5 % домішки тваринного походження, а додатковим – спосіб визначення індивідуального ацилгліцеролового складу [14].

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

На підставі узагальнення теоретичних, експериментальних та методологічних досліджень сформульовано практичні рекомендації які доцільно використати під час розробки сучасних схем техноіміконтролю сировини і готової продукції олієжирових підприємств, зокрема, під час запровадження «Системи управління безпекою харчових продуктів» (НАССР), а також в процесі розробки національних стандартів за відповідним напрямком та підвищення рівню їх гармонізації з міжнародними вимогами.

Список літератури:

1. Директива ради ЄС 93/43/ЕЕС Про гігієну харчових продуктів [Текст]. – Затв. від 14.07.1993 р.
2. Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини [Електроний ресурс]: Закон від 23.12.1997 № 771/97-ВР // Відомості Верховної Ради України (ВВР). 1998. – № 19. – ст. 98. – Режим доступу: [www/URL:http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr/ed19971223](http://www.URL:http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr/ed19971223).
3. Левчук І.В. Аналіз факторів небезпеки продукції в технології олієжирових виробництв / І.В. Левчук, М.І. Осеїко, В.К. Тимченко // Технологічний аудит і резерви виробництва – Харків: Технологічний центр, Т. 5, № 2 (19), 2014. – С. 21–25.
4. Левчук І.В. Визначення імідоклопряду в оліях, олієжировисних продуктах та сировині / І.В. Левчук, В.А. Кіщенко, В. Семенович, І. Різник // Стандартизація, сертифікація, якість. – Харків: ДП «УкрНДНЦ». 2012. – № 2 (75). – С. 52–54.
5. Левчук І.В. Визначення залишкового вмісту металаксилу в олійній сировині / І.В. Левчук, В.А. Кіщенко, М.І. Осеїко, О.А. Литвиненко // Стандартизація, сертифікація, якість. – Харків: ДП «УкрНДНЦ», 2013. – № 2 (81). – С. 53–57.
6. Левчук І.В. Технологічні аспекти визначення розподілу пестицидів в оліях, макусі та шроті сировині / І.В. Левчук, В.А. Кіщенко, М.І. Осеїко, О.А. Литвиненко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр. 2013. – № 6/11 (66). – С. 41–45.
7. Левчук І.В. Спосіб очищення екстрактів матриць при хроматографічному визначенні пестицидів / М.І. Осеїко,

8. І.В. Левчук, В.А. Кіщенко // PU 87237. Опубл. 27.01.2014 р., Біол. № 2. Патент на корисну модель.
9. Левчук І.В. Аспекти моніторингу олій та насіння соняшнику / І. Левчук, В. Кіщенко, М. Осеїко // Збірник наукових праць Харківського державного університету харчування та торгівлі. – Харків: ХДУХТ. 2011. – Вип. 2 (14). – С. 315–321.
10. Левчук І.В. Determination of benzo[a] pyrene in sunflower seeds, edible oils and derived products manufactured in Ukraine by liquid chromatography using fluorescence detector and gas chromatography using mass selective detector/ І. Левчук, В. Кіщенко, О. Голубець // Журнал Хроматографічного товариства. – К. 2011. – Т. XI. – № 1–2. – С. 5–11.
11. Левчук І.В. The Benz(a)pyrene monitoring in sunflower seeds as the way to cancerogenic safety of food oil and fat containing / І. Левчук, В. Кіщенко, М. Осеїко // Журнал Хроматографічного товариства. – К. 2012. – Т. XII. – № 1–4. – С. 13–20.
12. Левчук І.В. Наукові аспекти методу визначення консервантів у олієжировисних продуктах / І.В. Левчук, В.А. Кіщенко, В.К. Тимченко, К.В. Куниця, Т.В. Арутюнян // Збірник наукових праць Харківського державного університету харчування та торгівлі. – Харків: ХДУХТ. 2016. – Вип. 1 (23). – С. 249–263.
13. Левчук І.В. Безпечність застосування поліетилентерефталатової (ПЕТ) упаковки у виробництві рослинних олій / І.В. Левчук, В.А. Кіщенко, М.І. Осеїко, В.К. Тимченко, К.В. Куниця // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: Технологічний центр. 2014. – № 11 (66). – С. 27–31.
14. Левчук І.В. Спосіб хроматографічного визначення фталатів / І.В. Левчук, М.І. Осеїко, В.А. Кіщенко // UA 101355. Опубл. 10.09.2015 р., Біол. № 17. Патент на корисну модель.
15. Левчук І.В. Методологія виявлення домішки курячого жиру у соняшниковій олії / В.А. Кіщенко, І.В. Левчук, О.В. Голубець, В.К. Тимченко, К.В. Куниця // Технологічний аудит і резерви виробництва. – Харків: Технологічний центр. 2015. – № 6/4 (26). – С. 4–8.

Bibliography (transliterated):

1. Dyrektyva rady YeS 93/43/EES Pro hihiyenu kharchovykh produktiv [Tekst]. – Zatv. vid 14.07.1993.
2. Pro yakist' ta bezpeku kharchovykh produktiv i prodovol'choy syrovyny [Elektronnuy resurs]: Zakon vid 23.12.1997 № 771/97-VR // Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny (VVR). 1998. – No. 19. – st. 98. – Rezhym dostupu: [www/URL:http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr/ed19971223](http://www.URL:http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/771/97-vr/ed19971223).
3. Levchuk I.V. Analiz faktoriv nebezpeky produktsiyi v tekhnolohiyi oliyehyrovnykh vyrobnystv / I.V. Levchuk, M.I. Oseyko, V.K. Tymchenko // Tekhnolohichnyy audit i rezervy vyrobnytstva – Kharkiv: Tekhnolohichnyy tsentr, T. 5, No. 2 (19) 2014. – P.21-25.
4. Levchuk I.V. Vyznachennya imidoklopyrydu v oliyakh, oliyehyrovnykh produktakh ta syrovyni / I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko, V. Semenovykh, I. Riznyk // Standartyzatsiya, sertyfikatsiya, yakist'. – Kharkiv: DP «UkrNDNTs». 2012. – No. 2 (75). – P. 52–54.
5. Levchuk I.V. Vyznachennya zalyshkovoho vmistu metalakсылу v oliyniy syrovyni / I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko, M.I. Oseyko, O.A. Lytvynenko // Standartyzatsiya, sertyfikatsiya, yakist'. – Kharkiv: DP «UkrNDNTs», 2013. – No. 2 (81). – P. 53–57.
6. Levchuk I.V. Tekhnolohichni aspekty vyznachennya rozpodilu pestytsydiv v oliyakh, makusi ta shroti syrovyni / I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko, M.I. Oseyko, O.A. Lytvynenko // Skhidno-Yevropeys'kyy zhurnal передовykh tekhnolohiy. – Kharkiv: Tekhnolohichnyy tsentr. – 2013. – # 6/11 (66). – P. 41–45.
7. Levchuk I.V. Sposib ochyshchennya ekstraktiv matryts' pry khromatohrafichnomu vyznachenni pestytsydiv / M.I. Oseyko, I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko // PU 87237. Opubl. 27.01.2014., Byul. No. 2. Patent na korynsnu model'.
8. Levchuk I.V. Aspekty monitorynhu oliyi ta nasynnya sonyashnyku / I. Levchuk, V. Kishchenko, M. Oseyko // Zbirnyk naukovykh prats' Kharkiv's'koho derzhavnoho universytetu kharchuvannya ta torhivli. – Kharkiv: KhDUKht. 2011. – Vyp. 2 (14). – P. 315–321.
9. Levchuk I.V. Determination of benzo[a] pyrene in sunflower seeds, edible oils and derived products manufactured in Ukraine by liquid chromatography using fluorescence detector and gas chromatography using mass selective detector/ I. Levchuk, V. Kishchenko, O. Holubets' // Zhurnal Khromatohrafichnoho tovarystva. – K. 2011. – T. KhI. – No. 1–2. – P. 5–11.

10. Levchuk I.V. The Benz(a)pyrene monitoring in sunflower seeds as the way to cancerogenic safety of food oil and fat containing / I. Levchuk, V. Kishchenko, M. Oseyko // *Zhurnal Khromatografichnoho tovarystva*. – K. 2012. – Т. KhII. – No. 1–4. – P. 13–20.
11. Levchuk I.V. Naukovi aspekty metodu vyznachennya konservantiv u oliyezhyrovnisnykh produktakh / I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko, V.K. Tymchenko, K.V. Kunytsya, T.V. Arutyunyan // *Zbirnyk naukovykh prats' Kharkivs'koho derzhavnogo universytetu kharchuvannya ta torhivli*. – Kharkiv: KhDUKhT. 2016. – Вуп. 1 (23). – P. 249–263.
12. Levchuk I.V. Bezpechnist' zastosuvannya polietyleneterifalatovoyi (PET) upakovky u vyrobnytstvi roslynnykh oliy / I.V. Levchuk, V.A. Kishchenko, M.I. Oseyko, V.K. Tymchenko, K.V. Kunytsya // *Skhidno-Yevropeys'kyi zhurnal peredovykh* tekhnolohiy. – Kharkiv: Tekhnolohichnyy tsestr. 2014. – No. 11 (66). – P. 27–31.
13. Levchuk I.V. Sposib khromatografichnoho vyznachennya ftalativ / I.V. Levchuk, M.I. Oseyko, V.A. Kishchenko // UA 101355. Opubl. 10.09.2015, Byul. No. 17. Patent na korysnu model'.
14. Levchuk I.V. *Metodolohiya vyyavlennya domishky kuryachoho zhyru u sonyashnykoviy oliyi* / V.A. Kishchenko, I.V. Levchuk, O.V. Holubets', V.K. Tymchenko, K.V. Kunytsya // *Tekhnolohichnyy audyt i rezervy vyrobnytstva*. – Kharkiv: Tekhnolohichnyy tsestr. 2015. – No. 6/4 (26). – P. 4–8.

Поступила (received) 11.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Технологічні аспекти запровадження системи безпечності харчових продуктів у схеми техноіміконтролю сировини і готової продукції олієжирових виробництв / І.В. Левчук, І.М. Демидов, В.К. Тимченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 81–84. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Технологические аспекты внедрения системы безопасности пищевых продуктов в схемы техноіміконтролю сырья и готовой продукции масложировых производств / И.В. Левчук, И.М. Демидов, В.К. Тимченко // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 81–84. – Библиогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Technological aspects of the implementation of food safety systems in the scheme tehnohimkontrolyu raw materials and finished products oil and fat production / I.V. Levchuk, I.M. Demidov // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 81–84. Bibliog.:14 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левчук Ірина Володимирівна – ДП «Укрметртестстандарт», старший науковий співробітник, начальник науково-методичної лабораторії хроматографічних досліджень, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Levchuk Irina Vladimirovna – head of the scientific-methodical laboratories chromatographic studies SE «Ukrmetrteststandard» tel: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Левчук Ірина Владимировна – ГП «Укрметртестстандарт», старший научный сотрудник, начальник научно-методической лаборатории хроматографических исследований, тел.: (044) 526-10-30, (044) 522-66-57, e-mail: iryna.levchuk.v@gmail.com

Демидов Ігор Миколайович – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Demidov Igor Mykolayovych – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Демидов Игорь Николаевич – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: demigon@rambler.ru

Тимченко Валентина Кузьмівна – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри технології жирів та продуктів бродіння, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Timchenko Valentina Kuzminichna – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», professor technology of fats and products of fermentation department, tel.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

Тимченко Валентина Кузьминична – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры технологии жиров и продуктов брожения, тел.: (057) 707-63-29, e-mail: atanusha@i.ua

УДК 665.36

Ю. Е. ОМЕЛЬЧЕНКО, И. Н. ДЕМИДОВ**ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВОСКОПОДОБНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ВЫМОРАЖИВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕАКЦИИ АЛКОГОЛИЗА**

В статье представлены результаты исследования извлечения воскоподобных веществ из отработанного фильтрующего порошка (зажиренный перлит) с использованием реакции алкоголиза. Установлены рациональные условия процесса алкоголиза с использованием в качестве катализаторов алкилсульфокислоты и концентрированную серную кислоту. Показано, что использование данных катализаторов позволяет получить этиловые эфиры жирных кислот и максимально извлечь воскоподобные вещества без предварительной экстракции липидной части из отработанного фильтрующего порошка.

Ключевые слова: отработанный фильтрующий порошок, воскоподобные вещества, алкоголиз, алкилсульфокислота, концентрированная серная кислота.

У статті представлені результати дослідження вилучення воскоподібних речовин з відпрацьованого фільтруючого порошку (зажиренний перліт) з використанням реакції алкоголізу. Встановлено оптимальні умови процесу алкоголізу з використанням якості катализаторів алкілсульфокислоти та концентрованої сірчану кислоту. Показано, що використання даних катализаторів дозволяє отримати етилові ефіри жирних кислот і максимально витягти воскоподібні речовини без попередньої екстракції ліпідної частини з відпрацьованого фільтрувального порошку.

Ключові слова: відпрацьований фільтрувальний порошок, воскоподібні речовини, алкоголиз, алкілсульфокислота, концентрована сірчана кислота.

The article presents the results of the extraction study waxen substances from the waste filter powder using alcoholysis reaction. Alcoholysis conditions set rational process using, as catalysts, alkylsulfonic and concentrated sulfuric acid in an amount of 4% and 3% respectively. The possibility of carrying out an alcoholysis reaction directly on the waste filter powder without prior extraction of the lipid portion. This simplifies the hardware design and eliminates the use of multiple solvents. The initial conditions for the alcoholysis were waste filter powder : absolute ethanol as 1:15. Yield of ethyl ester of fatty acids - biodiesel component was about 70%. Extracting identified possibility wax-like substances from the reaction mixture after the alcoholysis reaction, which was greater than 80% of the total amount of waxen substances in the lipid portion of the : waste filter powder.

Keywords: waste filter powder, waxen substances, alcoholysis, alkylsulfonic acid, concentrated sulfuric acid.

Введение. В последние годы уделяется большое внимание снижению отходов производства и поиску рациональных путей их переработки. Данная проблема касается и масложировой отрасли. С одной стороны ее решение позволит увеличить рентабельность производства за счет более эффективного использования сырья, а с другой – снизит отрицательное воздействие на окружающую среду [1, 2].

Рафинация предусматривает многостадийную очистку растительного масла от сопутствующих веществ (свободные жирные кислоты, фосфолипиды, воскоподобные вещества и т.д.), в результате чего образуется достаточно большое количество отходов, содержащих в своем составе ценные продукты.

