ВЕСТНИК НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

Сборник научных трудов

15'2009

Тематический выпуск "Новые решения в современных технологиях "

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание
Свидетельство Госкомитета по информационной политике Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель
Л Л.Товажнянский, д-р техн.наук, проф.

Зам. председателя
А.П. Марченко, д-р техн .наук, проф.
Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.
Секретарь координационного совета
К.А.Горбунов, канд.техн.наук, доцент

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.
Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.
М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.
АИ. Грабченко, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.
В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.
П.А. Качанов, д-р техн наук, проф.
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.
В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.
О.К.Морачковский, д-р техн наук, проф.
П.Г. Перерва, д-р энон. наук. проф.
Н.И. Погорелов, д-р техн. наук, проф.
М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.
В.П. Себко, д-р техн. наук. проф.
В.И. Таран, д-р техн. наук, проф.
Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.
А Ф. Шеховцов, д-р техн. наук, проф
Е.И. Юносова. д-р фил. наук, проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор
Е.И. Сокол, д-р техн .наук, проф.

Ответственный секретарь
О.В. Саввова, канд. техн. наук

Г.И. Львов, д-р техн.наук, проф.
А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.
И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.
Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.
В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.
В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.
М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.
Б.А. Перепелица, д-р техн. наук, проф.
Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.
В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.
В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.
Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.
Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.
Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.
В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.
Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.
П.Г. Перерва, д-р энон. наук, проф.
Н.И. Погорелов, д-р энон. наук, проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ
61002, Харьков, ул. Фрунзе. 21 НТУ «ХПИ», СМУС Тел. (057) 707-60-40

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ- 2009. -№15 - 124 с.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

Друкується за рішенням Вченої ради НТУ „ХПІ", Протокол № 8 від 26.06.2009

Національний технічний університет „ХПІ" 2009

УДК 66.021.3

Д.О. ЛАЗНЕНКО, канд.техн.наук., СумДУ, м.Суми,
С.В. СИДОРЕНКО, здоб., СумДУ, м.Суми

ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАТУ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЦЕНТРОВОГО МАСООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ.

Показан способ утилизации смеси уксусная кислота-вода в производстве ацетата этиленгликоля концентрированием ее в ректификационной установке. Установка построена на базе центробежных массообменных аппаратов. Применение такой схемы позволяет получить целевой продукт заданного качества при непрерывной загрузке оборудования на относительно небольших мощностях. В процессе работы получены данные по рекомендуемым режимным параметрам работы.

The way of recycling of a mix acetic acid – water in ethylene glycol acetate manufacture by it concentration in rectification installation is shown. Installation is constructed on the basis of centrifugal mass-transfer devices. Application of such scheme allows to receive a target product of the set quality at continuous loading of the equipment on rather small capacities. In the course of work the data on recommended regime parametres of work is obtained

Проблема екологічного стану нашої держави гостро стоїть останні роки. Однією з основних проблем є утворення та накопичення відходів.

Щорічно на Україні в період з 2000 до 2007 роки за оцінками Ради вивчення продуктивних сил НАН України обсяг утворення відходів складав 650–750 млн. т. Загальний обсяг вже накопичених відходів в державі на цей час оцінено в 35 млрд. т. [1].

В сфері поводження з промисловими відходами існує багато проблем, що потребують вирішення. В тому числі це застарілі технології виробництв, недостатня повнота використання сировини і матеріалів, низька ефективність обладнання, відсутність утилізації побічних продуктів та відходів в містах їх утворення. Суттєвою проблемою також є втрата ресурсної сировини з виробничими відходами.

Постійне зростання енергетичних та матеріальних ресурсів робить все більш актуальною задачу створення та впровадження методів для переробки і утилізації відходів виробництв з невисокими капітальними та експлуатаційними витратами і необхідними показниками ефективності.

Ацетат етиленгліколю (АЦЕГ) є продуктом хімічної промисловості, використовується в ливарному виробництві при виготовленні формувальних та стрижневих сумішей в якості затверджувача (при змішуванні з рідким склом). АЦЕГ фактично є сумішшю моноацетату та діацетату етиленгліколю, а також домішок пропіонату етиленгліколю, органічних кислот та води і в залежності від співвідношення ефірів в кінцевій суміші випускається декількох марок.

Технологічний процес отримання затверджувача оснований на реакції етерифікації етиленгліколю і оцтової кислоти з одночасним виведенням реакційної води із системи. Синтез проводиться в надлишку оцтової кислоти до трикратного, при атмосферному тиску і під вакуумом і температурі 105-135^{0}С за реакціями:

Цільовим продуктом етерифікації є суміш складних ефірів (моно- та діацетату етиленгликолю) у заданому співвідношенні.

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + CH_3COOH \leftrightarrow \begin{array}{l} CH_2\,OH \\ | \\ CH_2-O-COCH_3 \\ \text{(моноацетат)} \end{array} + H_2O \qquad (1)$$

$$\begin{array}{l} CH_2-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{array} + 2CH_3COOH \leftrightarrow \begin{array}{l} CH_2\,OCOCH_3 \\ | \\ CH_2-O\,COCH_3 \\ \text{(діацетат)} \end{array} + 2H_2O \qquad (2)$$

Ацетати етиленгліколя представляють собою маслянисту речовину з низькою летючістю. Реакція етерифікації являється зворотною і має тепловий ефект близький до нуля.

Для зміщення рівноваги в бік утворення продуктів реакції, реакційну воду необхідно виводити із зони реакції. В процесі синтезу реакційна вода і надлишок оцтової кислоти відводяться із реактора в холодильник, а потім в збірник, зі збірника самопливом зливається в ємність. Суміш, води та оцтової кислоти, що накопичується в ємності, має концентрацію 30-35% (мас.) і фактично є відходом виробництва. Оцтова кислота при цьому є сировиною для отримання АЦЕГ, необхідна концентрація для можливості використання в процесі складає від 70 до 99%.

Потужність виробництва, на якому впроваджується дане технічне рішення, складає близько 300 т/рік по кінцевому продукту, при цьому кількість відходу складає близько 250 т/рік.

Таким чином постає задача сконцентрувати кислоту для можливості її застосування в виробничому циклі, одночасно вирішується проблема утилізації відходу та повернення в виробництво ресурсного компоненту. Концентрування кислоти доцільно здійснювати ректифікацією суміші оцтова кислота-вода.

Використання ректифікаційної колони встановленої на виробництві є енергетично дуже затратним внаслідок зниження потужності виробництва. Невеликі обсяги речовини не дозволяють безперервно завантажувати ректифікаційне обладнання. Відхід накопичували і при достатній кількості запускали колону на певний час, потім зупиняли. Але така схема роботи веде до перевитрат енергоресурсів і несе ряд організаційно-технологічних незручностей у виробництві, тому від неї на підприємстві відмовилися. Вказаний відхід відправляли на нейтралізацію і далі нейтралізовані стоки на скид.

Нами запропоноване технічне рішення концентрування суміші оцтова кислота-вода шляхом ректифікації з використанням відцентрового масообмінного обладнання.

Для ректифікації відходу виробництва АЦЕГ було розроблено та встановлено установку з двох послідовно з'єднаних протиточних відцентрових масообмінних апаратів (ВМА). Така установка замінює повну ректифікаційну колону, апарати виконують функцію відгінної та концентраційної її частини.

ВМА являє собою клас масообмінного обладнання, в якому реалізований принцип контакту взаємодіючих фаз в полі відцентрових сил. Обрана нами конструкція забезпечує протиточний контакт фаз. Принципова схема апарату наведена на рис.1. Контактний пристрій ВМА [2] виконаний з вісесиметрично розташованих кільцевих контактний елементів, зібраних в пакет, що встановлюється в середині ротору ВМА.

Кільцеві елементи виготовлені зі стрічки дрібночарункової металевої сітки і розташовані на певній відстані один від одного. Така конструкція контактного пристрою забезпечує багатократне утворення та руйнування дисперсного потоку рідини в об'ємі ротору при протиточному контакті з газовою фазою, що забезпечує високу ефективність проведення процесу масообміну в апараті. В промислових умовах було досліджено залежність ефективності ВМА від режимних та технологічних параметрів.

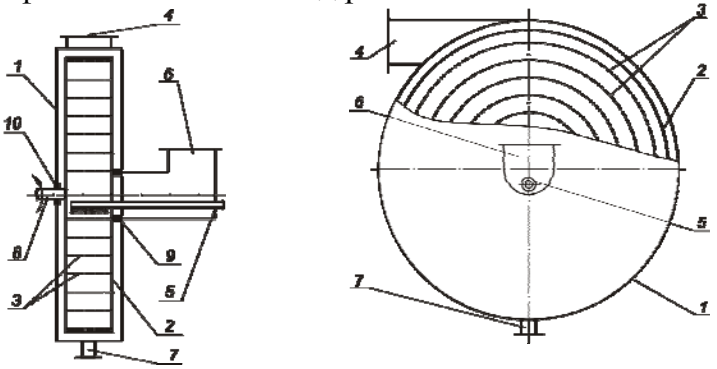


Рис.1. Схема протиточного ВМА: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – контактний пристрій; 4, 5 – патрубки для подачі газу та рідини відповідно; 6, 7 – патрубки для виведення газу та рідини відповідно; 8 – вал; 9,10 – ущільнення.

Схема розгінної установки, побудованої на базі двох ВМА, наведена на рис.2. Установка працює наступним чином. Вихідна суміш надходить на зрошення відгінного апарату. З кубу-випарника в цей же апарата надходить концентрована кислота. Після взаємодії в контактному пристрої, парова фаза поступає в концентраційну частину установки (другий ВМА), на зрошення якого подається низько киплячий компонент (вода з залишками оцтової кислоти). Після конденсації парів в дефлегматорі частина конденсату відводиться з системи, а інша повертається в процес як флегма. Концентрована оцтова кислота відводиться з низу відгінного ВМА, вона розділяється на два потоки, один з яких направляється в куб-випарник, інший як цільовий продукт попадає в збірник і повертається в технологічний процес.

Апарати в складі запропонованої схеми мають такі параметри:

- відгінний ВМА: внутрішній діаметр ротору 80 мм, зовнішній діаметр 520 мм, ширина ротору 50 мм, число теоретичних тарілок $N_{m.m.} \approx 10$;

- концентраційний ВМА: внутрішній діаметр ротору 80 мм, зовнішній діаметр 400 мм, ширина ротору 50 мм, число теоретичних тарілок $N_{m.m.} \approx 7$.

Контактний пристрій конструктивно складається з вісесиметричних кільцевих елементів, виготовлених з металевої сітки 1,2х0,32 і встановлених на відстані 5 мм один від одного. Апарати працюють від одного електродвигуна потужністю 0,7 кВт з частотою обертання 1500 об/хв.

Вихідна суміш подавалася на концентрування в кількості 30 кг/год з концентрацією кислоти 35 ±2 % (мас.).

Для можливості застосування в технологічному процесі виробництва АЦЕГ, отримана після утилізації відходу оцтова кислота повинна мати концентрацію 70-99%.

При роботі установки проводилися дослідження режимів процесу для визначення оптимальних його параметрів. Важливими параметрами ректифікаційного процесу є флегмове число (R), парове число (П) та співвідношення L/G. Сьогодні напрацьовані рекомендації для їх визначення в різних типах ректифікаційних колон, але для запропонованої схеми з відцентрових апаратів це потребує окремого дослідження. З метою визначення рекомендованих параметрів роботи даної ректифікаційної установки

визначався їх вплив на якісні та кількісні показники процесу, а також на його енерговитрати.

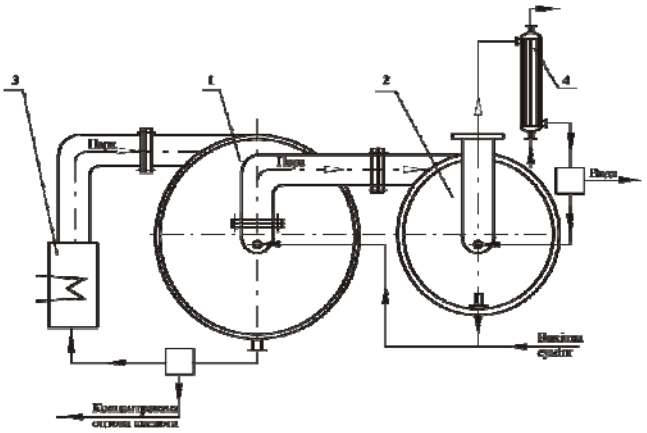


Рис.2. Схема установки для концентрування оцтової кислоти в виробництві АЦЕГ: 1 – відгінний ВМА, 2 – концентраційний ВМА, 3 – куб-випарник, 4 – дефлегматор; зафарбовані стрілки показують напрямок руху рідини, порожні – пари.

З метою отримання рекомендованих величин флегмового та парового числа і відповідно відношення L/G, експериментально досліджували їх вплив на характеристики отримуваних продуктів перегонки. В першій серії експериментів змінювали величину флегмового числа при незмінній витрати пари (потужності випарного кубу). В другій серії залишали незмінним подачу флегми і змінювали потужність випарного кубу. В обох серіях досліджень контролювали концентрації та кількість продуктів ректифікації.

Отримані результати узагальнені у вигляді графічних залежностей. На рис. 3-6 наведені залежності кількісних та якісних показників процесу від флегмового числа (перша серія експериментів).

Збільшення флегмового числа призводить до підвищення якості розділення внаслідок збільшення рушійної сили процесу, спостерігається зростання концентрації кислоти в кубовому залишку та зменшення її в дистиляті. Кількісні показники процесу змінюються по різному. В дистиляті разом з підвищенням його якості внаслідок росту R, кількісний показник зменшується (рис.5). Кількість кубового залишку зі зростанням флегмового числа навпаки збільшується (рис.6).

Аналіз отриманих даних дозволяє встановити рекомендоване флегмове число для даної системи на рівні R=3.

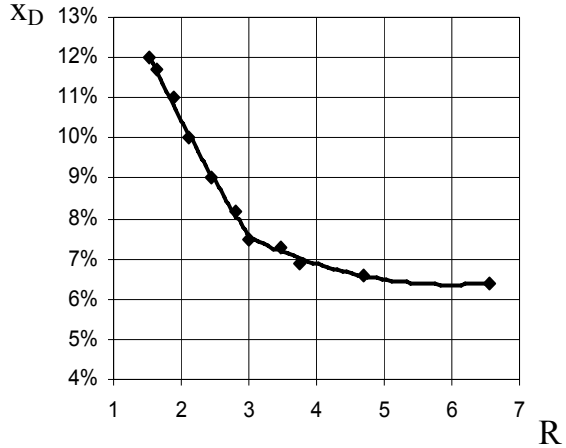


Рис.3. Залежність концентрації кислоти в дистиляті від флегмового числа.

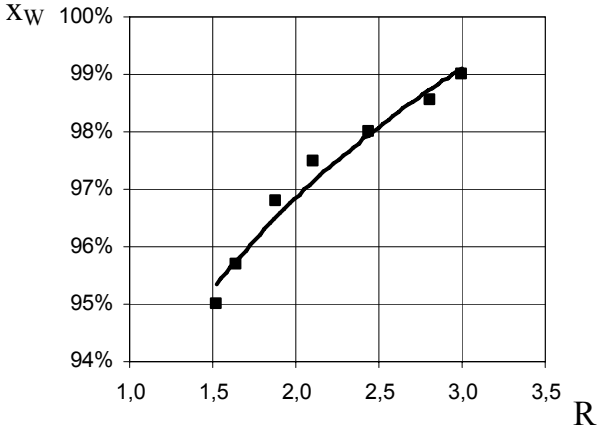


Рис.4. Залежність концентрації кислоти в кубовому залишку від флегмового числа.

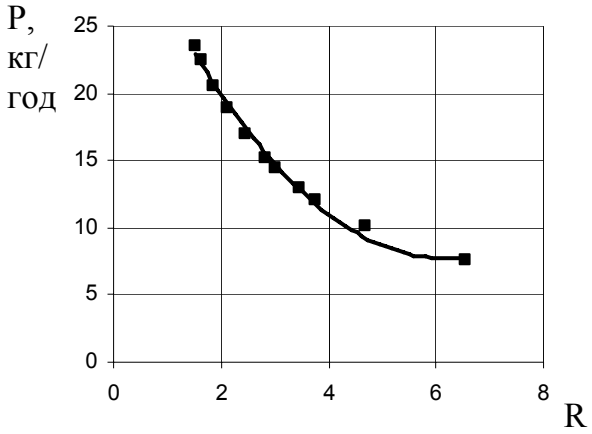


Рис.5. Залежність кількості дистиляту від флегмового числа

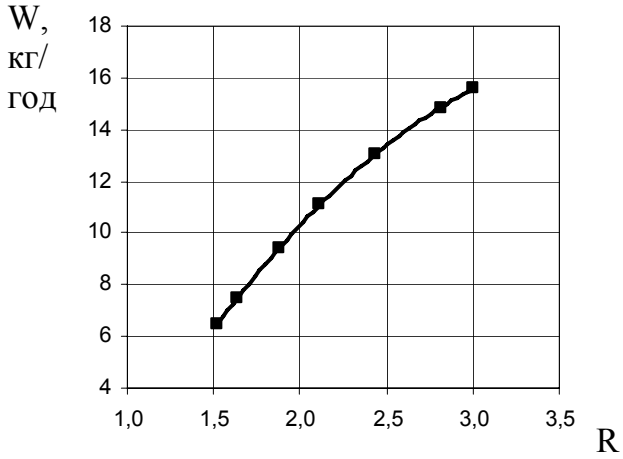


Рис.6. Залежність кількості кубового залишку від флегмового числа.

Результати другої серії дослідів (залежності від парового числа) наведені на рис.7-10.

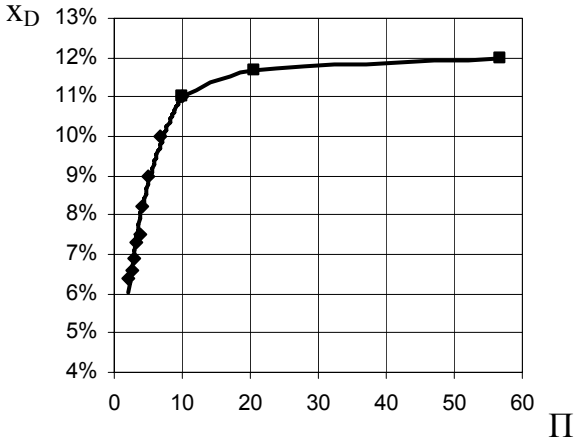


Рис.7. Залежність концентрації кислоти в дистиляті від парового числа.

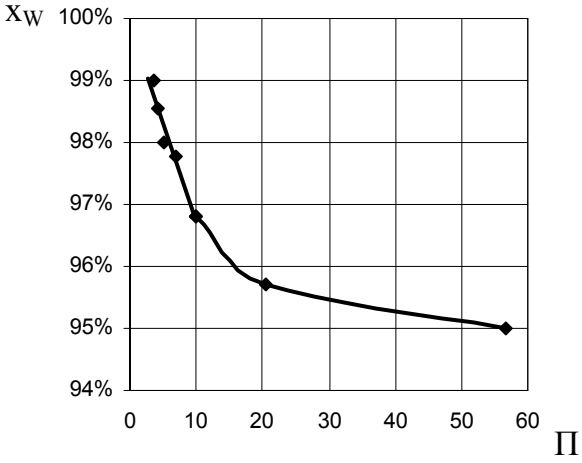


Рис.8. Залежність концентрації кислоти в кубовому залишку від парового числа.

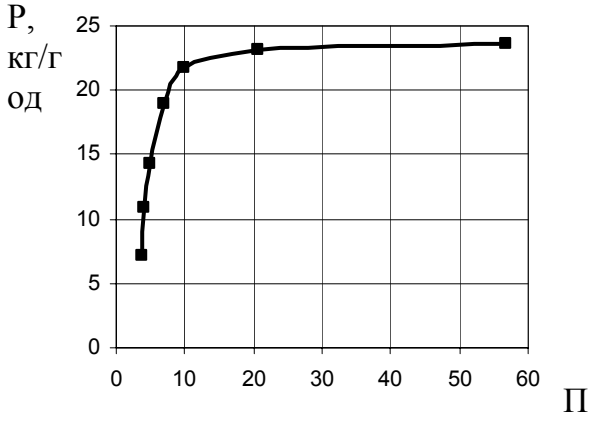


Рис.9. Залежність кількості дистиляту від парового числа

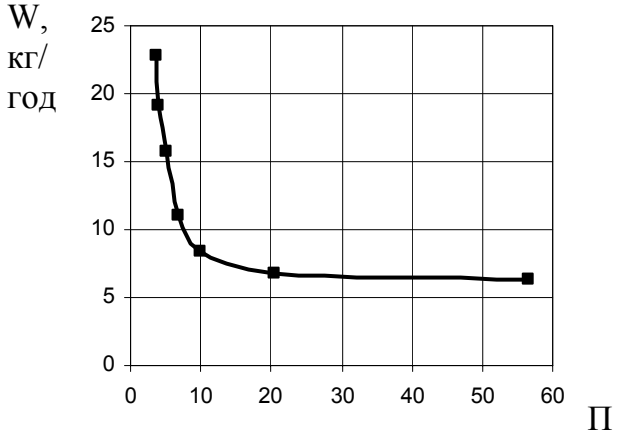


Рис.10. Залежність кількості кубового залишку від парового числа.

Збільшення парового числа призводить до зростання концентрації кислоти в дистиляті і зростання його кількості. В кубовому залишку відбувається зменшення як концентрації отриманого продукту так і його кількості. Таким чином найбільш прийнятним є величина мінімального парового числа, яка в наших дослідженнях дорівнювала 3,76.

В процесі проведених досліджень зміна подавання однієї з фаз при фіксації витрати іншої фактично призводить до зміні співвідношення L/G. Тому отримані розподіли кількісних та якісних показників розділення були приведені до залежностей від співвідношення L/G і наведені на рис.11-14.

Вплив відношення L/G на процес розділення оцто-водяної суміші показує, що збільшення L/G призводить до збільшення кількості кубового залишку (цільового продукту) при підвищенні концентрації кислоти в ньому.

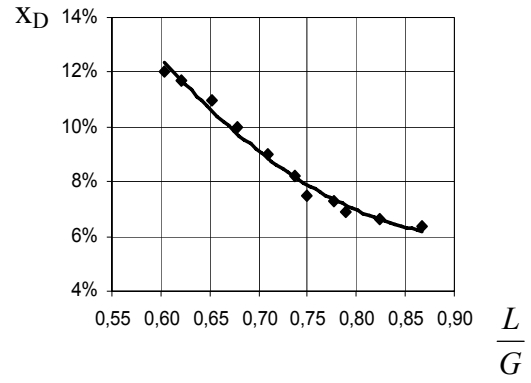


Рис.11. Залежність концентрації кислоти в дистиляті від відношення L/G.

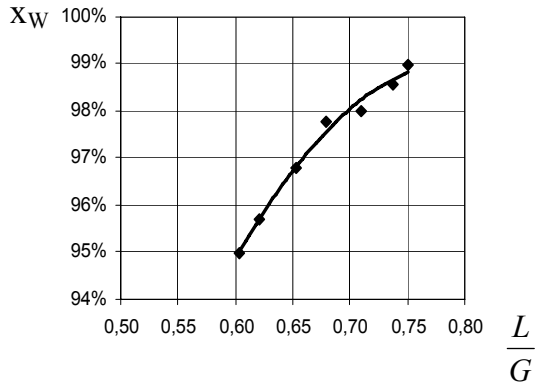


Рис.12. Залежність концентрації кислоти в кубовому залишку від відношення L/G.

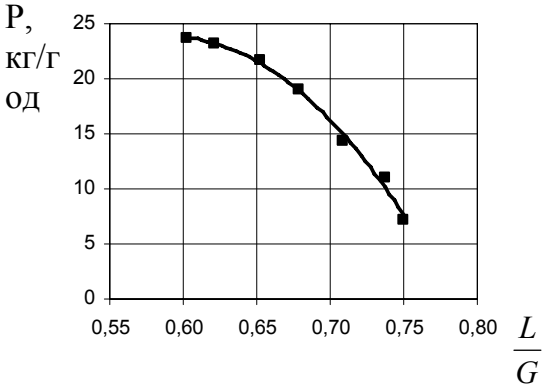


Рис.13. Залежність кількості дистиляту від відношення L/G.

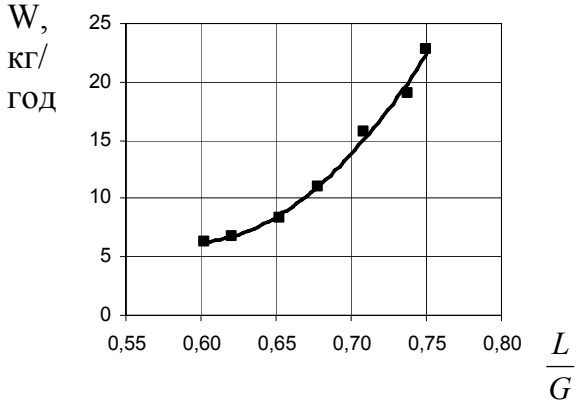


Рис.14. Залежність кількості кубового залишку від відношення L/G.

Концентрація кислоти в дистиляті (побічному продукті) зменшується, зменшується і його кількість. Таким чином зростання співвідношення L/G в дослідженому діапазоні веде до збільшення продуктивності по цільовому продукту з одночасним зростанням його якості. При цьому падає концентрація ресурсного компоненту у відході при зменшенні його кількості. Отримані результати дозволяють визначити рекомендоване значення L/G на рівні 0,75.

Проведена апробація дослідно-промислової установки для утилізації відходу виробництва АЦЕГ шляхом ректифікації, побудованої на базі відцентрових масообмінних апаратів. Отримані дані для різних режимів роботи дозволяють визначати оптимальні технологічні параметри її роботи, прогнозувати якісні, кількісні та енергетичні характеристики процесу.

Список литературы: 1. *Міщенко В. С.* Відходи: реалії і феномени статистики / *Міщенко В. С., Виговська Г. П //* Сотрудничество для решения проблемы отходов **:** 2-я междунар. конф., 9-10 февраля 2005 г.: тезисы докладов. – Х., 2005. – С.28. **2**. Патент України на корисну модель. Заявка № u2009 02470 від 19.03.2009, МПК B 01 D 3/30. Відцентровий тепломасообмінний апарат / *Лазненко Д.О., Сидоренко С.В.*

Поступила в редколлегию 19.05.2009

УДК 66.074

ПИТАК И.В., к.т.н. НТУ “ХПИ”, Харьков
МОИСЕЕВ В.Ф., к.т.н. НТУ “ХПИ”, Харьков

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ РОТОРНОГО ВИХРЕВОГО АППАРАТА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Охорона навколишнього середовища стала одним з пріоритетних напрямів розвитку та забезпечення екологічної безпеки України. Захист повітряного басейну від промислових викидів є складним процесом, який пов'язаний с постійною зміною технологій різних галузей промисловості, а також і вдосконалення технічних засобів очищення шкідливих викидів від промислових підприємств.

The protection of a surrounding medium became one of priority directions of a development and maintenance of ecological safety of Ukraine. The guard of air basin from industrial ejections is composite process, bound with stationary values by change of technologies of different industries, together with perfecting of means of clearing of harmful ejections from the industrial enterprises.

В атмосферу Земли каждый год поступают десятки миллионов тонн вредных веществ [1]. Подсчитано, что в атмосфере постоянно находится 250 млн. тонн взвешенных частиц (аэрозолей), которые попадают туда, как от естественных, так и из антропогенных источников. Особенно много пылевых частиц образуется в ходе производственной деятельности человечества. Так, например, в 1990 году выброс в атмосферу твердых частиц в мире составил 57 млн. тонн. Техногенная пыль вызывает ряд негативных явлений в атмосфере: уменьшение прозрачности и интенсивности солнечной радиации, отрицательное воздействие на процессы фотосинтеза, оказывает негативное воздействие на здоровье человека.

На территории Украины общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников загрязнения в 2001 году составил 4,05 млн. тонн, 2003 году -4,06 млн. тонн, в 2004 году – 4,10 млн. тонн. Такой рост выбросов в атмосферу загрязняющих веществ обусловлен тем, что в последние годы происходит постепенное увеличение объемов производства в топливно-энергетическом комплексе и промышленности, которые являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха. Следует также отметить, что в настоящее время отстают темпы роста увеличения эффективности работы очистного оборудования. В Украине очищается только 80 % вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, а очистка от газообразных компонентов составляет всего лишь 20 %.

Охрана окружающей среды стала одним из приоритетных направлений развития и обеспечения экологической безопасности Украины. Защита воздушного бассейна от промышленных выбросов является сложным процессом, связанным с постоянным изменением технологий различных отраслей промышленности, а также и совершенствованием технических средств очистки вредных выбросов от промышленных предприятий.

Разработка и внедрение пылеулавливающего оборудования, современных технических решений для повышения эффективности очистки воздуха от газообразных и дисперсных примесей имеет важное значение.

В последние годы вследствие увеличения мощностей агрегатов наблюдается неуклонный рост капитальных затрат в стоимости технологического оборудования и, в частности, тепло- и массообменной аппаратуры. В этих условиях определяющее значение приобретает повышение интенсивности массообменных процессов и - создание

аппаратов большой единичной мощности, входящих в состав компактных малогабаритных установок и технологических линий. Разработка таких установок делает возможным значительное снижение как основных производственных затрат, так и затрат на монтаж. Кроме того, положительный экономический эффект может быть достигнут за счет уменьшения заводских площадей, а также снижение затрат на транспортировку оборудования.

В процессах разделения бинарных (квазибинарных) смесей увеличение эффективности действия аппаратов может быть получено в результате создания активных гидродинамических режимов и обеспечения высоких скоростей относительного движения. Это обычно достигается за счет увеличения подвода энергии, необходимой для проведения той или иной операции. Во многих технологических узлах подвод энергии осуществляется с помощью насосов и газодувок, хотя в последнее время наблюдается тенденция к разработке механизмов, в которых для организации течения фаз применяются движущиеся детали в самом оборудовании [2].

Для интенсификации процессов тепломассопередачи перспективным представляются центробежные аппараты, в которых взаимодействие между фазами осуществляется в условиях повышенной турбулентности потоков благодаря воздействию вращающегося ротора. Кроме того, существует реальная возможность создания очень высокой площади поверхности межфазного контакта в единице объема за счет создания тонких пленок и мелких капель жидкости и пузырьков газа (пара), а также большой скорости обновления межфазной поверхности. Все это, в конечном счете ведет к значительному уменьшению габаритов оборудования.

Таким образом, создание надежных при промышленной эксплуатации высокоэффективных центробежных аппаратов и методик их расчета является актуальной проблемой.

При этом возникает необходимость углубленного изучения движения газожидкостных потоков в поле центробежных сил, а также конструкций вращающихся контактных элементов, на которых происходит взаимодействие фаз. Это необходимо для выбора рациональной конструкции при различных гидродинамических условиях протекания процессов.

Мокрый способ пылеулавливания, а также абсорбционные процессы осуществляются с помощью скрубберов, циклонов с водяной пленкой, пенных, насадочных и других аппаратов. Однако эти аппараты не всегда надежны в эксплуатации либо не обеспечивают необходимую эффективность очистки, либо имеют высокое гидравлическое сопротивление, что обусловлено их конструктивными особенностями [3].

Для выяснения возможности снижения энергетических затрат на очистку газа, повышение эффективности очистки газов, увеличение надежности работы газоочистного оборудования был проведен анализ способов, методов очистки газа, конструктивных особенностей и принципов работы газоочистного оборудования. При этом установлено, что в рабочих камерах существующих аппаратов мокрый способ очистки реализуется гравитационным, инерционным, центробежным методами, а также методом абсорбции.