Вымораживание является одной из стадий рафинации, которое осуществляется с целью удаления воскоподобных веществ, наличие которых влияет на физико-химические и органолептические показатели товарного подсолнечного масла [3, 4].

На предприятиях в качестве катализатора зародышеобразования в технологии вымораживания применяют фильтрующие порошки (перлит, кизельгур и т.д.). В результате чего образуется отход вымораживания, который представляет собой смесь ценных компонентов, таких как воскоподобные вещества, подсолнечное масло и фильтрующий порошок.

Чаще всего отходы винтаризации используются в качестве добавок к комбикормам животных, удобрения для восстановления почвы, применяются как сырье для производства цемента и кирпича, но в большинстве случаев вывозятся в места захоронения [5–7]. Однако, данные отходы можно

использовать более рационально, разделив их на составляющие компоненты (воскоподобные вещества, подсолнечное масло и фильтрующий порошок), которые по отдельности имеют большую экономическую ценность как сырье для многих отраслей промышленности.

В связи с этим разработка новых способов переработки отходов вымораживания подсолнечного масла дает возможность получения востребованного товарного продукта с необходимыми качественными показателями, что подтверждает актуальность проводимых исследований.

Анализ последних исследований и литературы. Во многих публикациях, посвященных рациональной переработке отходов производства растительных масел, в частности отходов стадии винтаризации, речь идет о выделении из отработанного фильтрующего порошка воскоподобных веществ, растительного масла и фильтр-порошка. Предлагаемые способы разделения отработанного фильтрующего порошка отличаются по получаемому продукту и способу его извлечения. Однако, разделение отработанного фильтрующего порошка с помощью различных органических растворителей [8–10] или без них применения имеет ряд недостатков [11, 12]. А именно, сложность аппаратного оформления, многостадийность и длительность процесса или однонаправленность, то есть из всей системы компонентов выделяется только один интересующий. Данные недостатки создают трудности для реализации этих способов извлечения на предприятиях, в частности малых.

© Ю.Е. Омельченко, И.Н. Демидов, 2016

Еще одним направлением разделения отходов стадии винтаризации является использование реакции алкоголиза с получением воскоподобных веществ, фильтрующего порошка и жирнокислотных эфиров низкомолекулярных спиртов. Данный способ предполагает двухстадийность процесса, а именно экстракция липидной части и проведение реакции алкоголиза. Однако, в этом случае более рациональным является экстракция с использованием низкомолекулярных спиртов [13], чем других органических растворителей. Так как применение двух растворителей в технологии нежелательно из-за усложнения аппаратного оформления, восстановления растворителей и системы контроля конечного продукта.

Анализируя выше сказанное, более перспективным и рациональным является проведение реакции алкоголиза непосредственно с отработанным фильтрующим порошком, без предварительного извлечения липидной части, и последующим выделением воскоподобных веществ. Это позволит упростить аппаратное оформление и сократить стадии процесса.

Цель и основные задачи исследования

Основной целью проведенной работы является изучение возможности извлечения воскоподобных веществ из отходов стадии винтаризации с использованием реакцией алкоголиза.

На основании поставленной цели исследования сформулированы и решены следующие задачи:

- экспериментально установить рациональные технологические условия проведения реакции алкоголиза липидов с использованием различных катализаторов;
- определить количественное содержание образовавшихся этиловых эфиров жирных кислот при использовании различных катализаторов;
- установить остаточную маслянистость фильтрующего порошка, полученного после реакции алкоголиза;
- определить содержание извлеченных воскоподобных веществ и их качественные показатели.

Изложение основного материала исследования

В качестве опытного образца исследовался отработанный фильтровальный порошок полученный непосредственно с производства. Представленный образец характеризуется следующим составом: содержание липидной части – около 54 %; содержание воскоподобных веществ – около 8 % от липидной части отработанного фильтровального порошка (зажиренного перлита); остальное фильтровальный порошок.

Наиболее широко используемым спиртовым компонентом для получения жирных эфиров низкомолекулярных спиртов является метиловый спирт [14]. Однако несмотря на его преимущества при проведении реакции алкоголиза, метанол имеет ряд существенных недостатков.

На ряду с его ядовитостью и опасностью для окружающей среды, его получают из не возобновляемых источников сырья, а именно природного газа, который имеет тенденцию возрастания цены на рынке с каждым годом.

Этиловый спирт имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с метиловым спиртом. По качественным показателям получаемые этиловые эфиры практически не отличаются от метиловых эфиров. Этанол менее ядовит и его получают из возобновляемых источников сырья. Таким образом в качестве спиртового компонента был выбран абсолютный этиловый спирт с содержанием основного вещества – 99,5 %; циклогексана – 0,4 %; воды – 0,1 % промышленного производства.

В качестве катализаторов реакции алкоголиза чаще всего применяются щелочные и кислотные катализаторы. Однако использование щелочных катализаторов с сырьем содержащим повышенный уровень свободных жирных кислот приводит к образованию мыльных отходов. Образовавшиеся мыла препятствуют разделению глицерина и жирных эфиров низкомолекулярных спиртов, из-за способности образовывать стабильные эмульсии [15].

Альтернативой использования щелочных катализаторов являются кислотные. Хотя, кислотные катализаторы по скорости реакции уступают щелочным при использовании метанола, но весьма эффективны при использовании этанола.

Таким образом в качестве катализаторов процесса алкоголиза были выбраны два гомогенных кислотных катализатора, а именно алкилбензолсульфокислоту (АБСК) и концентрированную серную кислоту. Предварительными исследованиями определили рациональную концентрацию катализаторов, которая составила 4 % и 3 % от липидной части для АБСК и концентрированной серной кислоты соответственно.

Ввиду того, что представленная система исходных компонентов является гетерогенной, по результатам предварительных опытов было принято решение взять отношение зажиренный фильтровальный порошок : спирт, как 1:15, для эффективности проведения процесса.

Реакцию алкоголиза проводили в реакторе, куда помещали реагенты и катализатор. Реактор оборудован нагревателем и обратным холодильником для возвращения в него испаренного этилового спирта. Однако в процессе реакции в реактор также возвращается реакционная вода, которая препятствует увеличению глубины реакции.

Для решение данной проблемы, т.е. увеличение скорости и глубины реакции, необходимо увеличить температуру процесса и извлечь реакционной воды из зоны протекания реакции. Однако, увеличение температуры реакции потребовало бы проведение его под избыточным давлением, а удаление реакционной воды достаточно трудоемкий процесс.

Поэтому было принято решение проводить реакцию алкоголиза в описанных условиях, чтобы не усложнять аппаратное оформление, тем самым снизить экономические затраты на его реализацию небольших предприятий.

Реакцию проводили при температуре кипения растворителя и с использованием механического перемешивания. Продолжительность проведения процесса для обоих катализаторов составила 8 ч.

После окончания реакции алкоголиза, реакционная смесь, отделена от фильтровального порошка. После промывки и высушивания его до постоянной массы определили остаточную масляность по методу Зайченко, которая составила 16 % и 8 % при использовании катализаторов АБСК и концентрированной серной кислоты соответственно.

В процессе сушки фильтровального порошка, находившегося в нем липиды из-за высокой температуры и контакта с кислородом воздуха начали окисляться, что привело к образованию неприятного запаха. Для решения этой проблемы фильтровальный порошок обработали водным раствором серной кислоты. После промывки порошка до нейтральной реакции и высушивания до постоянной массы повторно определили остаточную масляность, которая составила 14 % и 6 % при использовании катализаторов АБСК и концентрированной серной кислоты соответственно. При этом запах продуктов окисления липидов исчез.

Полученная при фильтровании гомогенная смесь, которая состоит из этиловых эфиров жирных кислот, непрореагировавшего растительного масла, воскоподобных веществ, непрореагировавшего этилового спирта и катализатора, была разделена. Воскоподобные вещества извлекали методом

кристаллизации из полученного раствора в течение 12 часов. После чего, отфильтровывали и промывали от остатка раствора и катализатора.

Известно, что при использовании гомогенных катализаторов необходимо после окончания реакции алкоголиза отделять их от реакционной массы. Данный процесс можно осуществить либо промывкой водой или 2 % водным раствором хлорида натрия, либо адсорбционной очисткой. Для всех продуктов реакции, после их разделения, было принято решение промывать водой, чтобы не усложнять аппаратное оформление и уменьшить образование отходов.

Количественное содержание полученных воскоподобных веществ от общего количества воскоподобных веществ содержащихся в липидной части отработанного фильтровального порошка составило 85 % и 80 % при использовании АБСК и концентрированной серной кислоты соответственно. Основным характеризующим качественным показателем для воскоподобных веществ является температура плавления, которая составила 71 °C и 73 °C соответственно.

После выделения воскоподобных веществ из реакционной смеси отогнали непрореагировавший этиловый спирт и удалили остатки катализаторов и образовавшийся глицерин за счет промывки дистиллированной водой. Этиловые эфиры жирных кислот довели до постоянной массы и определили количественное содержание, которое составило 45 % и 70 % при использовании катализаторов АБСК и концентрированной серной кислоты соответственно.

Обобщенные результаты исследования влияния различных катализаторов используемых в реакции алкоголиза приведены в (табл. 1).

Таблица 1. Результаты исследования влияния различных катализаторов используемых в реакции алкоголиза

Показатели	Катализатор	
	Алкилсульфокислота	Концентрированная серная кислота
Выход воскоподобных веществ, %	85	80
Температура плавления воскоподобных веществ, °C	71	73
Выход этиловых эфиров жирных кислот, %	45	70
Остаточная масляность фильтровального порошка, %	14	6

Как видно из табл. 1 использование в качестве катализатора концентрированную серную кислоту в количестве 3 % от липидной части отработанного фильтровального порошка обеспечивает большую глубину реакции этанолиза, чем АБСК за тот же период времени.

Выводы. В ходе проведенного эксперимента выбраны рациональные технологические условия проведения реакции алкоголиза с использованием в качестве катализаторов АБСК и концентрированной серной кислоты.

Показана возможность проведения реакции алкоголиза непосредственно на отработанном

фильтровальном порошке без предварительной экстракции липидной части, что упрощает аппаратное оформление и исключает использование нескольких растворителей. Выход этиловых эфиров жирных кислот – компонента биодизельного топлива, составил около 70 %.

Определили возможность извлечение воскоподобных веществ из реакционной массы после реакции алкоголиза, которое составило выше 80 % от общего количества воскоподобных веществ содержащихся в липидной части отработанного фильтровального порошка.

Список литературы

1. *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.
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. *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. *Паронян В.Х.* Технология жиров и жирозаменителей [Текст] / *В.Х. Паронян* – М.: ДеЛи принт, 2006. – С 663.
5. *Камышан Е. М.* Утилизация отработанной отбельной глины и кизельгура / *Е. М. Камышан* // Масложировая промышленность 2006. – № 3 – С. 56–57.
6. *Григорьева В.* Использование жировых отходов масложировой промышленности в кормовых целях / *В. Григорьева, В. Мачигин* // Олійно-жировий комплекс. 2005. – № 4 (11) – С. 40–42.
7. *Герасименко Е. О.* Применение отходов рафинационного производства для мыловарения / *Е. О. Герасименко, Н. Н. Колосовская* // Труды КубГТУ. 2001. – вып. 1. – С. 260–263.
8. 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.
9. Пат. RU 2581526 Российская Федерация, МПК C11B3/04. Способ обезжиривания отработанных фильтровальных порошков, полученных при рафинации растительных масел [Текст] / *Ильин П. П., Шведов И. В., Доценко С. П., Ивко М. В.* – заявитель и патентообладатель Доценко С. П., Ильин П. П., Шведов И. В. – № 2008152688/13, заявл. 20.11.2012, опубл. 12.03.2016.
10. Пат. RU 2488425 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ регенерации отработанного фильтрующего материала [Текст] / *Яруллин Р. Н., Яруллин Р. Р., Суньязев 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.
11. Пат. RU 2215025 Российская Федерация, МПК C11B3/00. Способ разделения фильтративного осадка от производства "вымороженного" подсолнечного масла на масло, восковой концентрат и фильтр-порошок [Текст] / *Бавика В.И., Беденко В. Г., Чистяков Б. Е., Ризманов И. О.* – заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Экохим». – № 99115983/13, заявл. 15.10.1998, опубл. 24.05.2001.
12. 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.
13. *Саеус А. А.* Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел перколяционным методом / *А. А. Саеус, С. Н. Мольченко, И. Н. Демидов* // Вестник НТУ «ХПИ» – Харьков: НТУ «ХПИ». 2011. – С 48.
14. *Hull A.* Prospective diesel fuel from renewable raw materials / *A. Hull, T Marandzheva* // Proceeding of II International Scientific-Practical Conference «Fuels and Fuel Additives» – S.Petersburg: Academy of applied research. 2002.
15. *Lui K.* Preparation of fatty acid methyl esters for gas–chromatographic analysis of lipids in biological materials / *K. Lui* // JAOCS 71(11), 2002 – 1179–1187 Print.

Bibliography (transliterated)

1. *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.
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. – 45-52 Print.
3. *O'Brien R.* Fats and oils. Production, composition and properties, use [Text] / *R. O'Brien*: Per. from English. 2nd ed. *V. D. Shirokov, D. A. Babeykinoy, N. S. Selivanova, N. V. Magda* – St. Petersburg : Professiya, 2007. – 166-168 Print.
4. *Paronyan W. H.* Technology of fats and fat substitutes [Text] / *W. H. Paronyan* – М.: DeLi print, 2006. – 663 Print.
5. *Kamyshan E. M.* Recycling the spent bleaching clay and diatomaceous earth / *E. M. Kamyshan* // Fat industry 2006. – № 3 – 56–57 Print.
6. *V. Grigoriev* Use fatty waste oil industry in order to feed / *V. Grigoriev, V. Machigin* // Oliyno fat complex. 2005. – Vol. 4 (11) – 40-42 Print.
7. *Gerasimenko E. O.* Use of waste for the production of soap making rafinatsionnogo / *E. O. Gerasimenko, H. N. Kolosovskaya* // Proceedings KubGTU. – 2001. – Vol. 1. - 260-263 Print.
8. *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.