Создание новых высокоэффективных и малогабаритных аппаратов можно осуществить только при повышении эффективности происходящих в них процессов путем использования новых достижений науки. В значительной мере это может быть решено за счет использования в процессе газовой очистки от вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу роторного массообменного аппарата.

Принцип вихревого взаимодействия фаз широко практикуется и для создания новых модификаций аппаратов очистки и абсорберов. Интенсивное использование закрученных потоков в технике в первую очередь обусловлено возможностью создания во вращающихся потоках поля центробежных сил, существенно превосходящих гравитационные силы, и увеличением за счет вращения потока длины траектории движущихся в нем частиц и капель (времени контакта) по сравнению со случаем поступательного движения. В этом случае удается получить высокую степень очистки, недостижимую обычными методами.

Выбор конструкции аппарата, а также расходы очищаемого газа и орошаемой жидкости влияют на создание режима течения газожидкостного потока. Развитие межфазной турбулентности зависит от физических свойств движущегося газожидкостного потока [4] и во многом определяются суммарной твердой поверхностью торможения жидкой фазы (стенками каналов, лопатками). Развитие поверхности контакта фаз, ее структура и режим течения зависят от разности скоростей и плотности фаз и кинетической энергии потоков.

Существенное повышение производительности пыле-газоочистных аппаратов и интенсификация в них массопередачи достигаются при использовании прямоточного взаимодействия фаз в зоне контакта при сохранении противоточного движения фаз по аппарату в целом.

Анализ вихревых аппаратов с использованием двухфазных (трехфазных) течений показывает, что процессы в них подчиняются всем основным законам гидромеханики. Однако уравнения взаимодействия потоков в таких аппаратах более сложна и форма аналитического представления этих уравнений более многочисленна, чем в случае однофазных течений, а их интегральный или дифференциальный анализы требуют для решения целого ряда ограничений.

Более простым способом получения математической модели работы вихревого аппарата явилось определение коэффициентов корреляции полученных на основании экспериментальных данных в виде функции выбранных переменных в данной работе.

Преимущество корреляционных формул заключается в простоте их использования, при применении их для условий, аналогичных тем, в которых были получены исходные данные. Вывод таких формул основывается на экспериментальных данных. Формулы, полученные таким способом, широко используются в инженерных расчетах, в том числе и расчетах пыле- газоочистного оборудования.

На основании экспериментальных, аналитических исследований, опыта разработки и внедрения аппаратов очистки газов на промышленных предприятиях была разработана конструкция роторного массообменного аппарата, имеющая сравнительно малые габаритные размеры, низкое гидравлическое сопротивление и обеспечивающая высокую эффективность очистки газов.

За счет развитой поверхности контакта в роторном массообменном аппарате наблюдалась абсорбция газообразных, средне- и хорошо растворимых в воде компонентов.

Достоинством роторного массообменного аппарата являются создание высоких напоров, простая конструкция рабочего колеса и корпуса, возможность работы при меньших числах оборотов. В данном аппарате возникают оптимальные условия для осуществления процесса очистки пыле- газовоздушной смеси: интенсификация меридиональных течений, подача воды. Представляется удобным использование аппарата в технологическом плане; он содержит в себе: насос, вентилятор, пылеочистительный узел. Аппарат является широкого спектра действия, универсален.

После него не нужно устанавливать каплеуловитель, т.е. он не создает брызг в форме тумана. В аппарате следует усовершенствовать конфигурацию проточной части.

В качестве отрасли для проведения исследований по определению эффективности очистки отходящих газов выбрано: очистка дымовых газов в котельной Это обусловлено следующими причинами [5].

Актуальностью исследований, направленных на улучшение эффективности очистки газовоздушного потока, снижение энергоемкости производства.

Объёмами очищаемого воздуха и его свойствами.

Поскольку в экспериментальных исследованиях использовался роторный вихревой аппарат непрерывного действия, то провести их можно было только в условиях действующего производства. Как известно, на промышленных предприятиях эффективность работы очистного оборудования составляет от 50 до 80 %. Поэтому включение экспериментальной установки роторного вихревого аппарата в такую цепь не окажет существенного влияния на технологические параметры цепи и значительно повысит эффективность очистки газовоздушного потока.

Состав отходящих дымовых газов в процессе сжигания угля имел следующий состав: диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода, механические примеси (зола).

Процесс очистки газовоздушного потока в роторном вихревом аппарате не получил достаточного теоретического освещения, что еще раз подчеркивает необходимость исследований в этой области.

Исследование воздуха, удаляемого от котельной при сжигании каменного угля показало, что он содержит дымовые газы.

При замерах газообразных компонентов воздуха в качестве поглотителя использовалась вода. Запыленность потока определяли весовым методом с использованием фильтров АФА-ВП-10. Так как в процессе очистки использовались дымовые газы при сжигании каменного угля, то температура воздуха перед роторным вихревым аппаратом составляла 130 ^{o}C. Пары воды, содержащиеся в очищаемом воздухе, конденсировались, газообразные примеси растворялись в воде и в вместе с водой отводились в бункер роторного вихревого аппарата.

Исследования проводились при работе роторного вихревого аппарата как по проточной схеме, так и по схеме с полной рециркуляцией воды. Максимальный расход жидкости (воды) рассчитывали из условий охлаждения очищаемого воздуха до температуры конденсации паров воды и запыленности отходящего воздушного потока. Удельный расход воды на очистку воздуха составлял не менее 0,3 л/мин.

На рис. 1 – 2 показаны схемы рассеивания концентраций вредных веществ до и после очистки в роторном вихревом аппарате, от куда можно наблюдать снижение концентраций загрязняющих веществ в воздушном потоке и эффективность работы газоочистного оборудования.

Повышение эффективности работы, производительности вихревого аппарата пыле-газоочистки и интенсификация процессов пылеулавливания и массопередачи достигаются при использовании прямоточного взаимодействия фаз в зане контакта при сохранении противоточного движения фаз по аппарату в целом. сочетание прямоточного и вихревого движения очищаемого газа и жидкости в закрученном потоке позволяет интенсифицировать процесс массопередачи в 2 – 3 раза [6].

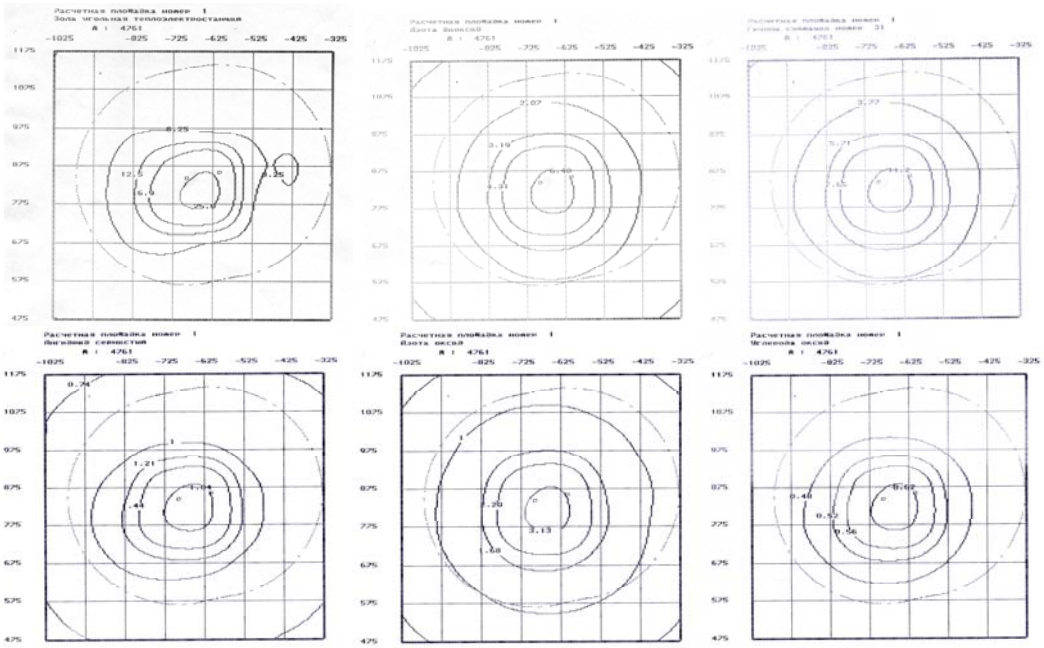


Рис. 1 – Схема рассеивания концентраций вредных веществ в приземном шаре атмосферы до очистки в роторном вихревом аппарате

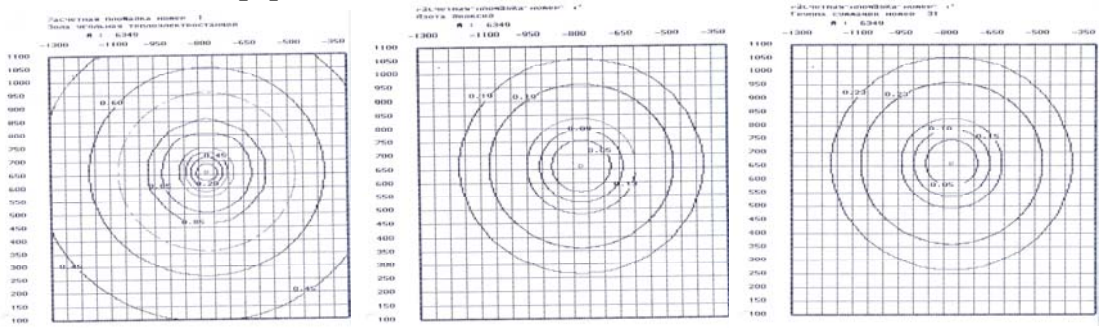


Рис. 2 – Схема рассеивания концентраций вредных веществ в приземном шаре атмосферы после очистки в роторном вихревом аппарате

Список литературы: 1. И.В. Питак, П.П. Хусточкин, В.Ф. Моисеев, В.П. Шапорев. Аппарат для проведения процессов абсорбции и газоочистки //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків:НТУ «ХПІ» - 2005. -№9. – С.3-6. **2.** І.В.Пітак, О.Г. Трошин, В.Ф. Моісеєв, В.П. Шапорев. Можливості використання тороідального контактного елементу в вугільній промисловості //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» - 2006. - №10. – С.137-142. **3.** И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Моисеев, А.В. Сурков. Гидравлическая характеристика роторного массообменного апарата //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ» - 2007. - №32. – С. 93-100. **4.** Трошин А.Г., Питак И.В. О режимах движения жидкой фазы в роторном вихревом массообменном аппарате //Інтегровані технології та енергозбереження //Щоквартальний науково-практичний журнал. – Харків: Національний технічний університет «ХПІ», 2007. - №4. – С. 31-37. **5.** И.В. Питак, А.Г. Трошин, В.Ф. Моисеев. Определение эффективности очистки газовоздушного потока в роторном массообменном аппарате // Східно-Європейський журнал передових технологій – Харків: Технологічний центр, 2007, № 5/4 (29) – с. 9–12. **6.** Патент України на корисну модель. № 29985 від 11.02.2008, МПК B 01 D 3/00. Роторний масообміннийапарат / *Пітак І.В., Грошин О.Г., Моісеєв В.Ф., Шапорев В.П.*

*Поступила в редколлегию 11.*06.2009

УДК 658.382.3.

В.В. БЕРЕЗУЦКИЙ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»
С.Е. ГАРДЕР., канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»
В.В.МАКАРЕНКО, НТУ «ХПИ»
РАДВАН АРАФА БИССИУНИ, стажер, Египет

АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАВМ НА ТРУБОПРОКАТНОМ УЧАСТКЕ

У статті наведено аналіз травм за важкістю на протязі 2004-2007 років. Використовуючи метод наіменьших квадратів, було виконано апроксимацію результатів досліджень. Далі було розроблено математичну модель процесу, що досліджується отримані регресійні залежності, визначено коефіцієнти кореляції та найбільш значущі фактори за впливом щодо травмування робітників.

In the article the analysis of traumas is resulted after weight during 2004-2007 years. Using the method of small squares, was executed approximation of results of researches. Farther was developed mathematical model of process that is explored got regressive to dependence the coefficients of correlation and most meaningful factors are definite after influencing in relation to injuring of working.

В 2004 – 2007 годах на одном из предприятий Египта, были выполнены исследования по влиянию факторов рабочей зоны на травматизм. Основным заданием было определить факторы, которые оказывают наиболее неблагоприятное воздействие на рабочих в сложных производственных условиях при ограничении действия нормативных актов.

1. Аппроксимация зависимости данных по видам травм от времени.

Исходные данные по действующим факторам представлены по месяцам с августа 2006 по июль 2007 гг., в то же время регистрация травм дана по кварталам 2004-2007гг.

Предлагается ввести следующие предположения:

1. При неизменных внешних условиях (наличии травмирующих факторов) количество травм каждого вида в год в среднем (из года в год) неизменно.
2. При неизменных внешних условиях (наличии травмирующих факторов) количество травм каждого вида в квартал в среднем (из квартала в квартал) неизменно.

Введенные предположения позволяют аппроксимировать данные по травмам по месяцам. В таблице представлены имеющиеся исходные данные по различным травмам.

Таблица 1

Исходные данные по различным травмам

год	квартал	Незначительная травма	Слабая травма	Травма	Тяжелая травма	Инвалидность	Летальная травма
2004	I	4	4	0	2	0	0
	II	4	2	2	0	0	0
	III	5	6	0	1	1	0
	IV	4	2	3	0	0	0
2005	I	4	2	3	1	0	0
	II	3	1	5	0	0	0
	III	2	3	1	2	1	0
	IV	5	2	2	1	0	1
2006	I	4	7	2	1	0	0
	II	5	3	1	2	0	0
	III	6	5	3	3	0	0
	IV	3	6	1	2	0	0
2007	I	4	4	2	0	0	0
	II	5	7	2	2	0	0
	III	5	8	3	3	2	0
	IV	2	3	2	1	0	0

1). Усредним данные по травмам за 2004-2007гг. Результаты усреднения представлены в таблице 2

Таблица 2

квартал	Незначительная травма	Слабая травма	Травма	Тяжелая травма	Дефицит	Летальная травма
I	4	4,25	1,75	1	0	0
II	4,25	3,25	2,5	1	0	0
III	4,5	5,5	1,75	2,25	1	0
IV	3,5	3,25	2,25	0	0	0,25

2). При помощи метода наименьших квадратов найдем зависимость *количества травм каждого вида* от *времени* в виде многочлена второго порядка:

$$tri = \theta_0 + \theta_1 t + \theta_2 t^2 \qquad (1).$$

Введем в рассмотрение матрицы:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2^2 \\ 1 & 5 & 5^2 \\ 1 & 8 & 8^2 \\ 1 & 11 & 11^2 \end{pmatrix};$$

Во втором столбце этой матрицы номера месяцев, соответствующих серединам кварталов года. В третьем столбце – квадраты элементов второго столбца

$$tri = \begin{pmatrix} tr_1 \\ tr_2 \\ tr_3 \\ tr_4 \end{pmatrix}:$$

Это матрицы среднего количества травм в ***i***-том квартале. Эти матрицы – столбцы таблицы 2

$$\Theta = \begin{pmatrix} \theta_0 \\ \theta_1 \\ \theta_2 \end{pmatrix};$$

матрица коэффициентов уравнения (1), подлежащих определению.

Оценки (значения) коэффициентов регрессии $\theta_0, \theta_1, \theta_2$ находятся методом наименьших квадратов по следующим формулам:

$$\hat{\Theta} = (T^T \cdot T)^{-1} \cdot T^T \cdot tri,$$

где $\hat{\Theta}^T = \left(\hat{\theta}_0, \hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2\right)$

Верхний индекс Т обозначает операцию транспонирования, «шапочки» над θ обозначают найденные (оцененные) значения коэффициентов.

В результате получены регрессионные зависимости, представленные в таблице 3.

Таблица 3

Регрессионные зависимости по видам травм

	Вид травмы	Уравнение
01	Незначительная	$tr1 = 5{,}193 - 0{,}46 \cdot t + 0{,}035 \cdot t^2$
02	Слабая	$tr2 = 6{,}385 - 0{,}643 \cdot t + 0{,}035 \cdot t^2$
03	Травма	$tr3 = 1{,}899 - 0{,}032 \cdot t - 0{,}0069 \cdot t^2$
04	Тяжелая	$tr4 = 3{,}201 - 0{,}576 \cdot t - 0{,}035 \cdot t^2$
05	Инвалидность	$tr5 = 1{,}761 - 0{,}461 \cdot t - 0{,}028 \cdot t^2$
06	Летальная	$tr6 = -0{,}099 - 0{,}082 \cdot t - 0{,}0069 \cdot t^2$

3) По уравнениям таблицы 3 найдем аппроксимированные значения количества травм по месяцам, изменяя t в уравнении (1) от 1 до 12. Эти значения используются в дальнейшем при построении математической модели зависимости числа травм от действующих факторов.

Результаты вычислений представлены графически и в табличном виде:

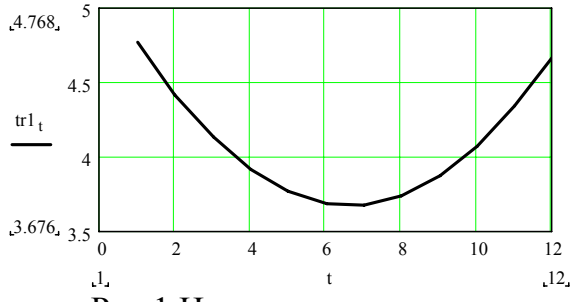


Рис.1 Незначительная травма

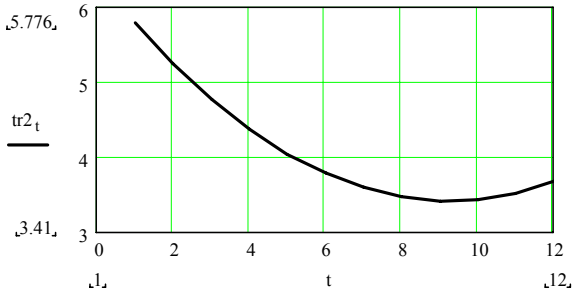


Рис.2. Слабая травма

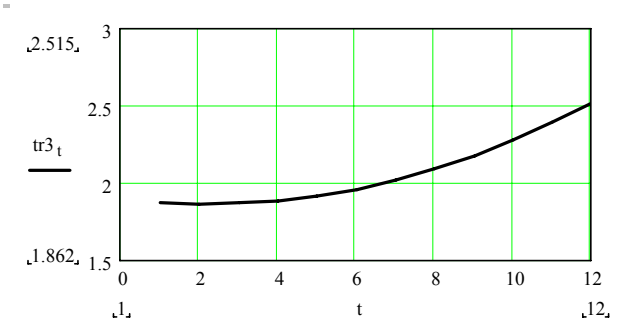


Рис.3. Травма

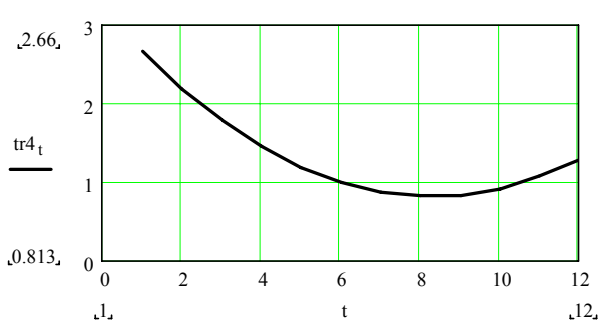


Рис.4. Тяжелая травма

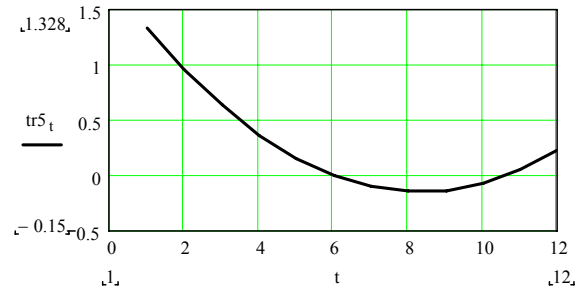


Рис.5. Инвалидность

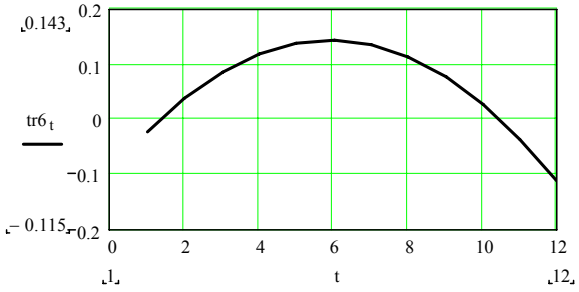


Рис. 6. Летальная травма

2. Математическая модель зависимости числа травм от действующих факторов.

2.1 Анализ исходных данных

Исходными данными для построения искомой зависимости являются действующие травмирующие факторы, значения которых, измеренные по месяцам с августа 2006 по июль 2007 гг..

По данным факторам можно построить четыре возможных зависимости числа травм для четырех имеющихся наборов данных:

Число факторов чрезмерно велико для надежного построения математических моделей. Среди факторов могут оказаться линейно зависимые (коллинеарные). С целью возможного уменьшения их количества и исключения коллинеарности подсчитаем факторные корреляционные матрицы для каждого набора данных.

Если обозначить матрицу исходных данных (содержимое каждой из таблиц 4-7) через *X,* то расчет корреляционных матриц проводится по следующей формуле:

$$r_{i,j} = \frac{K_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j (n-1)} = \frac{\left(X_{i,j} - M\left(X^{(j)}\right)\right)^T \left(X_{i,j} - M\left(X^{(j)}\right)\right)}{(n-1)\cdot \sigma\left(X^{(i)}\right)\cdot \sigma\left(X^{(j)}\right)},$$

где $X^{(*)}$- соответствующий столбец матрицы данных; $\sigma\left(X^{(*)}\right)$- среднеквадратическое отклонение элементов столбца; $n = 12$ - число элементов столбца.

Рассчитаны корреляционные матрицы. Число строк и столбцов этих матриц равно числу действующих факторов (соответствует таблицам 4-7). Матрицы – симметричные. На пересечении строк и столбцов расположены коэффициенты корреляции соответствующих факторов. Например, на пересечении первого столбца и третьей строки расположен коэффициент корреляции температуры и влажности, а на пересечении третьего столбца и первой строки - коэффициент корреляции влажности и температуры. Эти коэффициенты равны.

Анализ взаимных корреляций показывает сильную корреляцию между целой группой факторов и позволяет сделать вывод о возможности исключения следующих коррелированных факторов из математической модели.

- WBGT – температурное напряжение;
- Ионизацию воздуха;
- Инфракрасное излучение;

- Электромагнитное излучение;
- Электромагнитное поле;
- Статическое электричество.

После исключения данных факторов из рассмотрения, с целью выделить наиболее значимые факторы, приводящие к травмам рассмотрим корреляции между факторами и количеством травм. Последние шесть строк и шесть столбцов содержат коэффициенты корреляции между видом травмы и соответствующим фактором. Анализ этих матриц позволяет оставить в математической модели лишь те факторы, которые существенно коррелируют с частотами травмы. В таблицах 8-11 знаком «+» обозначены факторы, включаемые в математическую модель по каждому виду травмы.

Таблица 8.

Травмирующие факторы на рабочем месте на 11 часов

Вид травмы	Температура град С	Ионизация воздуха +I/ml	Ультрафиолетовое излучение mW/mm2	Содержание CO2 ppm	Содержание SO2 ppm
	Φ_1	Φ_8	Φ_{10}	Φ_{11}	Φ_{12}
01	+	+	+	-	+
02	-	-	+	+	+
03	-	+	-	+	-
04	-	-	+	+	+
05	-	+	+	-	+
06	+	-	+	+	+

Таблица 9.

Травмирующие факторы на рабочем месте на 16 часов

Температура град С	Скорость движ. воздуха м/сек	Освещение	Вибрации м/сек. Кв.	Ионизация воздуха +I/ml	Ультрафиолетовое излучение mW/mm2	Содержание CO2 ppm	Содержание SO2 ppm
Φ_1	Φ_3	Φ_4	Φ_7	Φ_8	Φ_{10}	Φ_{11}	Φ_{12}
-	-	+	+	+	-	+	-
+	-	-	+	+	+	+	-
-	+	-	-	-	+	+	+
+	+	-	-	-	+	-	+
-	-	-	-	+	+	-	+
+	-	-	+	+	-	+	-

Из таблиц 8 – 10 исключены результаты по факторам, показатели которых не были включены в математическую модель.

Таблица 10.

Травмирующие факторы на открытом воздухе на 11 часов

Вид травмы	Температура град С	Освещение	Содержание CO2 ppm	Содержание SO2 ppm
	Φ_1	Φ_4	Φ_{11}	Φ_{12}
01	+	-	-	+
02	-	+	+	-
03	-	+	-	-
04	-	+	+	+
05	-	+	+	+
06	+	-	-	+

Таблица 11

Травмирующие факторы на открытом воздухе на 16 часов

Вид травмы	Температура град С	Освещение	Ультрафиолетовое излучение mW/mm2	Содержание CO2 ppm	Содержание SO2 ppm
	Φ_1	Φ_4	Φ_{10}	Φ_{11}	Φ_{12}
01	+	-	+	+	-
02	-	+	+	-	+
03	-	+	-	-	-
04	-	+	-	+	+
05	-	+	-	+	+
06	+	-	-	-	+

2.2.Построение линейных регрессионных моделей

Для каждого вида травмы строится линейная регрессионная модель со своими эффективно действующими факторами. Если ввести матрицу

$$X = \left(\Phi^{(1)} \quad \Phi^{(2)} \quad \cdots \quad \Phi^{(m)}\right),$$

где $\Phi^{(i)}$- *i*-тый действующий фактор(столбец таблиц от№4 до №7), m – *номер действующего фактора (см. таблицу 8),* то коэффициенты $\Theta^T = (\theta_0, \theta_1, \ldots)$модели определятся из формулы

$$\Theta = (X^T \cdot X)^{-1} \cdot X^T \cdot tri$$

Математические модели в зависимости от внешних условий представлены в следующих таблицах;

Таблица 12

На рабочем месте на 11 часов

Вид травмы	Математическая модель
Незначительная	$tr1 = 3{,}698 - 0{,}02 \cdot \Phi_1 - 0{,}0014 \Phi_8 + 3{,}271 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0001 \cdot \Phi_{12}$
Слабая	$tr2 = 4{,}58 + 8{,}83 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0035 \cdot \Phi_{11} + 0{,}0078 \cdot \Phi_{12}$
Травма	$tr3 = 2{,}552 - 0{,}00171 \cdot \Phi_8 + 0{,}008 \cdot \Phi_{11}$
Тяжелая	$tr4 = 0{,}957 + 7{,}826 \cdot \Phi_1 - 0{,}017 \cdot \Phi_{13} - 0{,}004 \cdot \Phi_{18}$
Инвалидность	$tr5 = -0296 - 0{,}0073 \Phi_1 + 7{,}494 \cdot \Phi_{10} - 0{,}01 \cdot \Phi_{11} - 0{,}0058 \Phi_{12}$
Летальная	$tr6 = 0{,}161 - 0{,}005 \cdot \Phi_1 - 0{,}034 \cdot \Phi_4 - 0{,}0048 \cdot \Phi_8$

Таблица 13

На рабочем месте на 16 часов

Вид травмы	Математическая модель
Незначительная	$tr1 = 3{,}549 + 0{,}035 \cdot \Phi_1 - 0{,}0002 \cdot \Phi_8 + 0{,}0041 \cdot \Phi_9 - 0{,}022 \cdot \Phi_{17}$
Слабая	$tr2 = 3{,}833 - 0{,}161 \cdot \Phi_3 + 7{,}762 \cdot \Phi_{10} - 0{,}027 \cdot \Phi_{11} + 0{,}015 \cdot \Phi_{12}$
Травма	$tr3 = 0{,}092 + 3{,}523 \cdot \Phi_7 + 0{,}00498 \cdot \Phi_{11}$
Тяжелая	$tr4 = 3{,}042 - 0{,}033 \Phi_2 - 0{,}243 \Phi_3 + 5{,}449 \Phi_{10} - 0{,}022 \Phi_{11} + 0{,}02 \cdot \Phi_{12}$
Инвалидность	$tr5 = -1{,}022 - 0{,}106 \cdot \Phi_3 + 6{,}408 \cdot \Phi_{10} - 0{,}012 \cdot \Phi_{11} + 0{,}013 \cdot \Phi_{12}$
Летальная	$tr6 = 0{,}167 - 0{,}00816 \cdot \Phi_1 + 0{,}0002 \cdot \Phi_8 + 0{,}024 \cdot \Phi_{10}$

Таблица 14

На открытом воздухе на 11 часов

Вид травмы	Математическая модель
Незначительная	$tr1 = 4{,}191 + 0{,}024 \cdot \Phi_4 - 0{,}032 \cdot \Phi_{11}$
Слабая	$tr2 = 6{,}385 - 0{,}643 \cdot \Phi_4 + 0{,}035 \cdot \Phi_{11}$
Травма	$tr3 = 3{,}243 - 0{,}106 \cdot \Phi_4$
Тяжелая	$tr4 = 2{,}135 + 0{,}148 \cdot \Phi_4 - 0{,}03 \cdot \Phi_{11} - 0{,}056 \cdot \Phi_{12}$
Инвалидность	$tr5 = 0{,}908 + 0{,}118 \cdot \Phi_4 - 0{,}0024 \cdot \Phi_{11} - 0{,}045 \cdot \Phi_{12}$
Летальная	$tr6 = 0{,}092 - 0{,}0053 \cdot \Phi_1 + 0{,}004588 \cdot \Phi_{12}$

Таблица 15

На открытом воздухе на 16 часов

Вид травмы	Математическая модель
Незначительная	$tr1 = 3{,}01 + 0{,}027 \cdot \Phi_1 + 3{,}007 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0069 \cdot \Phi_{11}$
Слабая	$tr2 = 2{,}921 - 0{,}057 \cdot \Phi_4 + 9{,}029 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0059 \cdot \Phi_{12}$
Травма	$tr3 = 3{,}179 - 0{,}098 \cdot \Phi_4$
Тяжелая	$tr4 = -2{,}251 + 0{,}216 \cdot \Phi_4 + 5{,}997 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0066 \cdot \Phi_{12}$
Инвалидность	$tr5 = -2{,}601 + 0{,}173 \cdot \Phi_4 + 4{,}798 \cdot \Phi_{10} - 0{,}0053 \cdot \Phi_{12}$
Летальная	$tr6 = -1{,}116 - 0{,}0033 \cdot \Phi_1 - 0{,}135 \cdot \Phi_5 + 11{,}296 \cdot \Phi_{10}$

Выводы:

1. Анализ математической модели показал, что существует взаимная корреляция между целой группой факторов;
2. Из анализа можно сделать вывод о возможности исключения следующих коррелированных факторов из математической модели: - WBGT – температурное напряжение;- ионизацию воздуха;- инфракрасное излучение;- электромагнитное излучение;- электромагнитное поле;- статическое электричество.
3. Определяющими факторами травматизма является освещение в рабочей зоне, содержание газов (CO_2 и SO_2)

Список литературы: 1. *С.А. Айвазян*. Прикладная статистика. Москва, 2001,"Юнити" - 432 с. ; 2. *Д.К. Монтгомери* "Планирование эксперимента и анализ данных" Ленинград "Судостроение" 1980г. - 384 с. 3. *В.П. Байбак* и др. "Статистична обробка даних" Київ 2001, Видавництво МІВВЦ – 388 с.