9. Ilyin P., Shvedov I. V., Dotsenko S. P., Ivko M. V. Pat. RU 2581526 Russian Federation, MPK C11B3/04. The process of filtering waste degreasing powder obtained by refining of vegetable oils – № 2008152688/13, 2016.
10. 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.
11. Bavika. V. I., Bedenko V. G., 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.
12. Kislov S. V. Pat. RU 2385899 Russian Federation MPK C11B3/00. A method for isolating the wax. 2008152688/13, 2010.
13. 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. .
14. Hull A. Prospective diesel fuel from renewable raw materials / A. Hull, T Marandzheva // Proceeding of II International Scientific–Practical Conference «Fuels and Fuel Additives» – S.Petersburg: Academy of applied research. 2002.
15. Lui K. Preparation of fatty acid methyl esters for gas–chromatographic analysis of lipids in biological materials / K. Lui // JAOCs 71(11), 2002 – 1179–1187 Print.

Надійшла (received) 18.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вилучення воскоподібних речовин з відходів виморожування соняшникової олії з використанням реакції алкоголіза / Ю. Е. Омельченко, І. М. Демидов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 85–89. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2220-4784.

Извлечение воскоподобных веществ из отходов вымораживания подсолнечного масла с использованием реакции алкоголіза / Ю. Е. Омельченко, И. Н. Демидов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 85–89. – Библиогр.: 15 назв. – ISSN 2220-4784.

Removing the waxen substances from waste freezing sunflower oil using alcoholysis reaction / J. E. Omelchenko, I. N. Demidov // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkov: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – pp. 85–89. Bibliog.: 15 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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: demigon@rambler.ru.

Демидов Игор Миколайович - доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Технологія жирів і продуктів бродіння»; тел.: (095) 185-32-67; e-mail: demigon@rambler.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.

Омельченко Юлія Євгенівна - Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант; тел. : (063) 880-88-90; e-mail: punterra@yandex.ru.

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

УДК 027.7:[81'255.2:6]

А. О. АГЕЙЧЕВА, О. І. КОМАРОВА

АНАЛІЗ ГРАМАТИЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕКЛАДУ

Метою даного дослідження є виявлення основних граматичних труднощів при перекладі англomовних науково-технічних текстів українською мовою і пропозиція способів їх подолання. Граматичні труднощі перекладу згруповані в шість груп залежно від виду граматичних явищ, якими вони викликані. Порушена проблема граматичного буквализму і його наслідків, що позначаються на якості перекладу. З метою подолання труднощів перекладу граматичного характеру запропоновано проведення ряду перекладацьких трансформацій, а саме: пермутації, субституція, додавання, опущення і комплексна трансформація. Дано обґрунтування необхідності трансформацій при перекладі з англійської мови на українську. У заключній частині статті зроблено висновок про те, що вміння і навички виконання перекладацьких трансформацій є істотним компонентом професійної компетенції перекладача, тому вироблення цих навичок і правильне вживання трансформацій при перекладі вимагають достатнього часу і уваги. Застосування трансформацій має бути направлено на адекватну передачу сенсу оригінального тексту з урахуванням норм мови перекладу.

Ключові слова: труднощі перекладу, функціональні характеристики, трансформації, пермутації, субституція, додавання, опущення, комплексна трансформація, змішана трансформація.

Целью настоящего исследования является выявление основных грамматических трудностей при переводе англоязычных научно-технических текстов на украинский язык и предложение способов их преодоления. Грамматические трудности перевода сгруппированы в шесть групп в зависимости от вида грамматических явлений, которыми они вызваны. Затронута проблема грамматического буквализма и его последствий, сказывающихся на качестве перевода. С целью преодоления трудностей перевода грамматического характера предложено проведение ряда переводческих трансформаций, а именно: пермутация, субституция, добавление, опущение и комплексная трансформация. Дано обоснование необходимости трансформаций при переводе с английского языка на украинский. В заключительной части статьи сделан вывод о том, что умения и навыки выполнения переводческих трансформаций являются существенным компонентом профессиональной компетенции переводчика, потому выработка этих навыков и правильное употребление трансформаций при переводе требуют достаточного времени и внимания. Применение трансформаций должно быть направлено на адекватную передачу смысла оригинального текста с учетом норм языка перевода.

Ключевые слова: трудности перевода, функциональные характеристики, трансформации, пермутация, субституция, добавление, опущение, комплексная трансформация, смешанная трансформация.

The aim of the present study is to determine the most significant grammatical difficulties that occur in the process of translating from English into Ukrainian and *vice versa* and to suggest the efficient ways of their mastering. The reasons of the said difficulties existence have been explained, namely: differences and significant discrepancies in the grammatical structure of the both languages, the first being mostly an analytical, and the latter a synthetic, flexible language. Grammatical difficulties of translation are classified into the following six groups: 1) connected with misunderstanding of the syntactic structure and morphological composition of the sentence; 2) connected with the different content volume of analogous forms and constructions in the two languages; 3) the grammar features of the original text's language possessing functional characteristics different from the respective grammar features in the target language; 4) grammar features possessing different frequency characteristics in English and Ukrainian scientific and technical literature; 5) grammar homonyms, formally identical grammar forms or constructions performing different grammar functions; 6) peculiarities of expressing the sentence parts in the both languages, primarily that of the subject and the predicate. The problem of grammatical literalism and its consequences affecting the translation's quality has been touched upon. Certain ways of mastering grammatical difficulties have been suggested, namely performance of translational grammatical transformations which fall under five categories: permutations (reordering), substitution (replacement), addition, omission and a complex transformation. Reasons explaining the necessity of transformations performance are presented. As a result of the study the conclusion has been made that skills and habits of performing translational transformations constitute an important component of the translator's competence. Therefore, proper attention should be paid to their training and adequate use. Translational transformations should be aimed at adequate rendering of the original text's ideas with account of the target language's norms.

Keywords: translational difficulties, functional characteristics, transformations, permutation, substitution, addition, omission, complex transformation, mixed transformation.

Вступ.

Проблема труднощів перекладу науково-технічних текстів набула особливої актуальності протягом останніх двох років за рахунок значного збільшення кількості спеціалізованих текстів, що підлягають перекладу. В контексті інтеграції України до ЄС потік документації, що підлягає перекладу з англійської мови на українську і навпаки (міжнародні угоди, наукові статті для публікації у виданнях, що входять до світових наукометричних баз даних, патенти, державні стандарти, технічна документація на побутове, офісне та промислове обладнання, ліки тощо) досяг величезних обсягів. Професійні перекладачі змушені виконувати великі обсяги робіт у найкоротші можливі терміни. Саме тому автори взяли на себе завдання допомогти перекладачам у перекладі найбільш проблемних аспектів англійської граматики.

Хоча вказана проблема набула своєї актуальності лише за останні два роки, ціла плеяда українських науковців опікувалася проблемами труднощів перекладу і зробила свій внесок у рішення цих проблем. Більшість дослідників концентрують свою увагу переважно на лексичних (особливо термінологічних) труднощах, але граматичні аспекти також були описані та вивчалися видатними філологами України, такими як В. І. Карабан [5], Г. Е. Мірам [9], А. Я. Коваленко [6], К. О. Рябова [12], Я. А. Костін [7], І. В. Онушканич [10], О. М. Білоус [2], М. І. Зимомря [4], А. О. Кульчицька [8], Н. П. Бідненко [1]. Видатний білоруський лінгвіст та перекладач А. Л. Пумп'янський [11, с.157] зробив багато для допомоги професіоналам і студентам у подоланні труднощів науково-технічного перекладу, у тому числі і граматичних.

© А.О. Агейчева, О.І. Комарова, 2016

А. Я. Коваленко [6, с.78] виокремлює основні особливості англомовного спеціалізованого тексту:

1) наявність дуже довгих речень, що містять велику кількість другорядних і однорядних членів;

2) вживання багатокomпонентних атрибутивних словосполучень;

3) вживання означень, утворених шляхом поєднання цілих синтаксичних груп;

4) вживання синтаксичних конструкцій, пасивних конструкцій, зворотів;

5) наявність пропусків певних службових слів (артиклів, допоміжних дієслів), особливо у таблицях, графіках, специфікаціях.

На погляд К. О. Рябової [12, с.152], ще однією із проблем перекладу є неясність змісту речення, «прірва нерозуміння», що виникає через громіздкість синтаксичних конструкцій у тексті оригіналу.

Тим часом, Н. П. Біденко [1, с.54] стверджує протилежне: «Ясність викладення є важливою складовою наукового стилю. Її можна досягти, обираючи більш прості засоби мови у наукових статтях, оскільки це полегшує розуміння викладеної інформації іншими вченими. Речення не повинні бути дуже довгими і містити в собі занадто багато підрядних речень. Якщо речення дуже довге, його слід розділити на декілька коротших.» Ця ідея дещо суперечить раніше наведеним висловлюванням дослідників, але, на думку авторів цієї статті, її можна легко пояснити тим фактом, що за останні роки вимоги до наукової та технічної літератури значно змінилися у бік спрощення. Це можна помітити, якщо порівняти стиль статей, опублікованих у 1990 рр. із сучасними науковими публікаціями: останні написані більш зрозумілою мовою, а речення мають більш чітку структуру.

Мета дослідження – визначити найзначніші граматичні труднощі, що трапляються у процесі перекладу текстів з англійської мови на українську і навпаки, а також запропонувати способи їх подолання.

Поділ складних випадків перекладу на граматичні та лексичні явища - досить умовний, адже в кожній мові граматичне тісно пов'язане з лексичним і спосіб передачі в перекладі граматичних форм і конструкцій нерідко залежить від їх лексичного наповнення. Одне й те ж граматичне явище залежно від конкретного лексичного вираження може перекладатися різними способами.

Однак існують певні загальні закономірності співвідношення та відповідності граматичних форм і конструкцій мов оригіналу і перекладу, тому докладний опис таких співвідношень, орієнтований на переклад, видається не тільки доцільним, а й необхідним, аби достатньо чітко уявляти, які можливості має перекладач у своєму розпорядженні для адекватної передачі у перекладі граматичних явищ оригіналу.

Мова науково-технічної літератури відрізняється від розмовної мови або мови художньої літератури певними лексичними, граматичними та стилістичними особливостями. Якщо лексичні відмінності помітні навіть для нефахівця (а це передусім значна наявність спеціальної лексики, термінів), то у граматичному плані вони значно менш виразні, однак не менш різноманітні.

Необхідно підкреслити, що тут йдеться не про інвентарні відмінності, тобто відмінності у складі синтаксичних конструкцій або морфологічних форм (що майже відсутні між текстами різних письмових стилів), а про відмінності у функціонуванні граматичних елементів. Однією з найпомітніших граматичних особливостей науково-технічних текстів є велика кількість різного роду поширених складних (у першу чергу - складнопідрядних) речень, що вживаються для передачі типових для наукового викладу логічних відношень між об'єктами, діями, подіями та фактами.

Між науково-технічними текстами, написаними різними мовами, також існують значні граматичні відмінності, зумовлені особливостями граматичної будови мови, нормами і традиціями письмового наукового мовлення. Так, в англійських фахових текстах значно частіше, ніж в українських, вживаються форми пасивного стану та неособові форми дієслів, дієприкметникові звороти й специфічні синтаксичні конструкції, особові займенники першої особи однини та одночленні інфінітивні й номінативні речення тощо.

Та все ж найбільше між англійськими та українськими науково-технічними текстами граматичних розбіжностей інвентарного характеру, зумовлених особливостями побудови цих мов. Так, в українській мові відсутні неозначений та означений артиклі, що вживаються в англійській мові не тільки як певні означення, а й сигналізують про особливості розподілу інформації у англійському реченні. Обов'язковою умовою адекватного перекладу є вміння правильно аналізувати граматичну будову іншомовних речень, правильно визначати граматичні труднощі перекладу й конструювати речення у перекладі відповідно до норм мови і жанру перекладу.

Зрозуміло, що перекладач повинен бути добре обізнаним з граматичними особливостями вихідної та цільової мов, основами теорії перекладу взагалі та науково-технічного перекладу зокрема, а також із перекладними відповідниками у галузі граматики та лексики, перекладацькими трансформаціями, способами перекладу різних мовних та мовленнєвих явищ. Все це становить частину загальної компетенції перекладача, яка, звичайно, значно ширша від означеної нами.

Граматичні труднощі перекладу.

Для перекладача науково-технічної літератури особливо важливе знання предмета перекладу – він повинен орієнтуватися у тій предметній галузі, до якої належить призначений для перекладу текст.

Під час перекладу потрібно правильно зрозуміти зміст речень, смислові відношення між реченнями та значення метатекстових елементів, що беруть участь в організації тексту.

Природно, що перша група (найбільший комплекс) граматичних проблем перекладу пов'язаний із розумінням синтаксичної структури та морфологічного складу речень як мовних елементів, що є безпосередніми носіями предметної інформації. Як відомо, англійська і українська мови належать не тільки до різних гілок індоєвропейської родини мов (перша – до германської, друга – до слов'янської), а й до різних структурних типів мов: перша – переважно аналітична мова, де граматичні відношення у реченні передаються вільними граматичними морфемами, а друга – флективна мова, де граматичні значення й відношення передаються за допомогою зв'язаних граматичних морфем – флексій. Саме розбіжності в будові мов, у наборі їхніх граматичних категорій, форм та конструкцій і становлять першу велику групу граматичних труднощів перекладу.

Так, в українській мові немає артиклів, герундія, часових форм дієслова груп Continuous та Perfect, складних підметових та додаткових інфінітивних конструкцій, а в англійській мові – категорії роду іменників і прикметників тощо. Певні відмінності існують у побудові речення: на відміну від української мови, де група підмета нерідко може міститися після групи присудка, в англійській мові порядок головних членів речення значно фіксованіший, що може вимагати перебудови речення при перекладі.

Друга група граматичних труднощів перекладу пов'язана з різним обсягом змісту подібних у двох мовах форм і конструкцій. Так, форма теперішнього часу дієслова-присудка в українській мові відповідає за своїм змістом англійським відповідним формам Present Indefinite, Present Continuous та частково Present Perfect, а форма родового відмінку українського іменника може відповідати за своїм граматичним значенням англійській прийменниково-іменниковій конструкції "of + N" або формі загального відмінку іменника в препозиції до іншого іменника.

Третю групу граматичних труднощів перекладу складають ті граматичні явища мови тексту оригіналу, що мають відмінні від відповідних граматичних явищ мови перекладу функціональні характеристики, наприклад, форми однини і множини іменника наявні і в українській, і в англійській мовах, однак форми конкретних іменників можуть не збігатися (англійське evidence вживається тільки в однині, але може перекладатися формою і однини, і множини).