Поступила в редколлегию 17.06.2009

УДК 621.316.9

Б.В. ДЗЮНДЗЮК, д-р техн. наук, ХНУРЭ
Л.В. ЛАРЧЕНКО**,** канд.техн.наук.
Л.И. МАРЧЕНКО,
Е.М. АНПИЛОГОВ**,** канд.техн.наук**.**

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ ТОКА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ЗОН

Розроблена математична модель розтікання струму в грунті для визначення небезпечних зон. Зручний інтерфейс для користувача, інтерактивне введення параметрів дозволяє процес індивідуального навчання зробити більш ефективним. Автоматично згенерований звіт являється доступним тільки для ведучого викладача та включає в себе: логін учня, результат тестування, звіт з лабораторної роботи, та може бути відправленим через Інтернет.

The developed electronic model unites theoretical and practical materials, laboratory practical work and system of verification. Comfortable interface for an user, interactive introduction of parameters allows to do the process of the individual teaching more effective. The report is to accessible only for the anchorman of teacher and includes at itself: login of student, result of testing, report from laboratory work, and can be sent over the Internet.

Введение

В современном мире в учебном процессе дистанционное обучение становится все более востребованным. Методика изложения учебного материала имеет свои особенности и трудности по сравнению со стационарной формой обучения. Дополнительные трудности возникают при изложении учебного материала по электробезопасности. При дневной форме обучения для того, чтобы студентам на практике показать процессы растекания тока, используются реальные макеты, которые имеют свои недостатки: непригодность для дистанционного обучения, громоздкость, сложности с ремонтом.

Современные компьютерные технологии позволяют создать математические модели процессов электрического замыкания на землю. Компьютерная модель имеет ряд преимуществ:

- легкость распространения. Программа может свободно копироваться и распространяться через Интернет;
- средства компьютерной графики позволяют создать интерактивные графические элементы, демонстрирующие процесс растекания тока;
- кроме моделей, программа может включать теоретическую документацию и средства для проверки знаний пользователя.

Таким образом, на сегодняшний день актуальна задача создания программы моделирующей процессы электрического замыкания токоведущих проводников на землю, а также содержащей теоретическую документацию и средства проверки знаний студента.

Задача

Перед авторами стояла задача в разработке программы, адекватно отражающей физические процессы растекания тока и, которая содержала бы:

- полный комплект теоретического материала, который позволяет пользователю самостоятельно освоить излагаемый материал, подготовиться к тестированию и прохождению лабораторного практикума;
- контроль знаний пользователя, осуществляемый в виде тестирования. В результате тестирования, пользователь получает оценку знаний по изучаемой области;
- защиту контроля знаний при использовании программы студентом дистанционной формы обучения;
- интерактивные графические модели для:
    - распределения потенциалов точек грунта вблизи места замыкания;
    - напряжения прикосновения;
    - напряжения шага.
- генерацию отчета, содержащего результаты тестирования и результаты исследования распределения потенциалов на поверхности грунта, напряжения прикосновения, напряжения шага, границы и размеры опасных зон.

Выбор технологий реализации

Для разработки программы была выбрана технология .NET. Данная технология позволяет использовать самые современные средства для разработки программ, предоставляемые компанией Microsoft. Выбор формата Microsoft Office для создания заготовки отчета обусловлен широкой распространенностью данного пакета и удобством объектной модели, предоставляемой разработчикам.

Основная часть

Разработанная программа построена по принципу прозрачного прохождения, не требующего высокого уровня компьютерной подготовки и позволяющего сосредоточиться непосредственно на усвоении учебного материала. Справочная система, состоит из нескольких разделов:1) цель работы, содержит описание задачи лабораторного практикума; 2) описание интерфейса (рис. 1), описание всех пунктов меню программы, а также интерфейса для каждого этапа прохождения тестов и лабораторной работы; 3) теоретический материал (рис. 2), всю теоретическую информацию необходимую для изучения опасности замыкания токоведущих проводников на землю.

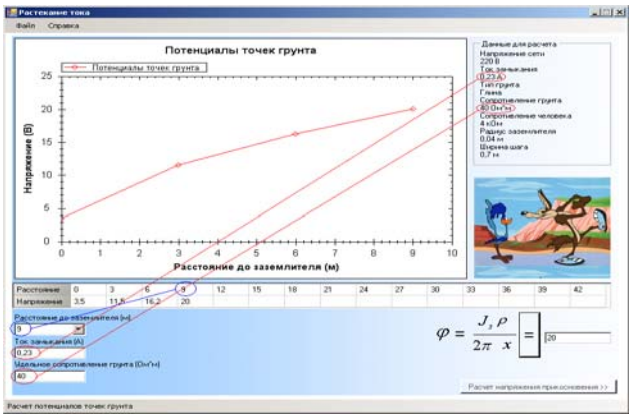


Рисунок 1 – Справочная система. Описание интерфейса

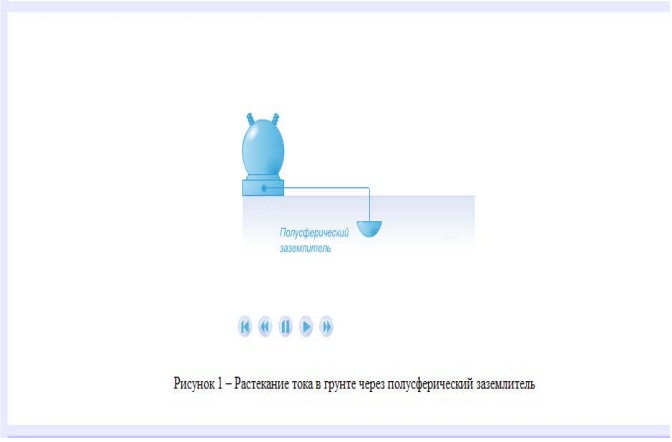


Рисунок 2 – Справочная система. Теоретический материал

Теоретический материал состоит из трех разделов: «Замыкание токоведущих проводников на землю», «Напряжение прикосновения», «Напряжение шага». Каждый из разделов включает теоретическое описание проблемы, формулы, таблицы, а также анимационные ролики, созданные при помощи технологии Flash, наглядно демонстрирующие процессы замыкания токоведущих проводников на землю, напряжение прикосновения и напряжение шага. Анимационный ролик, демонстрирующий растекание тока в грунте через полусферический заземлитель, изображен на рисунке 2.

Ход лабораторной работы в программе

1.При запуске программы пользователь видит стартовую форму, на которой ему предлагается зарегистрироваться, посмотреть справку или выйти из программы.

2. Регистрация заключается в вводе информации о студентах, проходящих лабораторную работу (до 5 человек) и группе этих студентов.

3. Для закрепления изученного теоретического материала и проверки уровня его усвоения организовано тестирование (рис 3). Тестирование заключается в последовательном выборе одного из вариантов ответа на каждый вопрос из серии вопросов, предлагаемых программой. Для прохождения теста предлагается ответить на серию из 10 вопросов, случайным образом выбранных из 30 вопросов, хранимых в программе.

Индикатор в нижней чести окна программы отображает состояние теста: текущий вопрос и правильность ответа на предыдущие вопросы.

Оценка за тест ставится в зависимости от процента правильных ответов:

- 90% и более – 5;
- от 75% (включительно) до 90% – 4;
- от 60% (включительно) до 75% – 3;
- менее 60% – 2, тест считается непройденным.

Если пользователь в результате тестирования набрал более 60% правильных ответов, то программа разрешает переход к выполнению лабораторной работы. Если пользователь набрал менее 60% правильных ответов, то программа не разрешает переход к выполнению лабораторной работы, но предоставляет возможность повторно изучить учебный материал и пройти тест.

4. Выбор варианта. После успешного прохождения тестов пользователю необходимо выбрать один из семи вариантов, содержащих данные, на основании которых ведутся расчеты при выполнении лабораторной работы. Такое количество вариантов было выбрано с точки зрения универсальности использования программы. В

этом случае предоставляется возможность использования при дневной форме обучения в компьютерном классе, каждый студент выполняет свой вариант предложенных задач. При самостоятельной работе или дистанционной форме обучения появляется возможность сравнения и анализа различных условий растекания тока.

Каждый вариант включает решение трех задач: 1) расчет потенциалов точек грунта (рис.4), 2)расчет напряжения прикосновения, 3) расчет напряжения шага.

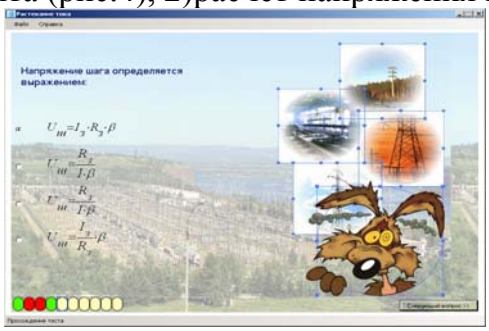


Рисунок 3 – Прохождение теста

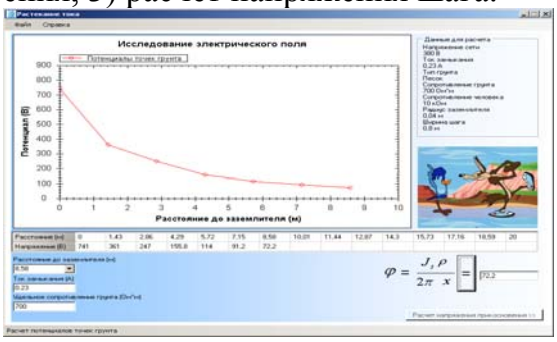


Рисунок 4 – Расчет потенциалов точек грунта

Для решения первой задачи пользователю необходимо произвести расчет потенциалов грунта в пятнадцати точках на разном расстоянии от заземлителя.

Для упрощения картины электрического поля и его анализа приняты допущения: заземлитель имеет форму полусферы, грунт однородный, изотропный и удельное электрическое сопротивление грунта во много раз больше удельного электрического сопротивления материала заземлителя.

При этих упрощениях ток в грунте распределяется равномерно. Линии тока направлены по радиусам от центра полусферы и перпендикулярны поверхности заземлителя.

Потенциал φ точки x на поверхности грунта определяется как

$$\varphi = \frac{I_з \cdot \rho}{2\pi \cdot x},$$

где $I_з$ - ток замыкания, стекающий в землю;

ρ - удельное электрическое сопротивление грунта.

Для расчета используются данные варианта, выбранного пользователем. Для каждой точки пользователю необходимо ввести расстояние до заземлителя, ток замыкания и удельное сопротивление грунта. Для контроля результатов расчета программа сравнивает полученные данные с контрольными значениями, рассчитанными после выбора варианта. Если значения совпадают, в таблице и на графике отображается значение потенциала текущей точки грунта.

Интерфейс программы предоставляет всплывающие подсказки при вводе значений, при наведении курсора на параметры формулы расчета (рис 5 и точки на графике (рис 6).

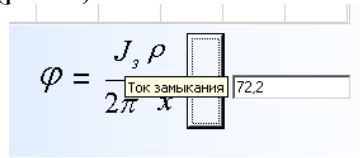


Рисунок 5– Всплывающая подсказка при наведении курсора на параметр формулы.

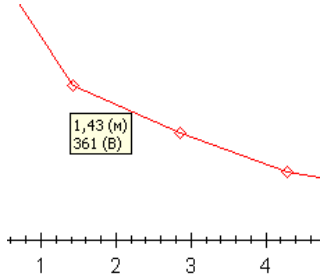


Рисунок 6– Всплывающая подсказка при наведении курсора на график

Расчет напряжения прикосновения является вторым этапом прохождения лабораторной работы (рис.7). Для человека, который касается заземленного корпуса, случайно оказавшегося под напряжением, напряжение прикосновения *Unp* определяется как разность потенциалов руки φ_p и ноги $\varphi_н$

$$U_{пр} = \varphi_p - \varphi_н = \frac{I_з \cdot \rho}{2\pi \cdot x_з} \cdot \frac{x - x_з}{x} = \frac{I_з \cdot \rho}{2\pi \cdot x_з} \cdot \alpha = U_з \cdot \alpha,$$

где $\alpha = \frac{x - x_з}{x}$ - коэффициент напряжения прикосновения;

$U_з = \frac{I_з \cdot \rho}{2\pi \cdot x_з}$ - напряжение замыкания;

$x_з$, x - соответственно радиус заземлителя и координата нахождения человека на грунте относительно заземлителя.

Вблизи заземлителя напряжение прикосновения не представляет собой опасность для человека. В случае удаления человека от заземлителя напряжение прикосновения возрастает и на определенном расстоянии от заземлителя достигает опасной для человека величины.

Отличий от этапа расчета потенциалов точек грунта, за исключением формул нет.

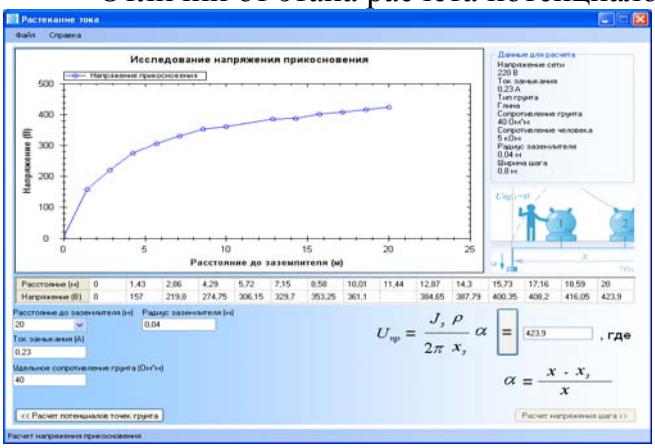


Рисунок 7– График напряжения прикосновения.

Третьей задачей является расчет напряжения шага и определения опасной зоны (рис. 8), который осуществляется на основе графика потенциалов точек грунта. К человеку, находящемуся в поле растекания тока, будет приложено напряжение шага *Uш*, которое определяется как разность потенциалов точек грунта нахождения одной $\varphi_{н1}$ и второй $\varphi_{н2}$ ноги.

$$U_ш = \varphi_{н1} - \varphi_{н2} = \frac{I_з \cdot \rho}{2\pi \cdot x_з} \cdot \frac{a \cdot x_з}{x(x + a)} = U_з \beta$$

Где: $\beta = \frac{a \cdot x_з}{x(x + a)}$ - коэффициент напряжения шага;

x - расстояние от человека до заземлителя;

a - ширина шага человека.

Вблизи заземлителя напряжение шага значительно и представляет опасность для человека. В случае отдаления напряжение шага уменьшается и на определенном расстоянии от заземлителя (около 20м) напряжение шага уменьшается до нуля. Напряжение шага также будет равно нулю, если ноги человека находятся на эквипотенциальной линии или, когда ширина шага равна нулю.

Для определения напряжения шага, необходимо указать потенциалы ближней и дальней ноги по отношению к заземлителю. Потенциалы ближней и дальней ноги соответствуют значениям потенциалов точек грунта. Напряжение потенциала вычисляется как разность потенциалов ближней и дальней ноги. График потенциалов точек грунта присутствует изначально, график напряжения шага строится в процессе вычисления напряжения шага.

После прохождения этапов расчета потенциалов точек грунта, напряжения прикосновения, напряжения шага, программа генерирует заготовку отчета по лабораторной работе. Отчет содержит:

- титульный лист;
- результаты тестирования;
- цель лабораторной работы (заполняется студентом);
- графики и таблицы этапов расчета потенциалов точек грунта, напряжения прикосновения, напряжения шага. После каждого этапа заготовка отчета предоставляет место для комментариев (заполняются студентом);
- выводы по лабораторной работе (заполняются студентом).

Результаты тестирования отображаются в виде рисунка (рис 9).

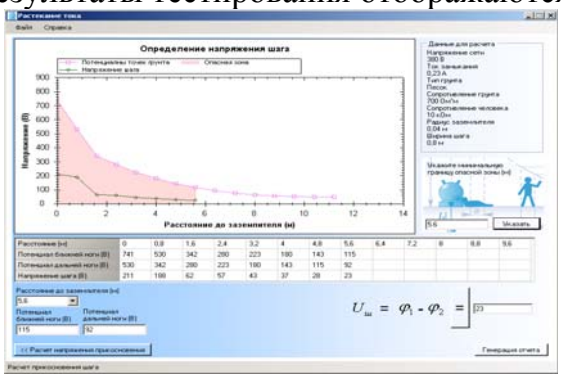


Рисунок 8 – График определения опасной зоны

Рисунок 9 – Результаты тестирования

Подлинность результатов тестирования защищена:

- градиентом фона;
- градиентом надписей с оценкой тестирования;
- градиентом надписи группы;
- градиентом надписи имен студентов;
- наложением имен студентов на результаты тестирования;
- ряд окружностей, наложенных на передний план.

Заключение

Разработанная программа предоставляет:

- полный пакет теоретической документации, необходимой для изучения темы лабораторной работы, включая анимационные ролики.
- тестирование знаний пользователей программы;
- интерактивные модели распределения потенциалов точек грунта, напряжения прикосновения, напряжения шага.

Программа может быть применена при обучении студентов дневной формы обучения, защита результатов тестирования позволяет применять программу при обучении студентов заочной и дистанционной форм обучения, также программа может быть полезна любому, интересующемуся вопросами охраны труда и электробезопасности.

Список литературы: **1.***В.Г.Иванов, Б.В.Дзюндзюк,Ю.М. Александров.*Охрана труда в электроустановках. К.: АТ «ОКО»,1994. 228с. **2.**Охрана труда/ *под. ред Б.А. Князевского*. М.: Высш. Шк.; 1982. 311с. **3.** В.Ц. Жидецкий и др. Основы охраны труда.-Львов: «Афиша». 2000.350с.

Поступила в редколлегию 25.06.2009

УДК 504.3.054

Б.В ДЗЮНДЗЮК, д.т.н.,проф. ХНУРЭ
Н.Л.БЕРЕЗУЦЬКА
І.І. ХОНДАК

ІНФОРМАЦІЙНО-НАВЧАЛЬНА ТЕСТУЮЧА ПРОГРАМА З ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

В статті розглядаються питання з оцінювання знань і навчання студентів, що стосуються екологічної безпеки. Основний наголос робиться на наглядній демонстрації наслідків антропогенної діяльності людини, її впливу на навколишнє середовище. Також пропонуються методи вирішення цих питань. Закріплення знань відбувається шляхом проходження тестування.

Необхідність даної роботи виникла в результаті активного впровадження в учбовий процес інформаційних технологій як з метою розширення можливостей навчального процесу, так і з метою перевірки знань.

Активне впровадження модульно – рейтингової системи навчання в вищих учбових закладах потребує підвищеної уваги до організації контролю знань студентів. Для прискорення процесу контролю знань підвищення його об’єктивності шляхом виявлення і використання особистих характеристик тестуючого необхідно використовувати системи діагностики знань на базі сучасних інформаційних технологій.

В теперішній час питання побудови автоматизованих систем діагностики знань стають ще більш актуальними в зв’язку з підписанням Україною Болонської декларації, в якій суттєва увага відводиться питанням удосконалення навчального процесу та об’єктивному оцінюванню знань студентів в вищих навчальних закладах.

Метою програми є оцінювання знань і навчання студентів з питань, що стосуються екологічної безпеки. При вивченні дисципліни «Екологія» дуже важливим є наглядна демонстрація наслідків антропогенної діяльності людини, її впливу на навколишнє середовище. Також це корисно при дистанційній та заочній формі навчання, коли обмежена можливість постійного спілкування викладача та студента.

Робота складається з двох блоків.

Перший блок - інформаційно-повчальний, особливістю якого є наочна демонстрація екологічних катастроф і їх наслідків для оточуючого середовища і здоров'я людини. В цей блок входять відеоролики, які відображають глобальну екологічну ситуацію, яка склалася в світі.

Наприклад, забруднення океанів нафтопродуктами, які потрапили в водойму в зв’язку з аваріями нафтоналивних танкерів.

Студенту пропонується розв'язати дану проблему, застосовуючи знання отримані при вивченні дисципліни «Екологія».

Якщо методи для розв’язування даної проблеми вибрані не правильно, то програма автоматично демонструє ефективні методи захисту біосфери та пропонує розв’язати задачу вдруге. Другий блок-перевірка знань студента на основі тестування. Оцінка виставляється по 5 бальній шкалі. Переваги даної системи: викладач сам вибирає кількість тем, кількість питань, встановлює час на вибір варіанту відповіді. (Рис.1). Перед початком роботи необхідно пройти навчальне тестування. (Рис.2)

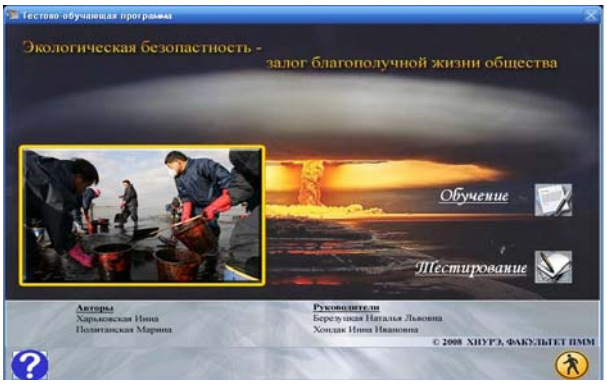


Рис.1 Вікно вибору завдання

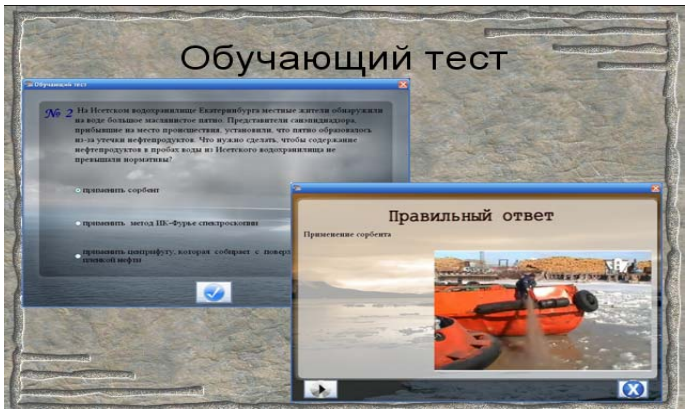


Рис.2 Приклад питань навчального тесту

В навчальному тестуванні наряду з відповіддю студента одночасно відображається правильна відповідь.

Питання підібрані таким чином, що відображають сучасний екокогічний стан планети взагалі і є актуальними в наш час. На думку авторів ці питання не залишать байдужими користувачів програмою.

Після його проходження переходимо до основного тесту, в якому студент обирає тему та реєструється.

Розроблений в даній програмі тест задовольняє всім вимогам, яким повинні задовольняти автоматизовані системи діагностики знань, а саме:

1. система виявляє ті знання (уміння), якими студент ще не оволодів;
2. система тестування адаптована по відношенню до тестуємого (рівень підготовленості, рівень хвилювання);
3. система враховує різні види невизначеності, які виникають при експлуатації сучасних комп'ютерних комплексів тестування.

Після проходження тесту на екран монітора виводиться результат тестування (рис.3) та автоматично генерується звіт, який містить кількість правильних відповідей та оцінка. Звіт зберігається в окремому файлі, котрий автоматично відправляється на друкування. Для відповіді на запитання дається час, який встановлює викладач.

Рис.3 Приклад результату тестування

Переваги данної розробки в порівнянні з іншими тестуючими роботами полягають в додаткових наступних можливостях:

- створення і оновлення каталогу користувачів програмою (можливість додавання та видалення користувачів);
- редагування тематики, що застосовується для тестування;

створення і редагування файлів вихідних даних тесту (тема тестування; загальна кількість питань;

- кількість питань, що використовується;
- кількість варіантів відповідей; відсоток правильних відповідей, за яким призводиться оцінювання знань; час, відведений на кожну відповідь).
- додання картикок і відеоматеріалів, які характеризують екологічне становище

Технічна реалізація: програмний продукт «Інформаційно-навчальна тестуюча програма з екологічної безпеки» був написаний на Borland Delphi7, так як це об'єктно-орієнтовне середовище візуального програмування. Він призначений для прискоренної розробки високовиробничих 32-бітних додатків, котрі можуть працювати в середовищі Windows або Linux.

При цьому Delphi дозволяє звести до мінімуму об’єм програмного коду, який ввели вручну.

До складу Delphi входять засоби, необхідні для розробки, тестування та установки додатків, приєднуючи обширну бібліотеку компонентів (VCL – Visual Components Library), засоби візуального проектування, шаблони додатків та форм.

Для свого додатка ми використовували стандартні компоненти, а також підключили Flash-компонент ActiveX, для відтворення відео.

С цією програмою буде приємно працювати і студентам і викладачам, тому що вона має дружній інтерфейс і зрозумілий алгоритм роботи.

Інформаційно-навчальна тестуюча програма з екологічної безпеки може бути застосована в різних ВУЗах для всіх форм навчання. Вона також може бути корисною для тренінгу спеціалістів в області захисту навколишнього середовища.

Список літератури: 1. «Экология города» /Под ред. Д.т.н., проф. *Стольберга Ф.В.* Киев: «Либра», 2000.-464с. 2. . Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? Под ред. Проф. *В.И. Данилова-Данильяна*. М.:Изд-во МНЭПУ,1997.

Поступила у редколегію 26.06.2009

УДК 656.21

Є.С. АЛЬОШИНСЬКИЙ, доцент, канд. техн. наук, УкрДАЗТ, ***Н.В. КОЛЕСНИКОВА***, магістр, УкрДАЗТ

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ НА КОРДОНАХ З КРАЇНАМИ СНД

Розглянуто питання щодо прискорення та оптимізації технології митного та прикордонного контролю на передавальних станціях з метою підвищення якості міжнародних перевезень. Запропоновано варіанти проведення основних технологічніх операцій, що дозволяють досягти значного скорочення часу доставки вантажу та сприяють залученню додаткових матеріальніх потоків на мережу залізниць України.

Рассмотрен вопрос ускорения и оптимизации технологии таможенного и пограничного контроля на передаточных станциях с целью повышения качества международных перевозок. Предложены варианты проведения основных технологических операций, которые позволяют достичь значительного сокращения времени доставки груза и способствуют привлечению дополнительных материальных потоков в сеть железных дорог Украины.

The question of acceleration and optimization of technology of custom and border control is considered at the stations of transmissions with the purpose of upgrading international transportations. The variants of conducting of basic technological operations which allow to attain considerable reduction of time of delivery of load and instrumental in bringing in of additional financial streams in a trackage Ukraine are offered.

Вступ

Надзвичайно вигідне географічне положення України при наявності в ній розвинутої мережі залізниць в умовах зміцнення світових торгівельно-економічних зв'язків сприяє залученню міжнародних транзитних та експортно-імпортних вантажопотоків. Цей процес супроводжується потенційним збільшенням грошових надходжень та відповідно покращенням економічного стану України. Для досягнення цієї мети необхідне постійне удосконалення технології переробки міжнародних вантажопотоків, в тому числі, необхідно збільшувати пропускну та переробну спроможності прикордонних передавальних станцій.

На цей час через територію України проходять три міжнародні (Критські) транспортні коридори та чотири коридори Організації співробітництва залізниць (ОСЗ), що з'єднують Європу та Азію. Успішне функціонування транспортних коридорів у значній мірі залежить від організації роботи та схем розміщення прикордонних станцій, через які здійснюються перевезення.

Україна має спільні кордони з країнами Західної Європи та межує з країнами СНД. Особливістю технології роботи станцій західного кордону є переведення вагонів з колії одного стандарту ширини колії (1520 мм) на колію іншого стандарту (1435 мм).

Передавальні станції на кордоні з країнами СНД також мають ряд проблем технічного та технологічного характеру. Це пов'язано з тим, що після розпаду СРСР, з утворенням нових міждержавних кордонів, з'явилась необхідність в нових передавальних прикордонних станціях, які було утворено з вже існуючих технічних станцій (дільничних та сортувальних). Через це постав ряд проблем, таких як:

відсутність достатніх технічних засобів й оснащення, призначеного для виконання митних операцій та, як наслідок, складнощі з переходом до нової технології роботи станцій.

Рішенню цих задач сприятиме облаштування означених станцій додатковими спорудами, пристроями, засобами зв'язку з урахуванням сучасних вимог до організації державного контролю, впровадження засобів для перевірки вантажів в транспортних засобах, огородження станційних колій та митних зон з метою якісного та своєчасного митного та прикордонного огляду [2].

Аналіз причин затримок вагонів на прикордонних переходах

До основних операцій, що виконуються на прикордонних передавальних станціях відноситься:

- маневрова робота;
- технічне обслуговування та комерційний огляд вагонів;
- митний та прикордонний контроль вантажів, составів поїздів і перевізних документів;
- обробка документів таксувальниками прикордонної транспортно-експедиційної контори;
- декларування транзитних та імпортних вантажів;
- фітосанітарний, радіологічний, карантинний, епідеміологічний, екологічний контроль вантажів.

При виконанні цих операцій на прикордонних станціях можливі затримки вагонів з наступних причин:

1) збільшення тривалості митних та прикордонних операцій;
2) неякісне оформлення перевізних документів;
3) технічні та комерційні несправності вагонів;
4) відчеплення вагонів, затриманих прикордонними, митними, санітарно-карантинними, ветеринарними та іншими органами;
5) тимчасове закриття кордону;
6) непрофесійність роботи прикордонних та митних служб.

Для аналізу роботи прикордонних передавальних залізничних станцій на кордонах з країнами СНД, однми з найбільш показових є станції Харків-Сортувальний та Бєлгород, що розташовані на російсько-українському кордоні та обслуговують поїздопотоки напрямку Москва – Крим (Кавказ).

Число імпортованих вагонів для станцій Харків-Сортувальний та Бєлгород за період 2004-2007 роки наведено на рис. 1.

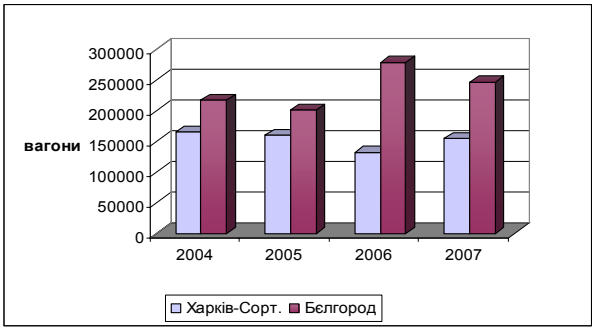


Рис. 1. Число імпортованих вагонів по станціям Харків-Сортувальний та Бєлгород

За 2006 та 2007 рр. по станції Харків-Сортувальний було затримано відповідно 85 та 130 вагонів через такі причини:

1. Відсутнє митне оформлення;
2. Відсутня вантажна митна декларація (ВМД);
3. Відсутній рахунок-фактура;
4. Невідповідність даних у накладній ТТН та ВМД;
5. Взяття проб митницею;
6. Відсутній дозвіл ветеринарних служб;
7. Затримки карантинною службою;
8. Відсутня інформація в центральній базі даних;

9. Затримки фітосанітарною службою;
10. Невірно оформлені документи;
11. Відсутній календарний штемпель;
12. Комерційний брак;
13. Конвенційна заборона;
14. Навантаження понад вантажопідйомності;
15. Недостатність документів для митного оформлення;
16. Відсутність дозволу фітосанітарних служб;
17. Для переважування.

Число затриманих вагонів та вагоно-години простою через усунення вище перерахованих причин наведено на рис. 2 та рис. 3 відповідно.