Четверта група граматичних труднощів перекладу складається з тих граматичних явищ, що мають різні частотні характеристики в англійській та українській науково-технічній літературі.

Так, у першій частотності форм пасивного стану дієслова-присудка значно більша, ніж у другій, тому в перекладі такі форми нерідко доводиться замінювати на форми активного стану. Такі труднощі викликані розбіжностями у мовностилістичних нормах текстів мовами оригіналу й перекладу.

П'яту групу труднощів перекладу для початківців становлять граматичні омоніми – формально тотожні граматичні форми або конструкції, що мають різне граматичне явище (наприклад, дієслово to do може вживатися як допоміжне дієслово у заперечувальних та питальних реченнях, дієслово-репрезентант попереднього дієслова та як смислове дієслово).

Шоста група граматичних труднощів перекладу пов'язана з особливостями вираження членів речення у двох мовах, насамперед підмета і присудка. Наприклад, в англійській мові є так звані «формальний підмет» і «формальний додаток», неможливі у структурі українського речення. Тільки незначна частка англійських та українських висловлювань має ідентичну синтаксичну структуру та порядок компонентів і тільки у такому випадку англійські висловлювання можуть перекладатися відповідними українськими висловлюваннями без застосування граматичних трансформацій.

Такий переклад називається «дослівним» або «послівним». Його слід відрізнити від граматично буквального перекладу, який є дослівним перекладом граматичної форми або синтаксичної конструкції, що порушує граматичні норми мови перекладу та/або жанрово-стилістичні норми науково-технічної літератури.

Грамматичний буквализм, на думку К. О. Рябової [12, с.152], призводить не лише до порушення норм мови перекладу, а й до різних викривлень у передачі смислу оригіналу. Наприклад, у граматично буквальному перекладі речення «*A new element will be discovered sooner or later*» / «*Новий елемент буде відкрито раніше чи пізніше*» спостерігається порушення норм функціонування порівняльних форм прислівників: в українській мові у подібних випадках вживається форма позитивного, а не порівняльного ступеня («*рано чи пізно*»).

А наступний буквальний переклад викривляє смисл оригіналу і порушує деякі граматичні норми української мови, згідно з якими, зокрема, дієприкметниковий зворот не може вводитися сполучником, а анафоричний присвійний займенник повинен мати форму «*свій*», а не «*його*»: *While taking part in the discussion he advanced his famous theory. / Коли, беручи участь у дискусії, він висунув його відому теорію* (Треба: «*Саме під час цієї дискусії він висунув свою знану тепер теорію*»).

Дослівний переклад відбувається послідовно з першого слова речення до останнього. Він не виключає вилучення артиклів та певних лексичних трансформацій, якщо внаслідок їх застосування

структура й порядок членів речення, що перекладається, не змінюються: *This is the phenomenon of diffraction. Це – явище дифракції. It is one of the basic questions of any science. Це є одним з головних питань будь-якої науки.*

Саме для того, щоб уникнути неадекватного буквального перекладу ("граматичного буквализму"), і потрібно застосовувати перекладацькі граматичні трансформації, внаслідок яких буквальний переклад адаптується до норм мови перекладу та стає адекватним.

Грамаітичні трансформації спричиняються різними чинниками. Зокрема, причинами таких трансформацій є:

1) Різниця у способах передачі інформації англійським і українським реченням: те, що в одній мові передається лексичними засобами, в іншій мові може виражатися грамаітичними засобами. Так, наприклад, попередність однієї дії іншій у минулому в англійській мові позначається формою Past Perfect дієслова-присудка, а в українській мові - словами або словосполученнями («раніше», «перед цим», «до того» тощо).

2) Відсутність в одній з мов певних грамаітичних явищ, форм або конструкцій. Наприклад, в українській мові артиклі, герундіальна форма дієслова, формальний додаток («it»), а в англійській мові - родові форми іменників та прикметників, форми відмінків числівників. 3) Необов'язковість вираження грамаітичної інформації в одній з мов (наприклад, в українській мові грамаітично не виражена інформація про те, що дія в теперішньому часі відбувається у момент говоріння (англійська дієслівна форма Present Continuous).

4) Різниця у представленні змісту речення поверхневою структурою (наприклад, в англійській мові складна інформація у додатку може виражатися у вигляді складного додатку Objective Infinitive).

5) Особливості сполучуваності й функціонування слів у словосполученнях і реченнях (наприклад, через особливості сполучуваності прикметника administrative словосполучення administrative efficiency не може перекладатися як «адміністративна ефективність» і повинне перекладатися як «ефективне управління»).

Під грамаітичною перекладацькою трансформацією розуміється зміна грамаітичних характеристик слова, словосполучення або речення у перекладі. Розрізняють п'ять основних видів грамаітичних трансформацій: пермутація (перестановка), субституція (заміна), додавання, вилучення та комплексна трансформація.

Перестановка — це грамаітична трансформація, внаслідок якої змінюється порядок слів у словосполученні або реченні. Наприклад, в українському реченні сполучне слово «однак» звичайно стоїть на початку речення, тоді як в англійській мові його відповідник however може вживатися й у середині та наприкінці речення;

іменник-означення в англійській мові може перебувати в препозиції, перед означуванним іменником (theory construction), тоді як в українській мові іменник-означення звичайно стоїть після означуваного іменника («побудова теорії»).

Перестановки нерідко супроводжуються іншою грамаітичною трансформацією — заміною, внаслідок якої змінюються грамаітичні ознаки слів форм (наприклад, замість форми однини у перекладі вживається форма множини), частин мови (наприклад, інфінітив у перекладі трансформується в іменник), членів речення (наприклад, додаток перетворюється при перекладі в підмет) та речень (наприклад, просте речення перетворюється на складне або навпаки): *Much work has been done on the problem. З цієї проблеми написано багато праць. Brakes must be applied to stop a car. Щоб зупинити автомобіль, необхідно застосувати гальма. This year has seen many great discoveries. У цьому році відбулось багато великих відкриттів.*

«Kepler set out to unify the classical picture of the world, one which was split into celestial and terrestrial regions, though the concept of a universal physical force, but when this problem did not yield to physical analysis, he readily returned to the devices of a unifying image, namely, the central sun ruling the world, and of a unifying principle, that of all-pervading mathematical harmonies. — Кеплер намагався зробити єдиною класичну картину світу, який до цього був розділений на небесну і земну сфери. Для цього він використав поняття загальної фізичної сили. Та коли ця проблема не піддалася фізичному аналізу, він невдовзі повернувся до механізмів об'єднуючого образу, в центрі якого — сонце, що панує над всім світом, та об'єднуючого принципу всюдисущих математичних гармоній.»

Крім цього, при перекладі можуть застосовуватися також заміни слова словосполученням, словосполучення — реченням, низки речень — одним складним реченням і навпаки: *I shall discuss those points in greater detail. Я розгляну ці положення докладніше. This is true also for the language used in the scientific area of culture. Це вірно також і для мови, яка використовується в науковому дослідженні культури. This is what makes them meaningful. Саме це й робить їх значущими. Einstein, too, confessed the same admiration for ancient geometry. Ейнштейн також зізнавався, що й він теж був захоплений геометрією древніх. The conference was a veritable summit meeting. Only Bohr was conspicuously absent. Ця конференція була справжньою зустріччю у верхах, і лише Бора там явно бракувало.*

Додавання - це грамаітична трансформація, внаслідок якої в перекладі збільшується кількість слів, слів форм або членів речення. Наприклад, у наступних перекладах слів форм applications та introduces перекладається сполученням двох слів:

There are many different applications of this material. Цей матеріал застосовується у багатьох різних галузях. The mutual effect introduces a complex change. Перехресний вплив призводить до появи комплексних поправок. Додавання використовується при перекладі іменників (*intricacies* – «складні проблеми та заплутані питання»), прикметників (*recurrent* – «що періодично повторюється»), дієслів (*to solve* – «знаходити вирішення»), прислівників (*theoretically* – «у теоретичному плані»), субстантивованих прикметників (*the intracellular* – «внутрішньоклітинне середовище»), слів інших частин мови та словосполучень (*data rates* – «швидкість передачі даних»).

Вилучення – це така граматична трансформація, внаслідок якої в перекладі вилучається певний мовний елемент (нерідко це плеонастичне слово, словоформа, член або частина речення): *The explosion was terrible while it lasted.* – *Вибух був жахливий.* – *This is a very difficult problem to tackle.* – *Це дуже складна проблема.* Комплексна граматична трансформація включає дві або більше простих граматичних трансформацій, наприклад, коли під час перекладу одночасно здійснюються перестановка та додавання: *The motor was found to stop within 2 seconds.* – *Виявилося, що електромотор зупиняється протягом двох секунд.*

Оскільки граматику тісно пов'язана з лексикою, значна кількість перекладацьких трансформацій має змішаний характер, тобто при перекладі відбуваються одночасно лексичні та граматичні зміни. Такі лексико-граматичні трансформації називаються змішаними і складаються з розглянутих вище граматичних трансформацій та різного роду лексичних трансформацій (генералізація, специфікація, контекстуальна заміна тощо).

Список літератури

1. English Scientific and Technical Translation. Навч. посібник. – Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. 2014. – 270 с.
2. Білоус О.М. Теорія перекладу : Курс лекцій: Навч. посібник / О.М. Білоус, Кіровоградський держ. пед. ун-т ім. В. Винниченка. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 116 с.
3. Григоров В.Б. Как работать с научной статьей : Пособие по англ. яз. / В. Григоров,. – М.: Высш. шк., 1991. – 201 с.
4. Зимомря М.І. Переклад: теорія та практика : Навчально-методичний посібник/ М.І. Зимомря, О.М. Білоус. – Кіровоград: Редакційно-видавничий центр КДПУ ім. В. Винниченка, 2001. – 114 с.
5. Карабан В.І. Переклад англійської наукової і технічної літератури : Граматичні труднощі, лексичні, термінологічні та жанрово-стилістичні проблеми. – 4-е вид., виправлене. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 574 с.

Наприклад, у наступному перекладі застосовано граматичні трансформації заміни герундія на іменник та форми однини іменника *research* на форму множини «дослідження» і лексичні трансформації контекстуальної заміни прислівника *heavily* на «широко», прийменника *in* на прийменник «при» та займенника *I* на займенник «ми»:

In identifying these features / relied heavily on previous research. – *При визначенні цих ознак ми широко використовували попередні дослідження.*

Висновок.

Вміння та навички перекладацьких трансформацій становлять істотний компонент компетенції перекладача, і тому їх виробленню та правильному застосуванню слід надавати належної уваги. Застосування трансформацій у перекладі має спрямовуватися на адекватну передачу смислу оригіналу та враховувати норми мови перекладу. Обов'язково використовуються трансформації при перекладі відсутніх в українській мові граматичних явищ англійської мови.

Подані основні проблеми перекладу, які пов'язані з відмінностями структур англійської й української мов та особливостями передачі пасивних конструкцій.

Аналіз способів перекладу різних граматичних форм і конструкцій здійснюється у контексті речення, оскільки, з одного боку, саме речення є тим мовним об'єктом, який ще піддається систематичному розгляду, а, з другого боку, саме в ньому знаходить відображення абсолютна більшість граматичних явищ. Лише у тих випадках, де це необхідно, переклад розглядається на матеріалі сполучень речень.

6. Коваленко А.Я. Загальний курс науково-технічного перекладу. – К.: «Фірма «Інкос», 2002. – 317 с.
7. Костін Я.А. Особливості науково-технічного тексту та труднощі його перекладу // Мандрівцев, 2014. – irbis-nbu.gov.ua.
8. Біденко Н.П., Бірюкова М.С. English Scientific and Technical Translation. Навч. посібник. – Дніпропетровський університет імені Альфреда Нобеля. 2014. – 270 с.
9. Білоус О.М. Теорія перекладу : Курс лекцій: Навч. посібник/ О.М. Білоус; Кіровоградський держ. пед. ун-т ім. Володимира Винниченка. – Кіровоград: РВЦ КДПУ ім. В. Винниченка, 2002. – 116 с.
10. Григоров В.Б. Как работать с научной статьей : Пособие по англ. яз. / Владимир Григоров,. – М.: Высш. шк., 1991. – 201 с.
11. Зимомря М.І. Переклад: теорія та практика : Навчально-методичний посібник / М.І. Зимомря, О.М. Білоус. – Кіровоград: Редакційно-видавничий центр КДПУ ім. В. Винниченка, 2001. – 114 с.
12. Карабан В.І. Переклад англійської наукової і технічної літератури : Граматичні труднощі,

лексичні, термінологічні та жанрово-стилістичні проблеми. – 4-е вид., виправлене. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 574 с.

Bibliography (transliterated)

1. English Scientific and Technical Translation. Navch. posibnik. – Dnipropetrovs'kij universitet imeni Al'freda Nobelja. 2014. – 270 p.
2. Bilous O.M. Teorija perekladu : Kurs lekcij: Navch. posibnik / O.M. Bilous, Kirovogradskij derzh. ped. un-t im. V. Vinnichenka. – Kirovograd: RVC KDPU im. V. Vinnichenka, 2002. – 116 p.
3. Grigorov V.B. Kak rabotat' s nauchnoj stat'ej : Posobie po angl. jaz. / V. Grigorov,. – M.: Vyssh. shk., 1991. – 201 p.
4. Zimomrja M.I. Pereklad: teorija ta praktika : Navchal'no-metodichnij posibnik/ M.I. Zimomrja, O.M. Bilous. – Kirovograd: Redakcijnno-vidavnicnij centr KDPU im. V. Vinnichenka, 2001. – 114 p.
5. Karaban V.I. Pereklad anglijs'koї naukovoї i tehničnoї literaturi : Gramatichni trudnoshhi, leksichni, terminologichni ta zhanrovo-stilistichni problemi. – 4-e vid., виправлене. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 574 p.
6. Kovalenko A.Ja. Zagal'nij kurs naukovno-tehničnogo perekladu. – K.: «Firma «Inkos», 2002. – 317 p.
7. Kostin Ja.A. Osoblivosti naukovno-tehničnogo tekstu ta trudnoshhi jogo perekladu // Mandrivec', 2014. – irbis-nbuv.gov.ua.
8. Bidenko N.P., Birjukova M.S. English Scientific and Technical Translation. Navch. posibnik. – Dnipropetrovs'kij universitet im. Al'freda Nobelja. 2014. – 270 p.
9. Bilous O.M. Teorija perekladu : Kurs lekcij: Navch. posibnik/ O.M. Bilous; Kirovogradskij derzh. ped. un-t im. Volodimira Vinnichenka. – Kirovograd: RVC KDPU im. V. Vinnichenka, 2002. – 116 p.
10. Grigorov V.B. Kak rabotat' s nauchnoj stat'ej : Posobie po angl. jaz. / Vladimir Grigorov,. – M.: Vyssh. shk., 1991. – 201 p.
11. Zimomrja M.I. Pereklad: teorija ta praktika : Navchal'no-metodichnij posibnik / M.I. Zimomrja, O.M. Bilous. – Kirovograd: Redakcijnno-vidavnicnij centr KDPU im. V. Vinnichenka, 2001. – 114 p.
12. Karaban V.I. Pereklad anglijs'koї naukovoї i tehničnoї literaturi : Gramatichni trudnoshhi, leksichni, terminologichni ta zhanrovo-stilistichni problemi. – 4-e vid., виправлене. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 574 p.