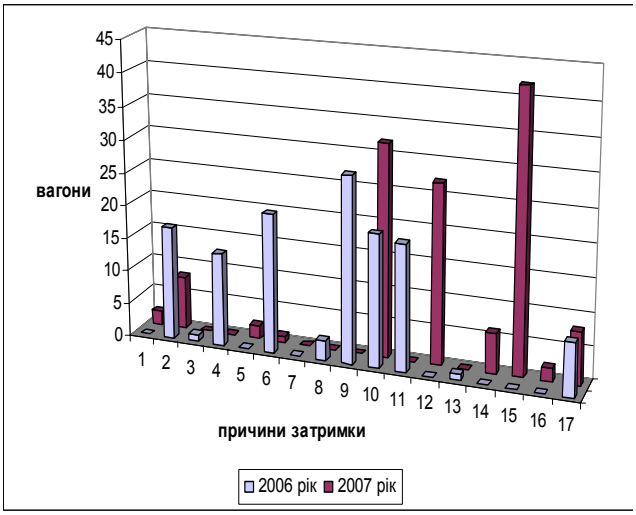


Рис. 2. Число затриманих вагонів

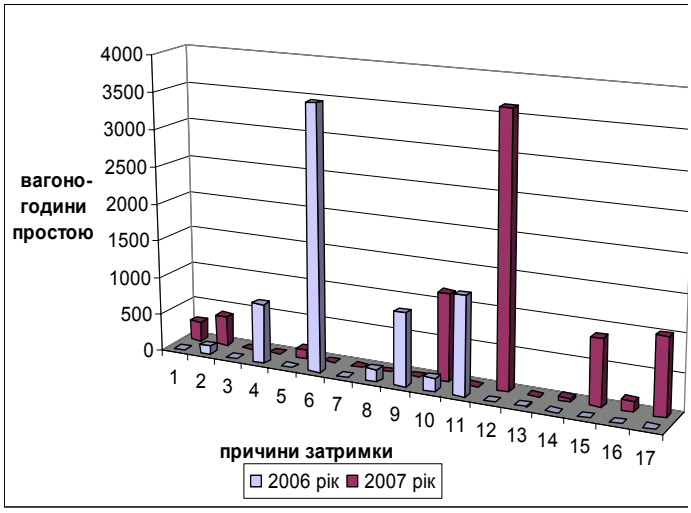


Рис. 3. Вагоно-години простою

З приведених даних можна побачити, що затримка найбільшого числа вагонів відбувається з причин нестачі документів для митного оформлення або їх невірного оформлення. Найбільші вагоно-години простою припадають на усунення комерційних браків, переоформлення документів та на затримки вагонів службами ветеринарного й фітосанітарного контролю.

Шляхи скорочення простою вагонів на прикордонних передавальних станціях.

Аналіз основних причин затримок вагонів визначив, що в першу чергу значну увагу слід приділяти правильності оформлення перевізних документів.

Значної економії часу на оформлення передачі вантажу через кордон було досягнуто за допомогою застосування уніфікованої за вимогами східного та західного транспортного права залізничної накладної ЦІМ/СМГС в якості основного перевізного документу. Ця накладна не потребує переоформлення при перетині кордону і є електронною копією транзитної декларації, що значно спрощує процедуру митного оформлення вантажу.

Скорочення часу доставки вантажів можна досягти за рахунок зменшення технологічного часу обробки поїздів на прикордонних станціях. Таку можливість дає виключення повторного митного огляду залізницею, що приймає. Одним з варіантів скорочення часу передачі вагонів є проведення митного огляду лише один раз (на території країни, що здає вантаж за участі робітників обох суміжних залізниць) [1]. На практиці ця технологія застосована на станції Печори-Псковське (Росія), де приймання та здачу вантажу, вагонів та контейнерів разом з російськими залізничниками здійснюють робітники АТ ”Эстонская железная дорога”. Такий

підхід дозволяє виключити повторний митний огляд, що дозволяє скоротити невиробничі простої вагонів та забезпечити оперативне вирішення питань щодо схоронності вантажів.

Час обробки поїзда по прибуттю на прикордонній станції можна визначити за формулою

$$T_{прст} = T_{пр} + (T_{то,ко} \cup T_{мо}) + T_{докум}, \quad (1)$$

де $T_{пр}$- час на операції по прийманню, 5хв.;

$T_{то,ко}$- час на проведення технічного (ТО) та комерційного огляду (КО) составу, 45 хв.;

$T_{мо}$- час на митний огляд составу (операції проводяться паралельно з ТО та КО), 90 хв.;

$T_{докум}$- час на обробку перевізних документів.

Далі виконуються операції по розформуванню або відправленню поїздів.

Час на обробку перевізних документів скаладається з наступних елементів:

$$T_{докум} = T_{ПТЕК} + T_{кар} + T_{ек} + T_{мк}, \quad (2)$$

де $T_{ПТЕК}$- час на обробку документів працівниками ПрикордТЕК, 60 хв.;

$T_{кар}$- час на обробку документів карантинною службою, 30 хв.;

$T_{ЕК}$- час на обробку документів екологічною службою,

$T_{ек}^{імп}$=30 хв., $T_{ек}^{експ}$=40;

$T_{мк}$- час на обробку документів митними органами, $T_{мк}^{імп}$ = 150 хв., $T_{мк}^{експ} = 70$хв.

$$T_{докум}^{імп} = 60+30+30+150 = 270хв$$

$$T_{прст}^{імп} = 5+90+270 = 365хв$$

$$T_{докум}^{експ} = 60+30+40+70 = 200хв$$

$$T_{прст}^{експ} = 5+90+200 = 295хв$$

Додатковими для поїздів, що перетинають кордон, є такі операції:

- митний огляд составу;
- обробка документів працівниками ПрикордТЕК;
- митний контроль документів.

При проведенні митних операцій з поїздами тільки на станції країни, що здає вантаж, на станції сусідньої держави, що приймає вантаж, відбувається виключення вищезазначених операцій. Час $T_{ПТЕК}$ можна зменшити або взагалі виключити на всьому шляху прямування вантажу за умови проведення митних операцій в пункті формування составу при наявності повного пакету документів. Сумарний час проведення митних операцій та час на обробку документів працівниками ПрикордТЕК можна визначити за такою формулою

$$T_{моп} = (T_{мо} - T_{КО,ТО}) + T_{ПТЕК} + T_{кар} + T_{ек} + T_{мк} \quad (3)$$

$$T_{моп}^{імп} = (90-45)+60+30+30+150 = 315хв$$

$$T_{моп}^{експ} = (90-45)+60+30+40+70 = 245хв$$

Після оптимізації митних операцій час на обробку складатиме:

$$T_{опт} = T_{пр} + T_{то,ко}$$
$$T_{опт} = 5 + 45 = 50хв \quad (5)$$

Вартість сумарного простою вагонів під обробкою на прикордонних станціях України та Росії (у т.ч. під виконанням митних операцій)

$$E_1 = (T^{імп}_{прст} \cdot \Sigma m_{імп} + T^{експ}_{прст} \cdot \Sigma m_{експ}) \cdot C_{в-г}, \quad (6)$$

де $\Sigma m_{імп}, \Sigma m_{експ}$ - сумарне число імпортованих та експортованих вагонів;

$C_{в-г}$ - вартість вагоно-години простою.

Вартість вагоно-години простою для України складає 5,7 грн., для Росії -29,1 руб., що в еквіваленті складає 6,3 грн.

Для станції Харків-Сортувальний за 2007 р. :

$$E^{X}_{імп1} = \frac{365}{60} \cdot 154620 \cdot 5,7 = 5361448,50грн.$$

$$E^{X}_{експ1} = \frac{245}{60} \cdot 245760 \cdot 5,7 = 5720064,00грн.$$

Аналогічно, для станції Бєлгород за 2007 р.:

$$E^{Б}_{імп1} = \frac{355}{60} \cdot 245760 \cdot 6,3 = 9160704,00грн.$$

$$E^{Б}_{експ1} = \frac{230}{60} \cdot 154620 \cdot 6,3 = 3734073,00грн.$$

Вартість простою вагонів під обробкою по імпорту на прикордонній станції після оптимізації митних операцій:

$$E_{імп2} = T_{опт} \cdot \Sigma m_{імп} \cdot C_{в-г} \quad (7)$$

Для станції Харків-Сортувальний:

$$E^{X}_{імп2} = \frac{50}{60} \cdot 154620 \cdot 5,7 = 734445,00грн.$$

Для станції Бєлгород:

$$E^{Б}_{імп2} = \frac{50}{60} \cdot 245760 \cdot 6,3 = 1290240,00грн.$$

Таким чином, можливий економічний ефект від зміни технології обробки міжнародного вантажного вагонопотоку складатиме

$$\sum \Delta E_2 = \Delta E_{імп} + \Delta E_{експ} \quad (8)$$

$$\sum E^{X}_{2} = (5361448,50 - 734445,00) + 0,00 = 4627004,00грн.$$

$$\sum E^{Б}_{2} = (9160704,00 - 1290240,00) + 0,00 = 7870464,00грн.$$

Крім того, одним з варіантів прискорення обробки поїздів на прикордонних станціях є виключення на них митного огляду взагалі. Наприклад, Федеральной таможенной службой (ФТС) Росії було запропоновано не робити повторний митний огляд не тільки на шляху слідування вантажу, але і в місцях їх вибування з митної території Російської Федерації [1]. Для цього перевізник має пред'явити акт огляду митного органу відправлення та цілісність пломб, кузовів, контейнерів. Слід також зазначити, що, на відміну від вищезазначеного варіанту митного огляду, повне його виключення знижує потребу в робітниках для його проведення, внаслідок чого зменшуються витрати на штат робітників.

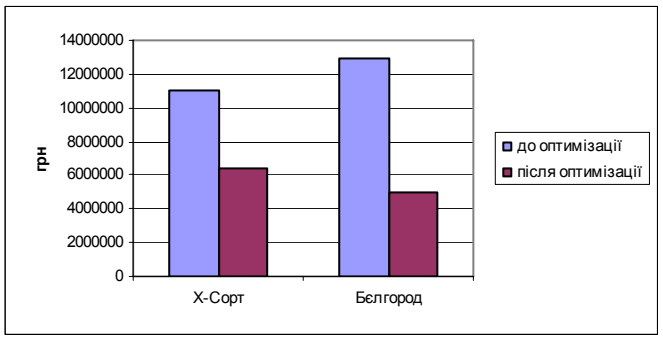


Рис. 4. Економія від скорочення простою під митними операціями імпортного вагонопотоку

Для втілення таких заходів на залізницях сусідніх країн мають існувати однакові вимоги та нормативи щодо технічного стану вагонів і порядку його контролю. З цією метою необхідно уніфікувати відповідні технічні вимоги країн, що граничать, та їх залізниць.

Для прискорення обміну даними, що пов'язані з перевезенням вантажів, доцільне впровадження новітніх інформаційних систем, що забезпечать взаємодію різних електронних систем окремих залізниць.

На сьогоднішній день передача попередньої інформації організується відповідно до "Угоди про інформаційний обмін при передачі вантажних поїздів по міждержавним переходам між Україною та Росією". Вона відбувається з Південної залізниці (Україна) на Південно-Східну (Росія) зі станцій Куп'янськ-Сортувальний, Харків-Сортувальний, Основа.

Висновки

Таким чином, для створення більшої привабливості залізничного транспорту та підвищення рівня його конкурентоспроможності на ринку міжнародних вантажних перевезень особливе значення має приділятися удосконаленню технології роботи та скороченню часу виконання митних та основних технологічних операцій на прикордонних передавальних станціях.

Список літератури: 1. Железнодорожные пограничные преходы.// Железные дороги РФ, 2003. - №4. - С. 9-41. 2. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: Монографія. - 2-е вид., перерообл. і допов. -Д.: Видавництво Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с. 3.Пасічник В.І. Проблеми ефективного використання основних залізничних напрямків і прикордонних переходів// Залізничний транспорт України, 1999. - №1 (4-5). - С. 8-12.

Поступила в редколегію 13.04.2009

УДК 519.7

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., канд.техн.наук., проф. ХНУРЭ (Харьков)
МИЛЬЦЕВА Л.А., студент ХНУРЭ (Харьков)

ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИИ САЙТОВ ПОД ЗАПРОСЫ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

Сегодня количество сайтов в Интернете растёт неимоверными темпами и ориентироваться в этом потоке не всегда легко. Сегодня на многие сайты клиент попадает посредством поисковых систем и как следствие большие маркетинговые усилия тратятся на то, чтобы увеличить свои позиции в этих поисковых системах. Данная статья посвящена алгоритмам для оценки качества оптимизации под запросы поисковых систем.

Today amount of sites in the Internet of rastt by incredible rates and the oriented in this stream easily not always. Today on many sites a client gets by means of the searching systems and as a result large marketings efforts are outlaid on that, to increase the positions in these searching systems. This article

is devoted algorithms for the estimation of quality of optimization under the queries of the searching systems.

Введение. Оптимизация сайтов под запросы поисковых систем – процесс долгий и требует глубокого знания принципов, по которым поисковые системы определяют релевантность страниц по ключевым словам.Возникает необходимость в том, чтобы помочь оптимизаторам в их работе, создав некоторую систему по оценке качества их работы. Такая система должна анализировать содержание отдельных страниц или всего сайта целиком, давая цифровую оценку всему комплексу мер по оптимизации на сайте в целом и так же отдельным её параметрам. Подобная система будет полезной как и профессиональным оптимизаторам, позволяя проверять результаты своей работы, так и новичку, указывая на то, что следовало бы изменить на сайте в рамках проведения оптимизации.

Данная статья посвящена алгоритмам для оценки качества оптимизации под запросы поисковых систем.

Постановка задачи. Предлогаемый алгоритмы является общим для большинства поисковых систем, эту задачу облегчает то, что принципы работы основных ведущих поисковых **систем** в общем-то схожи.

Мы ограничимся параметрами, которые можно определить, анализируя только содержание отдельно взятого сайта, то есть набор страниц, связанных между собой структурой ссылок, расположенных в Интернете под одним доменным именем. Таким образом, мы сразу отметаем такой очень важный фактор при проведении оптимизации, как ссылки, ведущие на ваш сайт. Для того, чтобы учитывать количество и качество ссылок, ведущих на определённую страницу, необходимо либо сканировать все веб сайты в сети Интернет (как это делают все серьёзные веб поисковые системы), либо мы должны обратиться к какой-либо из поисковых систем, которые иногда предоставляют доступ к различной информации, в том числе и количеству ссылок на ту или иную страницу. Первый случай не приемлем по техническим причинам, а второй привязывает нас к какой то конкретной поисковой системе, что, как мы уже условились, для нас не допустимо.

Оценка оптимизации отдельной страницы. В идеале, чтобы определить, насколько хорошо та или иная страница оптимизирована для, скажем, поисковой системы Google, необходимо воспользоваться алгоритмом подсчёта релевантности страницы самой поисковой системы Google. То есть задача оценки оптимизированости одной страницы фактически сводиться к подсчёту релевантности документа по конкретным ключевым словам.

Общий принцип определения релевантности документов – это моделирование ситуации, когда документ просматривается некоторым абстрактным веб-пользователем и, отталкиваясь от этой модели определять релевантность документа. Действительно, ключевое слово или ключевая фраза тем более релевантны на странице, чем больше вероятность того, что данное слово/фраза будет замечена пользователем. Так, например, в первую очередь пользователь обращает внимание на заголовок документа, затем на название его разделов, далее на слова, выделенные жирным шрифтом и т.д.

Также необходимо учитывать тот факт, что все серьёзные поисковые системы борются с так называемым поисковым спамом. Поисковым спамом называют такое явление, когда различные держатели сайтов намеренно создают страницы, которые с точки зрения пользователя не представляют большой актуальности и специально созданы для того, чтобы занять хорошие позиции в поисковых системах. Самой примитивной разновидностью поискового спама являются страницы, на которых много раз повторяется одна и та же фраза..

Релевантность одного слова на странице. Опишем формулу, для описания численной релевантности единичной встречаемости слова в тексте. Под встречаемостью слова мы будем подразумевать единичное упоминание слова в документе.

$$\text{Relevancy}(x) = H(x)S(x)p(x) \quad (1)$$

где x – какая-либо встречаемость слова на странице, S(x) – площадь, которую слово занимает при данном появлении на странице, p(x) – коэффициент релевантности, который зависит от позиции появления слова на странице и H(x) – некоторый коэффициент, отвечающий за то выделено ли слово на странице.

Так, H(x) можно определить следующим образом

$$H(x) = \begin{cases} 1.3, \text{если x выделено отличным от основного текста цветом или шрифтом} \\ 1, \text{иначе} \end{cases} \quad (2)$$

Таким образом, мы получаем, что выделенные слова релевантнее простого текста.