Поступила (received) 22.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Аналіз граматичних можливостей науково-технічного перекладу / А. О. Агейчева, О. І. Комарова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 90–95. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

Анализ грамматических возможностей научно-технического перевода / А. А. Агейчева, А. И. Комарова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 90–95. – Библиогр.: 12 назв. – ISSN 2220-4784.

Scientific technical translation grammar peculiarities analysis / А. О. Ageycheva, О. І. Komarova // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 90–95. Bibliog.:12 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Агейчева Анна Олександрівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри іноземної філології та перекладу, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, тел.: +380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Агейчева Анна Александровна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранной филологии и перевода, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, тел.: +380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Ageycheva Anna Olexandrivna – Phd, candidate of pedagogical sciences, As.Professor, Department of Foreign Philology and Translation Poltava National Technical University.: +380676611159; e-mail: ageycheva@i.ua

Комарова Олександра Іванівна – викладач кафедри іноземної філології та перекладу +380950340552 e-mail: komarova@rambler.ru

Комарова Александра Ивановна – преподаватель кафедры иностранной филологии и перевода, +380950340552 e-mail: komarova@rambler.ru
Komarova Olexandra Ivanivna teacher Department of Foreign Philology and Translation Poltava National Technical University+380950340552 e-mail: komarova@rambler.ru

УДК 378.17:665.347

О. В. БІЛОУС**ДЕЯКІ АСПЕКТИ РАЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ СПОРТСМЕНІВ ВИСОКОЇ КВАЛІФІКАЦІЇ**

В статті наведені деякі аспекти раціонального харчування, що є вагомими при підготовці спортсменів високої кваліфікації. Розглянуто вплив інтенсивних тренувань на процеси, що впливають на функціональні можливості клітинних мембран. Проаналізовано фактори, що є основними у впливі на ліпиди біологічних мембран: перекисне окиснення ліпідів; жирнокислотний склад ліпідів; характер конфігурації ненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів біологічних мембран. Досліджено вплив екзогенних антиоксидантів на стабільність ліпідів до процесів окиснення. Надано практичні рекомендації щодо раціоналізації харчування спортсменів для збереження та формування здорових клітинних мембран під час інтенсивних тренувань та змагань.

Ключові слова: харчування спортсменів, клітинні мембрани, ліпиди клітинних мембран, вільнорадикальне окиснення, жирнокислотний склад, конфігурація жирних кислот, антиоксиданти, раціональне харчування.

В статье приведены некоторые аспекты рационального питания, которые являются существенными при подготовке спортсменов высокой квалификации. Рассмотрено влияние интенсивных тренировок на процессы, которые влияют на функциональные возможности клеточных мембран. Проанализированы факторы, которые являются основными в своем влиянии на липиды биологических мембран: перекисное окисление липидов; жирнокислотный состав липидов; характер конфигурации ненасыщенных жирных кислот, которые входят в состав липидов биологических мембран. Исследовано влияние экзогенных антиоксидантов на стабильность липидов к процессам окисления. Даны практические рекомендации по рационализации питания спортсменов для сохранения и формирования здоровых клеточных мембран во время интенсивных тренировок и соревнований.

Ключевые слова: питание спортсменов, клеточные мембраны, липиды клеточных мембран, свободнорадикальное окисление, жирнокислотный состав, конфигурация жирных кислот, антиоксиданты, рациональное питание.

The article presents some aspects of nutrition that are significant in preparing highly qualified athletes. The influences of intense training on the processes that affect the functionality of the cell membranes are considered. Factors that are major effects on lipids in biological membranes are analyzed: lipid peroxidation; fatty acid composition of lipids; character of configuration of unsaturated fatty acids comprising in the lipids of biological membranes. The influence of exogenous antioxidants on stability to lipid oxidation processes is investigated. The practical recommendations on the rationalization of food of athletes for the preservation and formation of healthy cell membranes during intense training and competition are given.

Keywords: nutrition of athletes, cell membranes, lipids of cell membranes, free radical oxidation, fatty acid composition, antioxidants, nutrition.

Вступ.

Сучасний спорт великих досягнень вимагає від спортсменів тренувань на межі можливостей. В таких жорстких умовах організм спортсмена зазнає вагомих фізіологічних змін.

На результат спортсмена, який він покаже під час змагань, впливають різноманітні чинники – фізична підготовленість, психологічна та емоційна стійкість, стан здоров'я, режими тренувань та відпочинку, харчування.

Харчування – чинник, що впливає на фізіологічний стан кожної людини кожного дня. Це та складова, що є невід'ємною від життя. Раціоналізація режиму харчування – запорука енергійності на гарного самопочуття. Раціоналізація харчування спортсменів – вагома складова на шляху до високого результату.

Дослідження проведене для студентів спеціальності «Фізична культура і спорт», які навчаються за спеціалізаціями «Фізична культура і спорт», «Психологія фізичної активності і спорту», «Менеджмент спортивно-оздоровчої діяльності».

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Харчування впливає на всі системи організму. В даній статті буде розглянуто вплив фізичних навантажень та вплив харчування на клітинні мембрани організму людини.

Клітинні мембрани – високоорганізовані структури, що складаються з ліпідів, білків та вуглеводів.

Клітинні мембрани виконують в організмі людини ряд важливих функцій.

Мембрани виконують бар'єрну функцію, відділяючи вміст клітини від зовнішнього середовища, формуючи тим самим внутрішню структуру клітини. При цьому для біологічних мембран є характерним явище вибіркової проникності. Це зумовлюється наявністю в структурі мембрани транспортних систем, каналів, пор. Ці мембранні структури дозволяють клітині виконувати обмін речовинами із зовнішньою середою. Поживні речовини вводяться до клітини, а продукти клітинного обміну – виводяться.

Також мембрани поділяють внутрішній простір клітини на відділи (копартменти). На їх основі виникають внутрішньоклітинні органели. Такий внутрішній поділ дозволяє поділити різні метаболічні путі, що йдуть в одній клітині, але мають протилежний характер перетворень одних і тих же речовин. Наприклад, синтез деяких речовини проходить в цитоплазмі, а її розпад – в мітохондріях.

Ще одна важлива функція клітинних мембран в тому, що вони слугують опорною структурою для цілої низки ферментів, функціонування яких за межами мембрани неможливе.

© О.В. Білоус, 2016

З мембранами зв'язано явище трансмембранної передачі сигналу до клітини із зовнішнього середовища. Важливу роль виконують ліпіди біологічних мембран – вони виступають розчинниками для гідрофобних молекул. Також мембрани здатні трансформувати енергію, приймати участь в генерації електричного імпульсу та мають ще цілий ряд специфічних функцій [1].

Виходячи з того, що при професійних заняттях спортом процеси, що протікають в організмі, інтенсифікуються, функціональний стан мембран має першочергове значення для стану спортсмена та його фізіологічних можливостей.

Для збереження здоров'я клітинних мембран необхідний комплексний та свідомий вибір та раціоналізація режимів тренувань, відпочинку, розробка системи харчування, що буде відповідати ритму життя.

Оскільки якість саме ліпідів біологічних мембран має принципове значення для характеру функціонування клітини, в даній статті будуть досліджені та проаналізовані фактори, що є основними у впливі на ліпіди мембран.

Такими факторами є: 1) перекисне окиснення ліпідів, 2) жирнокислотний склад ліпідів, 3) характер конфігурації ненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів біологічних мембран.

Розглянемо кожен із факторів.

1) Перший фактор – перекисне окиснення ліпідів.

Один із вагомих факторів, що впливає на цілісність клітинних мембран – перекисне окиснення або вільнорадикальне окиснення.

В фізіологічних умовах вільнорадикальне окиснення йде з низькою швидкістю. Однак, інтенсивна спортивна робота призводить до інтенсифікації процесів окиснення. Особливо це стосується ациклічних видів спорту. Коли характер м'язової діяльності часто та швидко змінюється виникає невідповідність між надходженням кисню та його використанням. Це призводить до збільшення кількості виникнення вільних радикалів та збільшеного пошкоджуючого впливу на мембрани клітин.

Ще один вагомий фактор, впливаючий на швидкість вільнорадикального окиснення – збільшення кислотності, внаслідок накопичення молочної кислоти.

Емоційний стан спортсмена теж робить свій внесок. Висока емоційна напруга призводить до збільшення швидкості вільнорадикального окиснення.

В результаті інтенсифікації, вільнорадикальне окиснення починає викликати цілу низку фізіологічних змін. Змінюється проникність мембран, що призводить до ускладнення спроможності м'язів до скорочення. Погіршуються функції кальцієвого насосу та спроможність до релаксації.

Порушення мітохондріальних мембран внаслідок вільнорадикального окиснення знижує ефективність аеробного енергозабезпечення м'язів.

Викликана дією вільних радикалів збільшена проникність мембран м'язових клітин призводить до того, що м'язові клітини втрачають деякі потрібні речовини, що переходять до крові та лімфи [2].

Вищезазвані фактори, викликані вільнорадикальним окисненням, погіршують функціональний стан спортсмена, що врешті решт впливає на результат.

Наряду з названими причинами, що збільшують концентрацію вільних радикалів в організмі внаслідок інтенсифікації процесів вільнорадикального окиснення, існує ще один шлях збільшення концентрації вільних радикалів. Це вживання в їжу продуктів, що містять окиснені жири. Такими жирами можуть бути олії та жири, що були нагріті вище, ніж їх точка диміння.

Точка диміння – температура, після досягнення якої починають з'являтися речовини з вільними радикалами. Нерафіновані олії, переважно, мають низьку точку диміння, тому їх можна використовувати лише для холодних блюд. Від вживання нерафінованих олій в холодних блюдах організм отримує велику користь, бо такі олії мають значну кількість вітаміну Е – самого сильного природного антиоксиданту. Рафіновані ж олії, придатні для приготування гарячих страв, тому що в них висока точка диміння, до дозволяє нагрівати такі олії без погіршення їх якості та безпечності. Однак, рафіновані олії бідні на вітаміни та інші біологічно-активні речовини, тому використання їх у салатах – недоцільне. Також важливо як олії зберігаються. Після відкриття, рідкі рослинні олії слід зберігати у холодильнику в темній скляній тарі не більше ніж декілька тижнів в межах загального терміну придатності (точний термін зберігання залежить від виду олії). Це збереже олію від перекисного окиснення та як наслідок - від утворення вільних радикалів.

Проблема збереження якості та раціонального вживання продуктів, що містять жири та олії, дуже актуальна, тому що спектр цих продуктів широкий. Це і молочні продукти, і горіхи, і тваринні продукти, і кондитерські вироби, і соуси, і олії в чистому вигляді.

Свіжі, якісні, раціонально вживані олії несуть велику користь для організму. Слід зазначити, що відсутність вільних радикалів в оліях – це дуже важливе питання, але існує ще декілька суттєвих факторів, що мають вагомий вплив на ліпіди клітинних мембран.

2) Другий фактор – жирнокислотний склад ліпідів.

До складу клітинних мембран входять переважно ненасичені жирні кислоти. Сімейство ненасичених жирних кислот омега-3 та омега-6

відрізняються тим, що вони не синтезуються в організмі людини, а тому повинні потрапляти з їжею. Омега-6 містяться у багатьох оліях – соняшниковій, оливковій, грецького горіху, кедрового горіху, кунжутній, лляній, зародків пшениці, кукурудзяній, олії з насіння гарбуза.

А ось важливими постачальниками омега-3 є досить невеликий список продуктів – лляна олії, олія з насіння гарбуза, олія грецького горіху, олія зародків пшениці та риба жирних сортів.

Розглянемо функції в організмі омега-3 та омега-6 жирних кислот.

Омега-6 підтримують здоров'я клітинних мембран, нормалізують жировий обмін, поліпшують стан шкіри та печінки.

Омега-3 підтримують здоров'я клітинних мембран, нормалізують холестеринний обмін, очищають та надають еластичності судинам, попереджають виникнення тромбів, нормалізують артеріальний тиск, поліпшують кровопостачання мозку та кінцівок, сприяють оновленню та розвитку нервових клітин, роблять більш швидким процес оновлення кісткової тканини та сприяють більш скорішому зростанню переломів, поліпшують стан зв'язок.

Має значення і співвідношення омега-6:омега-3. Рациональним вважається 1:1 – 4:1. але у людей, що цілеспрямовано не слідкують за надходженням омега-3 до організму, це співвідношення може бути 20:1 (тобто на 20 частин омега-6 приходить лише 1 частина омега-3). Зважаючи на велику роль омега-3 в організмі спортсменів, слід раціоналізувати свій щоденний раціон, залучивши до нього вищезазначені омега-3-вмісні продукти.

3) Третій фактор – характер конфігурації ненасичених жирних кислот, що входять до складу ліпідів біологічних мембран.

Ще один серйозний харчовий фактор, впливаючий на гомеостаз клітин – жирні кислоти в транс-конфігурації. За структурою жирна кислота в транс-конфігурації – ненасичена, тому організм використовує такі кислоти для будівництва клітинних мембран, наряду з жирними кислотами, що знаходяться у природній цис-конфігурації. Включення в клітинну мембрану жирної кислоти в транс-конфігурації призводить до інертності клітинної мембрани – поживні речовини повільніше входять до клітини, а продукти клітинного обміну – повільніше виходять із клітини. Отже, погіршується клітинний гомеостаз.

Від здоров'я клітинної мембрани залежить здоров'я всієї клітини. Тому слід свідомо уникати продуктів, що містять жирні кислоти в транс-конфігурації. Такими продуктами є маргарин, спред, заміник какао-масла, гідрогенізовані олії та жири (а вони є майже в усій промисловій випічці та у різноманітних кондитерських виробках), кулінарні та кондитерські олії та жири.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Для боротьби з вільними радикалами в організмі людини існує антиоксидантна система, що складається з антиоксидантів та ферментів.

Антиоксиданти – речовини, що здатні перетворювати вільні радикали на стабільні молекули або речовини, що здатні сповільнювати процеси окиснення. Ферменти – супероксиддисмутаза та каталаза – каталізують реакції, в ході яких вільні радикали переходять в стабільні молекули.

Коли швидкість вільнорадикального окиснення, внаслідок фізичних та психологічних навантажень, збільшується, то допомогти внутрішнім силам антиоксидантної системи організму у боротьбі з вільними радикалами здатні екзогенні антиоксиданти.

Екзогенні антиоксиданти – це ті антиоксиданти, які потрапляють в організм із їжею. Існує ціла низка продуктів, що багата на антиоксиданти. До таких продуктів відносяться фрукти та овочі, бразильські горіхи, нерафіновані олії, деякі спеції, какао, зелений чай.

Для дослідження впливу екзогенних антиоксидантів було проведено дослід *in vitro*.

Для експерименту було використано модельну суміш, що містила у своєму складі поліненасичені жирні кислоти.

Було проведено дослід, у яких порівнювалася швидкість окиснення поліненасичених жирних кислот із швидкістю окиснення поліненасичених жирних кислот в присутності розробленого антиоксиданту [3–5].

В якості антиоксиданту було використано комплексний антиоксидант на основі екстрактів із листя горіху волоського та квітів календули, що багатий на інгібітори окиснення.

Окиснення зразків проводилось на приладі Окситест, який дозволяє дослідити стійкість зразків до вільнорадикального окиснення, шляхом виміру періодів індукції.

Період індукції – час на протязі якого швидкість реакції наближена до нуля. Тобто це час, упродовж якого досліджувана суміш залишається стійкою до окиснення - вільні радикали впродовж цього часу майже не з'являються. Чим більший період індукції – тим довше ненасичені жирні кислоти лишаються у незмінному стані.

Результати досліджень окиснення модельних сумішей з урахуванням наявності антиоксиданту наведено на рис. 1 та 2.

Період індукції при окисненні модельної суміші без додавання антиоксиданту склав 1426 хвилин, період індукції при окисненні модельної суміші з додаванням антиоксиданту склав 2855 хвилин.

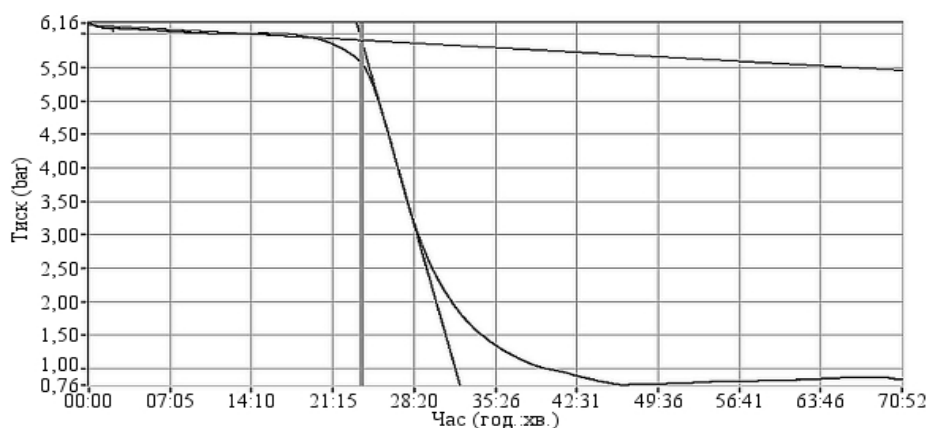


Рис. 1 Окиснення модельної суміші без додавання антиоксиданту

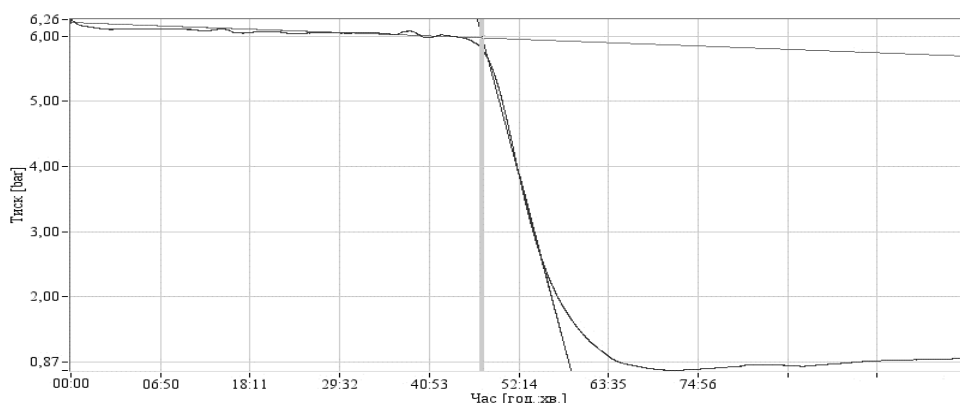


Рис. 2 Окиснення модельної суміші з додаванням розробленого комплексного антиоксиданту

Отже, введення антиоксиданту підвищує стійкість до окиснення майже в 2 рази. Цей показник свідчить про те, що введення антиоксидантів суттєво впливає на спроможність жирних кислот протистояти процесам вільнорадикального окиснення. Підвищена стійкість жирних кислот, що входять до складу клітинних мембран, до процесів вільнорадикального окиснення, дозволить клітинній мембрані виконувати свої фізіологічні функції на належному рівні навіть під час інтенсифікації процесів вільнорадикального окиснення, що спостерігаються при інтенсивному навантаженні спортсмена на тренуваннях та змаганнях.

Також, наряду із вживанням екзогенних антиоксидантів, слід уникати того, щоб до складу клітинних мембран потрапляли жирні кислоти у транс-конфігурації. Це можливо досягти за рахунок уважної та свідомої відмови від багатьох продуктів, що зазвичай використовуються спортсменами в якості «перекусів». Отже, розробка «перекусів», що містять тільки корисні для клітинних мембран речовини – важливе та актуальне наукове завдання.

Та ще одна складова – слідкувати за тим, щоб до організму потрапляла достатня кількість омега-3 та омега-6 жирних кислот.

Підсумок трьох вагомих фактора, що впливають на здоров'я клітинних мембран, дає можливість розробити рекомендації щодо раціону спортсменів:

- відмова від продуктів, що мають у своєму складі гідрогенізовані олії та жири, частково гідрогенізовані олії та жири, кондитерські жири, кулінарні жири, маргарин, серед, заміник какао-масла;
 - не нагрівати харчові олії вище ніж їх точка диміння;
 - використовувати в якості «перекусів» високопоживні солодощі.
- Ними можуть бути фрукти, власноруч приготовлені солодощі із високопоживних інгредієнтів, шоколад із натуральним какао-маслом без начинок.
- Рецепт приготування високопоживної халви: змелені насіння соняшника та кунжуту перемішати та додати мед, щоб отримана консистенція дозволила сформувати брикет (мед не слід нагрівати, тому якщо мед твердий, то його руками вмішують до суміші змелених насіння соняшника та кунжуту);
- вживати лляну олії як джерело омега-3 жирних кислот (1-2 чайні ложки в день);
 - вживати олію зародків пшениці як джерело вітаміну Е (1-2 чайні ложки);
 - вживати бразильські горіхи як джерело селену (але не більше двох горіхів в день);
 - вживати волоські горіхи (5 горіхів в день);
 - додавати до страв невелику кількість куркуми;

– кожного дня вживати фрукти та овочі.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

Таким чином, у результаті виконаного дослідження досягнуті наступні результати:

- 1) проаналізовано вплив різноманітних чинників на функціональний стан клітинних мембран;
- 2) виявлено продукти харчування, які погіршують гомеостаз клітин, негативно впливаючи на функціональний стан клітинних мембран; виявлено продукти харчування, у складі яких є

компоненти, що сприяють формуванню здорових клітинних мембран та, як наслідок – формуванню необхідних міжклітинних та внутрішньоклітинних реакцій;

- 3) надано практичні рекомендації щодо раціоналізації харчування спортсменів високої кваліфікації.

Список літератури

1. Давыдов В.В., Божков А.И. Основы биохимии. – Х.: Федорко. 2013. – 400 с.
2. Михайлов С.С. Спортивная биохимия. – М.: Советский спорт. 2004. – 220 с.
3. Товажнянський Л.Л., Бухкало С.І., Денисова А.Є., Демидов І.М., Капустенко П.О., Арсенєва О.П., Білоус О.В., Ольховська О.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи). – К.: «Центр учбової літератури». 2016. – 470 с.
4. Білоус О. В. Розробка комплексного антиоксиданту із екстрактів листя горіху волоського та календули / О. В. Білоус, І. М. Демидов, С. І. Бухкало // Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2015. – № 1/6(73). – С. 22–26.
5. Білоус О. В. Технологія стабілізації рослинних олій комплексним антиоксидантом: дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук: 02.07.15 / Білоус Олеся Валеріївна. – Харків, 2015 – 206 с.

Bibliography (transliterated)

1. Davyidov V.V., Bozhkov A.I. Osnovy biokhimii. – H.: Fedorko. 2013. – 400 p.
2. Mihaylov S.S. Sportivnaya biokhimiya. – M.: Sovetskiy sport. 2004. – 220 p.
3. Tovazhnyanskiy L.L., Buhkalo S.I., Denisova A.E., Demudov I.M., Kapustenko P.O., Arseneva O.P., Bilous O.V., Olhovska O.I. Zagalna tehnologiya harchovoyi promislivosti u prikladah I zadachah (InnovatsiynI zahodi). – K.: «Tsentр uchbovoyi literaturi». 2016. – 470 p.
4. Bilous O. V. Rozrobka kompleksnogo antioksidantu iz ekstraktiv listya gorihu voloskogo ta kalenduli / O. V. Bilous, I. M. Demidov, S. I. Buhkalo // Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredoviyh tehnologiy. 2015. – № 1/6(73). – P. 22–26.
5. Bilous O. V. Tehnologiya stabilizatsiyi roslinnyh oliy kompleksnim antioksidantom: disertatsiya na zdobuttya naukovogo stupenyu kandidata tehnicnih nauk: 02.07.15 / Bilous Olesya Valeriyivna. – Harkiv, 2015 – 206 p.

Надійшла (received) 09.09.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Деякі аспекти раціонального харчування при підготовці спортсменів високої кваліфікації / О. В. Білоус // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 96–100. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784.

Некоторые аспекты рационального питания при подготовке спортсменов высокой квалификации / О. В. Белоус // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 96–100. – Библиогр.: 5 назв. – ISSN 2220-4784.

Some aspects of nutrition during preparation of highly qualified athletes / O. V. Bilous // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 96–100. Bibliog.:5 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Білоус Олеся Валеріївна – кандидат технічних наук, викладач кафедри фізичного виховання та викладач кафедри органічної хімії, біохімії та мікробіології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

Bilous Olesia Valeriyivna – Phd, candidate of technical sciences, Teacher, Department of physical education, Department of organic chemistry, biochemistry and microbiology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

Белоус Олеся Валерьевна – кандидат технических наук, преподаватель кафедры физического воспитания и преподаватель кафедры органической химии, биохимии и микробиологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380963736909; e-mail: fazia@ukr.net

УДК 678.073.002

С. І. БУХКАЛО, О. І. ОЛЬХОВСЬКА, С. П. ІГЛІН

ГАРМОНІЗАЦІЯ ЯК ПАРАДИГМА ЕФЕКТИВНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ПРОЕКТІВ ПЕРЕРОБКИ-УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

В статті наведені можливості вирішення деяких задач з метою підвищення ефективності використання ТПВ та відходів різних галузей промисловості на комплексному підприємстві, яке може забезпечувати усі свої енергетичні потреби самостійно. Дослідження спрямовані на вивчення таких питань як організація збирання і транспортування відходів, їх ідентифікація та методи контролю якості; вибір науково-обґрунтованих методів переробки та утилізації полімерів як частки ТПВ; розробка необхідних технологічних схем та обладнання для переробки відходів; вибір підприємств для утилізації полімерів і виду енергетичних ресурсів для реалізації цих проектних рішень.

Ключові слова: комплексні енерготехнології, тара та пакування, екологічна безпека, науково-обґрунтовані методи, переробка та утилізація.

В статье приведены возможности решения некоторых задач с целью повышения эффективности использования ТБО и отходов различных отраслей промышленности на комплексном предприятии, которое может обеспечивать все свои энергетические потребности самостоятельно. Исследования направлены на изучение таких вопросов, как организация сбора и транспортировки отходов, их идентификация и методы контроля качества; выбор научно-обоснованных методов переработки и утилизации полимеров как части ТБО; разработка необходимых технологических схем и оборудования для переработки отходов; выбор предприятий для утилизации полимеров и вида энергетических ресурсов для реализации этих проектных решений.

Ключевые слова: комплексные энерготехнологии, тара и упаковка, экологическая безопасность, научно-обоснованные методы, переработка и утилизация.

The materials are presented the possibilities of solving problems of improving the use of wastes of different industries on a complex enterprise that can provide all its energy needs alone. 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. The investigation are focused in researching such problems as organization of waste collection, transportation and identification of wastes according to adapted polymers classification; selection of scientific based methods of wastes to be utilized or recycled; the development of appropriated process flow sheets and choice of modifications additives and equipment for polymers waste recycling. The choice of appropriate plants with selected energy resources is very important for projects realization.

Keywords: integrated energy technologies, packaging, evidence-based methods, ecological safety, wastes conversion and recycling.

Вступ.

В межах системної парадигми економіка сьогодні розглядається з позицій формування, трансформації, взаємодії і ліквідації економічних систем. До останніх відносяться підприємства, організації, ринки, країни тощо, а також інші види економічних явищ: проекти, процеси, середовища. Аналіз можливостей переробки твердих побутових відходів (ТПВ) на цей час проводять спеціалісти різні за фахом з точки зору наступних питань: санітарно-екологічних, економічних, організаційних, екологічних та ін. Це зв'язано з гострим дефіцитом і, практично, 100 % імпортом полімерної сировини з однієї сторони та негативними соціально-економічними та екологічними наслідками, з іншої сторони, які потребують введення на усій території України жорстких норм поводження з полімерними матеріалами у вигляді частки ТПВ.

Важливе значення для дослідження представляли праці інших фахівців. В основі робіт цих авторів лежить комплексний підхід до вивчення причин ігнорування, щодня зростаючої на сотні тисяч тон кількості твердих побутових відходів, без чого розуміння ситуації енергетичного дефіциту в світі було б не повним, а можливо навіть і не вірним. Найбільш значущими для розуміння процесів, що відбуваються в світі і тісно пов'язаних з енергетичною політикою України, виявилися роботи вітчизняних дослідників – і інших. Окремі аспекти енергетичного міксу, проблеми та перспективи енергетичної політики України аналізуються в

роботах таких вітчизняних вчених, як Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, П.О. КАПУСТЕНКО, О.Г. БУРДО, А.А. ДОЛИНСЬКИЙ, Г.Г. ГЕЛЕТУХА, В.Г. БУРЛАКА, Б.А. ТРОШЕНЬКІН та ін. [1–4, 12].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Обрана тема дослідження представляється значущою для науки і практичної політики держав у галузі забезпечення енергоресурсами промислових галузей і регіональних муніципальних підприємств, що особливо помітно на пострадянському просторі:

1) це пов'язано із зростаючою роллю енергетичного фактора в сучасних технологіях і процесах в умовах посилення конкуренції і навіть конфронтації на енергетичних ринках;

2) питання взаємодії в енергетичній сфері є не тільки предметом наукових дискусій, але й реальної політики, що серйозним чином актуалізує проблематику дослідження питань енергетичного міксу;

3) в умовах глобалізації та розвитку високотехнологічного суспільства для просування конкретних енергетичних проектів виявляється вже недостатньо використання традиційних енергетичних ресурсів;

4) зростання конкуренції за енергоресурси та енергетичні ринки вимагає від учасників цього процесу реалізації не лише формальних процедур, а й нових технологічних рішень;

© С. І. Бухкало, О.І. Ольховська, С.П. Іглін, 2016

5) успіх енергетичної політики в сучасному світі залежить не тільки від міжурядових угод, нормативних актів, уточнюючих підписаних домовленостей, а також діяльності спільних підприємств;

б) просування інтересів енергетичних компаній і країн, які вони представляють, вже неможливо без активного використання комплексу технологічних прийомів і методів, здатних формувати сприятливий для компанії і конкретного енергетичного проекту клімат не тільки в політичному і громадському середовищі тієї чи іншої країни, а й на рівні наднаціональних інститутів.

Викладання основного матеріалу досліджень.

Слід зазначити, що ступінь наукової розробленості теми утилізації-переробки, а також енергетичного міксу представляється недостатнім, а значить, спроба узагальнюючого дослідження даної проблематики є необхідною. Незважаючи на наявність ряду цінних праць з проблем, так чи інакше пов'язаних з окремими питаннями енергетичного міксу, необхідно відзначити, що в них немає комплексного узагальнюючого дослідження конкретних прикладних технологій взаємодії уряду і

регіональних влад з провідними науковими співробітниками України. У вже існуючих роботах з проблем енергетичного міксу недостатньо уваги приділено способам і методам просування утилізації твердих побутових відходів. У той же час дане дослідження відрізняється тим, що спрямоване саме на вивчення питань місця, ролі і значення технологій енергетичного міксу в реалізації енергетичних проектів України [5–12].

Технологічні процеси здатних до утилізації-переробки полімерних відходів як частки ТПВ (рис. 1) включають в себе стадію їх ідентифікації на столах розбирання без використання механізації та автоматизації розділення за видами полімерів або вимогами до властивостей вторинної полімерної сировини; попередньої підготовки, яка полягає в подрібненні (операції 2 і 5) і очищенні полімерної сировини (операції 1, 3, 4) і подальшої переробки у вторинну сировину. Далі за вимогами виробника треба розробляти виробки нового асортименту та призначення, що також обумовлює проведення інноваційних пошуків ефективного сучасного обладнання для переробки.

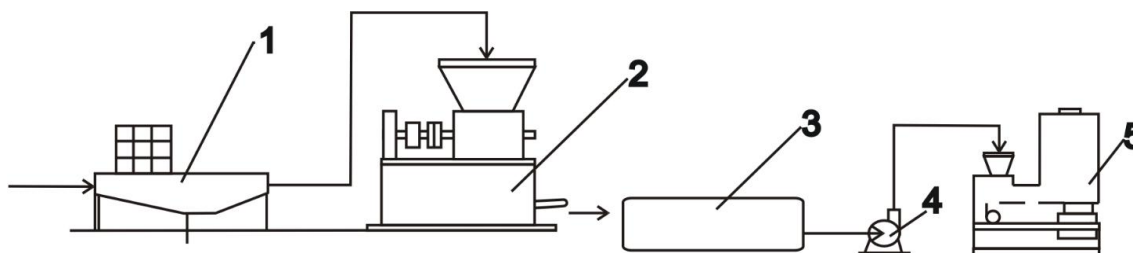


Рис. 1. Технологічна схема утилізації-переробки полімерних відходів

Синергізм з точки зору організації підприємства, можна визначити як спільну дію для досягнення спільної мети, заснований на принципі, що ціле є чимось більшим, ніж сума його частин. Синергізм означає перевищення сукупним результатом суми складових його чинників. В останні роки концепція синергізму доповнилася поняттям можливого негативного синергетичного ефекту, особливо в області загального управління проектами та організаціями.

До найбільш значущих складових синергізму менеджменту якості організації відносяться:

- якісне управлінське рішення – обґрунтоване, правомочне, своєчасне, таке, що може бути здійснене;

- корпоративна культура, головна її складова – місія – сформульована в зручну форму призначення організації, що дозволяє кожному співробітникові легко уявити себе частиною цілісного утворення; бачення;

- опис майбутнього організації, яке може бути досягнуто при сприятливих умовах так, як його уявляє керівництво або власники компанії;

- постійне поліпшення діяльності як безперервне прагнення організації підвищити досягнуті результати в різних областях;

- професіоналізм менеджерів – навчання, підвищення кваліфікації, вивчення професійної літератури і т. п.).

Представлення економіки у формі взаємодії чотирьох видів систем є тим новим поглядом, який потрібен для системного та ефективного вирішення виникаючих завдань менеджменту. Кожен з чотирьох видів систем має свою місію в економіці, яку неможливо без нього виконати, а саме:

- 1) об'єктні системи (наприклад, структурний підрозділ підприємства) організують множину різномірних елементів в єдине ціле, підтримують стабільність і відтворення ресурсів і умов;

- 2) проектні системи (проведення реконструкції, реструктуризація виробництва, створення нового виробу і тому подібне) створюють новації, сприяють інноваційній трансформації, вносять елемент динаміки, енергетично підживлюють інші класи систем;

3) середовищні системи (внутрішньофірмові стандарти, регламенти, інститути) забезпечують комунікацію і координацію, створюють умови для обміну між різними компонентами;

4) процесні системи (бізнес-процеси, технологічні процеси) гармонізують діяльність, урівноважують економічні системи, направляють потоки між об'єктами.

Об'єктні системи поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) вимагають негайної їх класифікації-ідентифікації, з метою виділення корисних придатних до вторинної переробки матеріалів ще на стадії утворення відходів, перш за все, це має відношення до полімерних відходів різноманітного походження, а також потребує аналізу цієї проблеми з точки зору ресурсо- і енергозбереження при організації переробки або утилізації полімерних відходів різного походження з урахуванням множини різноманітних елементів полімерної частки ТПВ в єдиному цілому, що підтримує стабільність джерел сировини, відтворення ресурсів і умов

Технологія поводження з ТПВ вже на стадії їх утворення і збирання – проектні системи – не залишає можливості для їх якісної переробки у вторинні матеріали – ця технологія, перш за все не відповідає навіть санітарно-гігієнічним нормам, а про переробку у якісні товари мова зовсім не йде. Основою ресурсо- і енергозбереження з погляду охорони навколишнього середовища від техногенної катастрофи є створення нової ефективної технології, маловідходної або безвідходної, котра дозволяє одержувати цільові продукти без будь якого її забруднення, а з системи мають виводитися тільки продукти, що складають біосферу. Така схема переробки полімерних відходів повинна мати початок ще на стадіях утворення виробів: конструкторські роботи; переробка у вироби різноманітними методами; сумісна оцінка економічної та екологічної складових доцільності переробки полімерних відходів у вторинну або зворотну сировину з урахуванням усіх можливостей процесу управління поводження з ТПВ, перш за все, кількості циклів переробки; можливості методів переробки або науково-обґрунтованих способів модифікації; кінцева стадія утилізації полімерних відходів та ін. Організація виробництва повинна бути спрямована не тільки на утилізацію всіх побічних продуктів, але й на використання всього виділюваного тепла, як усередині даної системи, так і частково в сусідніх взаємозалежних екологічних підсистемах. Отже, основні завдання в області ресурсо- і енергозбереження для технології переробки і утилізації полімерних відходів можна сформулювати в такий спосіб:

- створення підприємств комплексної переробки сировини, які використовують фактично повністю відходи й викиди свого виробництва, а також виробництв інших галузей промисловості;
- розробка маловідходних або безвідходних технологій;

- визначення переліку й кількості продуктів, які можуть бути засвоєні природними біологічними системами;

- створення малоенергоємних виробництв із мінімальним споживанням води;

- модернізація й удосконалювання теплообмінного встаткування в процесі проектування нових технологій;

- підвищення рівня регенерації тепла потоків і на цій базі широке використання енерготехнологічних схем і ін.

Для загальних підходів до створення безвідходних виробництв можна сформулювати основні принципи: розробка енерготехнологічних схем, що передбачають повну переробку сировини й побічних продуктів у корисні продукти – принцип раціонального використання всіх компонентів сировини й енергії, з використанням вторинних енергоресурсів на базі принципів рециркуляції й циклічності; принцип максимальної ізольованості виробництва від навколишнього середовища – кількість відходів шкідливих речовин, що утворюються, у повітряному басейні, ґрунті й водоймаках менше їхніх припустимих концентрацій; принцип круговороту речовин і енергії за винятком сировини й цільових продуктів; принцип комплексного використання багатокomпонентної сировини в безвідходному виробництві, побічна продукція здобуває всі властивості цільової продукції, сировина використовується в повному обсязі й розширюється асортимент продукції, і ін. Слід зазначити, що технологічні комплекси можуть створюватися різних масштабів з урахуванням таких показників: матеріало- і енергоємності продукції, економічного, екологічного, соціального, правового, освітнього й культурно-виховного, інформаційного забезпечення й міжнародного факторів. Напрямки розвитку вищевикладених завдань і принципів в області одержання продуктів технології переробки полімерних відходів можна розділити на два принципово різних шляхи реалізації:

1. Реконструкція й модернізація діючих виробництв з метою утворення комплексної переробки відходів різних рівнів виробництва;

2. Створення нових безвідходних або маловідходних комплексів.

Обидва шляхи перспективні у даній галузі промисловості і можуть вирішувати питання кардинально. При модернізації або проектуванні виробництв все більшого значення набувають показники матеріало- і енергоємності продукції, вони дозволяють конкретно встановити ефективність природокористування в широкому змісті цього слова.

З вивчених методів використання полімерних відходів, найбільш перспективним є напрямок одержання й переробки вторинних полімерів. Це дозволить розширити сировинну базу для виробництва виробів і підвищити ефективність використання сировини (рис 2).

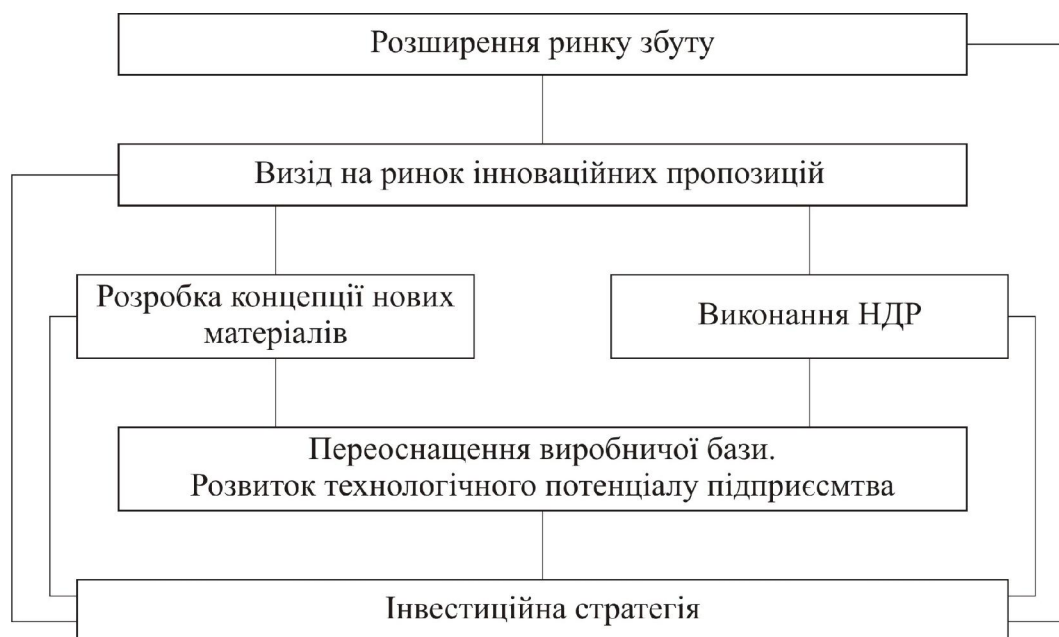


Рис. 2. Можливості введення результатів комплексних проектів у виробництва.

Ефективність використання полімерної частки ТПВ можна поставити діагноз з використанням багатокритеріальної оцінки, яка враховує поряд з фінансовими показниками чистий сировинний та енергетичний пріоритет і аспекти екологічної безпеки. Незважаючи на те, що в даний час використання ТПВ поки ще вимагає субсидування, аналіз тенденцій розвитку технологій, витрат і цін на різновиди сировини та палива показав фінансову привабливість проектів впровадження утилізації-переробки полімерної частки ТПВ в найближчому майбутньому. При проведенні фінансового аналізу проектів для об'єктів ТПВ, особливо пов'язаних з використанням їх екологічно-небезпечних складових, принципово необхідним стає облік імовірнісного характеру процесів, апаратів і технологічних особливостей процесу виробництва. В силу імовірнісного характеру ряду вихідних величин при аналізі проектів з використання об'єктів ТПВ і, як наслідок, розширення довірчих інтервалів розрахункових показників ефективності проектів, необхідним є впровадження нових форм представлення результатів, що дозволяють оперативне впровадження та аналіз безлічі рішень.

На підставі аналізу отриманих відомостей про розвиток світового поводження з ТПВ, зроблений науково-обґрунтований висновок про необхідність розширення використання об'єктів ТПВ не тільки в цілому по Україні, а і в кожному її регіоні. Можлива розробка системи критеріїв оцінки ефективності використання деяких об'єктів ТПВ; вивчений можливий перелік вихідної інформації, необхідної для проведення оцінки ефективності проектів виробництва сировини та енергоносіїв за допомогою установок рециклінгу; досліджено вплив на економічну ефективність використання:

1. Економічний ефект від економії енергоресурсів;

2. Економічний ефект від підвищення техногенної безпеки;

3. Економічний ефект від зниження викидів шкідливих речовин;

4. Ефект від заміни типу застосовуваного енергоресурсу та ін.

Можливості утилізації-переробки полімерної частки ТПВ зв'язані з розв'язанням таких питань:

- теорія і практика ефективного управління інноваційними проектами та виробництвом;
- особливості формування моделей розвитку виробництва для деяких джерел ТПВ [13, 14];
- вивчення та аналіз досвіду країн в розвитку законодавчої, а також технологічної бази поводження з ТПВ;
- екологічні програми, як обов'язкова складова інноваційних проектів в галузі поводження з екологічно-небезпечною часткою ТПВ.

Висновки даного дослідження і перспективи подальших досліджень в даному напрямку.

Виходячи з поставлених цілей і сформульованої гіпотези, основні висновки та рекомендації складені зокрема, на підставі проведеного аналізу технологій енергетичного міксу як сукупності засобів, методів і особливостей взаємодії на енергетичному ринку з урахуванням використання усіх складових ТПВ.

За вказаних умов виникає необхідність у формуванні нової управлінської парадигми – гармонійного, а значить ефективного, менеджменту. Останній, природно, повинен базуватися на загальній концепції гармонічності, яка трактується як «...узгодженість частин в розчленованому цілому». Присутність узгодженості в пропорціях складових частин бізнес-процесів є запорукою адаптивності організації та забезпечення її розвитку.

Список літератури

1. Бухкало С.І. Екологічна безпека як складова концепції утилізації відходів для комплексних підприємств енергетичного міксу // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 49. С. 42–56.
2. Бухкало С.І. Применение математического моделирования для комплексных предприятий по переработке отходов / С.И. Бухкало, С.Е. Гардер, О.Ю. Химич и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 7–78.
3. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.І. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 160–166.
4. Эффективные компоненты теплообменных систем для процессов конверсии техногенных отходов / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, С.І. Бухкало, А.Ю. Перевертайленко, О.П. Арсеньева // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. № 21. С. 3–12.
5. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.І. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2012. – № 10. – с. 72–80.
6. Бухкало С.І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 4. – с. 29–33.
7. Бухкало С.І. Анализ эколого-правовой базы комплексной утилизации отходов полимеров / С.І. Бухкало, Н.Н. Зипунников, О.І. Ольховская и др. // Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2011. – № 21. – с. 140–145.
8. Бухкало С.І. Комплексні інноваційні проекти як фактори забезпечення технічної творчості студентів. XII міжнародна школа-семинар «Сучасні педагогічні технології в освіті». НТУ «ХП», – Х, 12–14 лютого 2014.
9. Бухкало С.І. Удосконалювання методів оцінки знань студентів вищих навчальних закладів. Вісник НТУ «ХП». – Х.: НТУ «ХП». 2014. – № 16. – с. 3–11.
10. Бухкало С.І. Ресурсосберегающие технологии использования полимерных отходов. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2001, № 2, с. 106–112.
11. Бухкало С.І. К вопросу энергосбережения процесса агломерирования полимерной упаковки. Інтегровані технології та енергозбереження. Х.: НТУ «ХП», 2005, № 2, с. 29–33.
12. Товажнянский Л.Л., Бухкало С.І., Капустенко П.А., Хавин Г.Л. Основные технологии пищевых производств и энергосбережение. Уч. пособие. – Х.: НТУ «ХП». 2005. – 460 с.
13. Бухкало С.І., Іглін С.П. Деякі моделі дослідження структурно-хімічних змін при експлуатації полімерних виробів / Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХП». 2016. – № 3. – с.52–57.
14. Бухкало С.І. Інноваційні технології використання відходів. 4-й міжн. конгрес Сталій розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування, 21–23 вересня 2016 р., Львів. 2016, – с. 111.

Bibliography (transliterated)

1. Bukhhalo S.I. Ekologichna bezpeka jak skladova koncepcii utilizacii vidhodiv dlja kompleksnih pidpriemstv energetichnogo miksu // Visnik NTU «KhPI». – Kharkov.: NTU «KhPI». 2014. – No. 49, p. 42–56.
2. Bukhhalo S.I. Primenenie matematicheskogo modelirovaniya dlja kompleksnyh predpriyatij po pererabotke othodov / S.I. Bukhhalo, S.E. Garder, O.Ju. Himich i dr. // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 73–78.
3. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernyh othodov kak komplekse innovacionnyh proektov. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2012. – No. 10. – P. 160–166.
4. Jefferktivnye komponenty teploobmennyh sistem dlja processov konversii tehnogennyh othodov / L.L. Tovazhnjanskij, P.A. Kapustenko, S.I. Bukhhalo, A.Ju. Perevertajlenko, O.P. Arsen'eva // Visnik NTU «KhPI». – Kharkov : NTU «KhPI». 2011. – No. 21, p. 3–12.
5. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jefferktivnosti resurso- i jenergosberezenija na kompleksnyh predpriyatjah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». – Kharkov.: NTU «KhPI». 2012. – No. 10. – p. 72–80.
6. Bukhhalo S.I. Dejaki vlastivosti polimernih vidhodiv u jakosti sirovini dlja energo- i resursozberigajuchih procesiv // Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – Kharkov : NTU «KhPI». 2014. – No. 4. – p. 29–33.
7. Bukhhalo S.I. Analiz jekologo-pravovoj bazy kompleksnoj utilizacii othodov polimerov / S.I. Bukhhalo, N.N. Zipunnikov, O.I. Ol'hovskaja i dr. // Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2011. – No. 21. – P. 140–145.
8. Bukhhalo S.I. Kompleksni innovacijni proekti jak faktori zabezpechennja tehnicnoï tvorčnosti studentiv. XII mizhnarodna shkola-seminar «Suchasni pedagogichni tehnologii v osviti». NTU «Khpi», – Khr., 12–14 ljutogo 2014.
9. Bukhhalo S.I. Udokonaljuvanija metodiv ocinki znan' studentiv vishnih navchal'nih zakladiv. Visnik NTU – Khpi. – Kharkiv. NTU «Khpi». 2014. – No. 16. – P. 3–11.
10. Bukhhalo S.I. Resursosberegajushhie tehnologii ispol'zovanija polimernyh othodov. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – Khr. NTU «Khpi», 2001, № 2, P. 106–112.
11. Bukhhalo S.I. K voprosu jenergosberezenija processa aglomerirovanija polimernoj upakovki. Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. H.: NTU «HPI», 2005, № 2, P. 29–33.

12. *Tovazhnjanskij L.L., Buhkalo S.I., Kapustenko P.A., Khavin G.L.* Osnovnye tehnologii pishhevyy proizvodstv i jenergosberezenie. Uch. posobie. – Khr. NTU «Khpi». 2005. – 460 p.
13. *Buhkalo S.I., Iglin S.P.* Dejaki modeli doslidzhennja strukturno-himichnih zmin pri ekspluatacii polimernih virobiv / Integrovani tehnologii ta energozberezhennja. – H.: NTU «HPI». 2016. – № 3. – p. 52–57.
14. *Buhkalo S.I.* Innovacijni tehnologii vikoristannja vidhodiv. 4-j mizhn. kongres Stalij rozvitok: zahist navkolishn'ogo seredovishha. Energooshhadnist'. Zbalansovane prirodokoristuvannja, 21–23 veresnja 2016 r., L'viv. 2016, – p. 111.

Поступила (received) 23.10.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Гармонізація як парадигма ефективного менеджменту проектів переробки-утилізації полімерних відходів / С. І. Бухкало, О. І. Ольховська, С. П. Іглін, // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 101–106. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Гармонизация как парадигма эффективного менеджмента проектов переработки-утилизации полимерных отходов / С. И. Бухкало, О. И. Ольховская, С. П. Иглин // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 29 (1201). – С. 101–106. – Библиогр.: 14 назв. – ISSN 2220-4784.

Harmonisation as a paradigm of efficient management projects, recycling of plastic waste / S. I. Bukhkalov, O. I. Olkhovska, S. P. Iglin // Bulletin of National Technical University «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2016. – № 29 (1201). – p. 101–106. Bibliog.: 14 titles. – ISSN 2220-4784.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

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

Bukhkalov 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

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

Ольховська Оксана Ігорівна – ст. викладач, кафедра менеджменту і опадаткування, Національний технічний університет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Olkhovska Oksana Igorivna – senior lecturer, 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, кафедра менеджмента и налогообложения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Іглін Сергій Петрович – кандидат технічних наук, професор кафедри прикладної математики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Iglin Sergii Petrovich – Phd, candidate of technical sciences, Professor, Department of Applied Mathematics National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel. : +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

Іглін Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладной математики, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380673010613; e-mail: bis.khr@gmail.com

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й НАУКОВІ РОЗРОБКИ

1. *В. Е. ВЕДЬ, Т. З. ЗЕБЕШЕВ, Е. В. КРАСНОКУТСКИЙ, М. А. ГАЕВОЙ.*
Стендовые испытания каталитического нейтрализатора ДВС новой конструкции..... 3
2. *Ю. Б. ДАНИЛОВ, Л. П. ПЕРЦЕВ.*
Требования к выбору конструкционных материалов при проектировании и изготовлении оборудования для химической промышленности.... 9
3. *Н. Н. НЕМЕЦ.*
О превращении йодид-ионов попутно-пластовых вод газоконденсатных месторождений в йод под воздействием озона..... 14
4. *О. В. КУСТУРОВА, Р. О. ШЕВЧЕНКО, О. А. ЖУГАН, А. В. ПЕЧЕНИЖСЬКА, О. А. ПОДОЛЬЯН.*
Дослідження корозійної активності мінералізованих технологічних рідин..... 19

МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

5. *С. І. БУХКАЛО.*
Екологічнобезпечні моделі комплексної утилізації-модифікації полімерних відходів як частини твердих побутових відходів..... 24
6. *Т. Г. БАБАК, О. А. ГОЛУБКИНА, Ю. В. МАЛЫШКО, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО.*
Модернизация процесса ректификации частично растворимой азеотропной смеси фурфурол-вода..... 38
7. *Т. Г. БАБАК, С. В. БАЛЮК, О. А. ГОЛУБКИНА, Е. Д. ПОНОМАРЕНКО*
Оптимизация энергопотребления ректификационной установки на основе интеграции тепловых потоков..... 43
8. *Г. О. САБАДОШ.*
Вплив факторів на піноутворення в технології молочних десертів з використанням карагінану..... 49

ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАДАЧІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ІННОВАЦІЙ

9. <i>В. В. АНАН'ЄВА, Л. В. КРИЧКОВСЬКА, А. П. БЄЛІНСЬКА, О. О. ВАРАНКІНА.</i> Особливості технології харчових олієжирових емульсій оздоровчого призначення.....	55
10. <i>Л. С. МИРОНЕНКО, В. К. ТИМЧЕНКО, Є. А. КРИШТОП.</i> Перспективи використання олії насіння сафлору у харчових та косметичних продуктах.....	62
11. <i>Л. А. ДАНИЛОВА, Т. О. БЕРЕЗКА, А. О. ДЕМИДОВА, М. І. БОЙКО, Т. В. АРУТЮНЯН.</i> Антиоксидант з кори дуба як джерело поліфенолів у пивоварінні.....	66
12. <i>О. А. СЕВЕРИН, Т. О. КОЛІСНИЧЕНКО, Г. В. НОВИК, К. А. ДЯТЧЕНКО.</i> Дослідження енергозберігаючої обробки харчових продуктів.....	72
13. <i>В. Б. ДИСТАНОВ, Т. В. ФАЛАЛЕЄВА, Л. С. МИРОНЕНКО.</i> Дневные флуоресцентные пигменты на основе меламинотолуолсульфамидформальдегидного олигомера для эмалевых красок.....	76
14. <i>І. В. ЛЕВЧУК, І. М. ДЕМИДОВ, В. К. ТИМЧЕНКО.</i> Технологічні аспекти запровадження системи безпечності харчових продуктів у схеми технохімконтролю олійєжирових виробництв.....	81
15. <i>Ю. Е. ОМЕЛЬЧЕНКО, И. Н. ДЕМИДОВ.</i> Извлечение воскоподобных веществ из отходов вымораживания подсолнечного масла с использованием реакции алкоголиза.....	85
ІННОВАЦІЙНІ ЗАХОДИ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У НАВЧАННІ	
16. <i>А. О. АГЕЙЧЕВА, О. І. КОМАРОВА.</i> Аналіз граматичних можливостей науково-технічного перекладу	90
17. <i>О. В. БЕЛОУС.</i> Некоторые аспекты рационального питания при подготовке спортсменов высокой квалификации.....	96
18. <i>С. І. БУХКАЛО, О. І. ОЛЬХОВСЬКА, С. П. ІГЛІН</i> Гармонізація як парадигма ефективного менеджменту проектів переробки-утилізації полімерних відходів.....	101
ЗМІСТ	107

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Серія:
Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів

№ 29 (1201) 2016

Наукові редактори д-р техн. наук, проф. Л.М. Ульєв,
канд. техн. наук, проф. С.І. Бухкало
Технічний редактор ст. викл. О.І. Ольховська

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів.
Тел.: (057) 707-63-04; e-mail: bis.khr@gmail.com

Обл.-вид № 28-16

Підп. до друку 13.10.16 р. Формат 60×90 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. . Облік.-вид. арк.
Тираж 300 пр. 1-й з-д 1-100. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вил Фрунзе, 21

Видавництво «Смугаста типографія»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК №4863 від 12.03.2015 р.
61019, Харків, вул. Чернишевська, 28-а, тел. (057) 754-49-42