Далее определим p(x). Данная функция учитывает то, как на релевантность встречаемости слова влияет его позиция на странице. Если обратится к нашей модели поведения веб-пользователя, данная величина отображает как вероятность того, что слово будет замечено пользователем, зависит от позиции данного слова на странице. Естественно, что если слово находиться в верхней части страницы, то данная вероятность велика, и чем ниже это слово стоит, тем вероятнее, что пользователь до данного места в тексте просто не дойдёт и перестанет читать страницу. Таким образом величина p(x) отражает то, на сколько быстро читатель теряет интерес к тексту по мере его чтения. Данная величина зависит от огромного числа параметров, в том числе и от индивидуальных особенностей человека. Поэтому логично воспользоваться нормальным распределением:

$$p(x) = e^{-\alpha_1 pos(x)^2} \quad (3)$$

где pos(x) это позиция данного слова в документе, а α_1 константа, отвечающая за скорость потери интереса человека к текущему документу. Необходимо отметить, что при выборе такой функции релевантность слов, находящихся в конце больших документов фактически сводится к нулю. Это легко объяснить с точки зрения здравого смысла: если человек дочитал документ, допустим, до 30-й страницы, то, скорее всего для него задача, стоит ли данный документ читать или нет уже решена положительно и релевантность этих слов для поиска сводится к нулю.

S(x) достаточно легко определяется математически как площадь, занимаемая словом на странице – то есть произведение высоты на ширину.

В тривиальном алгоритме подсчёт релевантности целой страницы был бы простым суммированием релевантности каждой встречаемости слова на странице, однако в таком случае, оптимизаторам следовало бы действовать по принципу - “Чем больше, тем лучше”, то есть перенасыщать страницу ключевыми словами. В реальной жизни необходимо знать меру в использовании ключевых слов. Алгоритм, описывающий релевантность отдельно взятой страницы по ключевым словам должен учитывать отношение встречаемости ключевого слова к общему количеству слов и, если данное отношение слишком большое, то релевантность страницы должна быть меньше.

Постараемся выразить написанное выше математическим языком.

$$Relevancy_p(P, x) = \sum_{k=1}^{n} Relevancy(x_k) - U(P, x) \quad (4)$$

Данная формула считает релевантность страницы P по ключевому слову x. x_i это встречаемости слова x на странице P, а n – общее количество таких встречаемостей. U(P,x) это своеобразное “наказание” за чрезмерную переоптимизированность. Из формул 1 и 3 следует, что сумма $\sum_{k=1}^{n}$Relevancy(x_k) является конечной. Обозначим для краткости

$$\eta(P,x) = \frac{\sum_{k=1}^{n} Relevancy(x_k)}{\sum_{k=1}^{M} Relevancy(y_k)} \quad (5)$$

тогда U(P,x) можно определить следующим образом.

$$U(P,x) = \alpha_2\left(\frac{\sum_{k=1}^{n} Relevancy(x_k)}{\sum_{k=1}^{M} Relevancy(y_k)}\right)^{1+\alpha_3} = \alpha_2(\eta(P,x))^{1+\alpha_3} \quad (6)$$

где M это общее количество слов на странице, а . α_2 и α_3 это некоторые константы, для которых выполняются следующее условия:

$$\alpha_2 \geqslant \sum_{k=1}^{M} Relevancy(y_k),\ \alpha_3 \geqslant 0 \quad (7)$$

это максимальная релевантность, которую можно получить на данной странице. Таким образом η(P,X) обозначает степень оптимизированности данной страницы по данному ключевому слову. Если данная величина слишком велика, то это означает, что страница чрезмерно оптимизирована и маловероятно, что она несёт ценную информацию Допустим, если текст страницы состоит только из ключевого слова, то в этом случае U(P,x) = α_2 и $Relevancy_p(P,x) \leq 0$.Так, допустим, в тексте данной статьи, посвящённой оптимизации сайтов, слово “оптимизация” и производные от него, занимают около 2% от общего количества слов. Данное соотношение будет выполняться и для других научный работ, однако, для страниц, в сети Интернет оно может быть значительно больше (допустим, если страница содержит много картинок и мало текста). Если мы смогли определить оптимальное значение η(P,x) (например, статистически, анализируя страницы в Интернете), то константы α_2 и α_3 должны быть подобраны таким образом, чтобы $Relevancy_p(P,x)$ достигала своего максимума при данном значении η(P,x).Таким образом, умея оценивать релевантность страниц по определённым ключевым словам, мы можем перейти к задаче оценки её оптимизации. В первую очередь, мы должны оценить релевантность страницы по данному ключевому слову или фразе. Далее мы должны выделить потенциальные ошибки, которые допустил оптимизатор при проведении оптимизации. Например, если значение U(P,X), то оптимизатор должен об этом знать. Собранные данные должны быть представлены в виде отчёта и могут быть использованы оптимизатором для дальнейшей работы.

Оценка оптимизированности целого сайта. До сих пор, мы говорили об оценки оптимизации одной страницы. Оценка же оптимизации целого сайта – намного более интересная задача. Если при определении релевантности конкретной страницы опираться только на её содержимое, то систему будет очень легко обмануть. Допустим, если я знаю, что релевантность страницы по данному слову считается по алгоритму указанному выше, то я легко создам страницу, которая получит максимальную релевантность, но будет иметь случайное или почти случайное содержание. Одним из примеров подобных страниц, с которым мне приходилось встречаться на практике, это страницы, сформированные из запросов к самим поисковым системам. Допустим, я хочу создать страницу, хорошо оптимизированную по словосочетанию “поиск работы”. Это очень распространённое словосочетание, и по подобному запросу я найду очень много страниц в любой поисковой системе. Для того чтобы сформировать новую страницу на данную тему, мне достаточно ввести его допустим в поисковую систему Яндекс и результат скопировать на свою страницу. Полученная страница, будет очень

хорошо оптимизирована по данному словосочетанию. Данный процесс легко автоматизировать, и в результате можно получить большой сайт большим количеством страниц, оптимизированных под различные популярные фразы. Как уже упоминалось ранее, подобное явление называется поисковым спамом.

К счастью, проблема поискового спама уже давно и эффективно решена благодаря тому, что современные поисковые системы в значительной мере учитывают количество и качество ссылок, для каждой страницы.

Алгоритм учёта ссылочной структуры. В основе алгоритма учёта ссылочной структуры лежит подсчёт величины “важности” каждой страницы в сети Интернет.

Основная идея подсчёта ранга страницы, заключается в том, что чем больше ссылок идёт на конкретную страницу, тем популярнее эта страница, и как следствие наиболее вероятно, что она несёт полезную информацию. В качестве обоснования алгоритма, используется модель, в которой рассматривается некий абстрактный пользователь Интернета. Пользователь заходит на какую-то случайную страницу в Интернете и далее начинает переход по ссылкам. Ранг страницы в данной модели выражается как величина прямо пропорциональная вероятности того, что человек попадёт на данную страницу и выражается следующей формулой:

$$PR(x) = d + (1 - d)\sum_{k=1}^{n}\frac{PR(k)}{N(k)} \quad (8)$$

где d (0, 1), некая константа, отвечающая за минимальный ранг страницы, k пробегает по всем страницам, которые ссылаются на данную страницу, а N(k) это общее количество ссылок на k-й странице. Согласно данной формуле, каждая ссылка на данную страницу увеличивает её ранг прямо пропорционально рангу ссылающейся страницы и обратно пропорционально количеству ссылок со ссылающейся страницы.

Если вернуться к модели, то d это вероятность того, что пользователь сети Интернет, зашёл на страницу напрямую, а не перешёл на неё по некоторой ссылке. Далее, находясь на некоторой странице A, с вероятностью 1 - d пользователь перейдёт по ссылке страницы данной страницы на страницу B с вероятностью (1 - d). $\frac{1}{N(A)}$Соответственно, если PR(A) это вероятность того, что пользователь находится на странице A, то (1 - d) $\frac{PR(A)}{N(A)}$ это вероятность того, что пользователь попадёт на страницу B через ссылку на странице A. Просуммировав по всем ссылкам на страницу B и добавив d мы и получаем формулу 8.

Подобный подход делает более релевантными при поиске те страницы, на которые больше ссылаются с других страниц. Более того, нужно, чтобы ссылки шли со страниц с хорошим рангом, иначе их значение будет значительно меньше.

Учёт ссылочной структуры при оценки оптимизации. Таким образом пользуясь формулами 9 и 8, мы можем окончательную формулу для определения релевантности страницы по поисковому запросу:

$$Relevancy_p^{pr}(P, x) = PR(P)Relevance_p(P, x) \quad (9)$$

То есть, поисковая релевантность прямо пропорциональна рангу страницы и релевантности слова на данной странице.В связи с указанной выше формулой, работа оптимизаторов сводится к двум основным направлениям:

1. Получение ссылок на оптимизируемый сайт с внешних источников.
2. Организация внутренней структуры ссылок оптимизируемого сайта.

Как было определенно выше, мы ставим перед собой задачу оценки оптимизации в рамках одного конкретного сайта. То есть мы не учитываем внешние ссылки и работаем только с внутренними.

Если обратиться к формуле 8, то видно, что подсчёт ранга страницы, даже в рамках одного сайта – задача достаточно трудоёмкая и вручную почти не осуществимая. Из-за этого оптимизаторы, при организации структуры ссылок сайта, вынуждены во многом полагаться на интуицию. Система, осуществляющая пересчёт рангов страниц сайта основываясь на его структуре ссылок была бы крайне полезной сама по себе. В качестве же фактора оценки оптимизации конкретного сайте можно использовать суммарный ранг всех страниц сайта. Данная величина очень показательна, и может варьироваться в зависимости от того, какую структуру сайта вы выбрали.

Для осуществления процесс подсчёта ранга страниц необходимо применять итерационный подход. Сначала для каждой страницы присваивается начальный ранг PR(x) = d и затем ранг каждой страницы пересчитывается по формуле 8 до тех пор, пока ранги страниц не достигнут устойчивого значения. Полученные значения рангов страниц будут ценны для оптимизатора как сами по себе, так и в виде суммарного ранга всех страниц, так как являются показателем того, на сколько успешны или не успешны оказались усилия по оптимизации сайта.

Список литературы: 1.Google PageRank - A Survey" – статья посвященная алгоритму подсчета PageRank и эффектам связанным с ним, Markus Sobek, http://pr.efactory.de/ **2.** "The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine" – статья описывающая работу и устройство поисковой системы Google, Sergey Brin, http://www-db.stanford.edu/pub/papers/google.pdf **3.**"Google History" – история Google на официальном сайте, автор не указан, http://www.google.com/corporate/history.html история Google . **4.**"Танцы Google по флоридски" – статья посвященная оптимизации сайтов, автор не указан, http://www.searchengines.ru/articles/004584.html . **5.** "Успешный сайт для Google за 12 месяцев" – перевод статьи посвященной оптимизации сайтов, Brett Tabke, http://www.searchengines.ru/articles/004523.html

Поступила в редколлегию 13.06.2009

УДК 615.47

***Е.И. СОКОЛ*,** докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
***А.В. КИПЕНСКИЙ*,** канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»
***Е.И. КОРОЛЬ*,** канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»
***В.А. ВЕРЕЩАК*,** аспирант, НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩАЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ СИНУСОИДАЛЬНЫХ МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Оценку качества синусоидальных модулированных токов (СМТ), используемых в лечебных целях, предложено производить по ряду параметров. Рассмотрены варианты реализации генераторов СМТ и влияние возмущающих факторов на параметры их выходных сигналов. Предложен комплексный показатель оценки влияния возмущающих факторов на параметры СМТ и произведен сопоставительный анализ различных схем генераторов.

Оцінку якості синусоїдальних модульованих струмів (СМС), що використовуються з метою лікування, запропоновано здійснювати згідно низки параметрів. Розглянуті варіанти реалізації генераторів на СМС та вплив збурюючих факторів на параметри їх вихідних сигналів. Запропоновано комплексний показник оцінки впливу збурюючих факторів на параметри СМС та здійснено співставний аналіз різних схем генераторів.

Appraisal of quality of sinusoidal modulated currents (SMC) used in medicine was proposed to be made against several parameters. Considered were alternative versions of SMC oscillators and the effect of perturbing factors on parameters of their output signals. Complex quality appraisal index of

the effect of perturbing factors on SMC was offered and contrastive analysis of different oscillator circuits.

Введение

В медицинской практике синусоидальные модулированные токи (СМТ) используются для лечебного воздействия (метод – амплипульстерапия) на организм и обладают нейромиостимулирующим, анальгетическим, сосудорасширяющим и трофическим эффектами [1, 2]. В качестве генераторов СМТ используются специальные электротерапевтические аппараты [3]. Для достижения требуемого терапевтического эффекта при проведении процедур амплипульстерапии варьируют частотами несущего и модулирующего сигналов, коэффициентом модуляции, продолжительностью серий и пауз, силой тока (среднеквадратичное значение) при различных видах воздействия (роды работы) и режимах.

Следует отметить, что в электротерапевтических аппаратах параметры генераторов СМТ могут отличаться от расчетных значений, изменяться во времени и зависеть от различных возмущающих факторов, что, в свою очередь, оказывает влияние на параметры формируемых токов. Очевидно, что при отклонении параметров СМТ от заданных значений требуемый терапевтический эффект может быть не обеспечен.

Цель данной работы состоит в анализе качества формирования СМТ при наличии влияния различных возмущающих факторов.

При анализе качества формирования СМТ особое внимание следует обратить на те параметры сигнала, которые в наибольшей степени определяют его терапевтическую эффективность [4]:

– частоты несущего и модулирующего колебаний, коэффициент амплитудной модуляции, которые позволяют оценить соответствие оказываемого воздействия рекомендуемой методике, в которой оговариваются данные параметры сигнала;

– амплитуда основной гармоники, позволяет оценить долю высших гармоник, а соответственно и их эффективность в формируемом сигнале;

– действующее значение и амплитуда сигнала, позволяют оценить интенсивность оказываемого воздействия;

– гармонический состав, который определяет физиологическое воздействие сигнала на пациента.

1 Генераторы СМТ

СМТ, используемые в амплипульстерапии, представляют собой амплитудно-модулированные гармонические сигналы (АМ-сигналы), которыми принято называть сигналы с переменной амплитудой $U_m(t)$ и неизменной частотой f и фазой ψ [3]. Выражение, описывающее АМ-сигнал, в общем случае имеет вид

$$u_{AM}(t) = U_m(t)\sin(2\pi ft + \psi), \quad (1)$$

где $U_m(t)$ – модулирующий сигнал;

$\sin(2\pi ft + \psi)$ – гармоническое заполнение (несущий сигнал).

При произвольном значении коэффициента амплитудной модуляции АМ-сигнал будет описываться выражением:

$$u_{AM}(t) = U_m[1 + K_M \sin(2\pi f_M t)]\sin(2\pi f_H t), \quad (2)$$

где K_M – коэффициент амплитудной модуляции;

f_M – модулирующая частота;

f_H – несущая частота.

Выражение (2) может быть представлено как сумма простых гармонических колебаний с различными частотами

$$u_{AM}(t) = U_m \sin(2\pi f_H t) + \frac{U_m K_M}{2}\cos[2\pi(f_H - f_M)t] - \frac{U_m K_M}{2}\cos[2\pi(f_H + f_M)t], \quad (3)$$

где $f_H - f_M$ – нижняя боковая частота;

$f_H + f_M$ – верхняя боковая частота.

Таким образом, формирование АМ-сигнала с произвольным значением коэффициента модуляции может быть реализовано двумя способами.

В соответствие с первым способом АМ-сигнал получают путем *перемножения двух гармонических сигналов* (см. выражение (2)). При этом схема генератора для реализации первого способа будет иметь вид, приведенный на рис. 1. Здесь частота генератора гармонического сигнала ГГС1 должна быть равна частоте модулирующего сигнала $f_1 = f_M$, а частота генератора ГГС2 – равна частоте несущего сигнала $f_2 = f_H$. Дискретный аттенюатор ДА используется для изменения амплитуды модулирующего сигнала при изменении сигнала задатчика коэффициента модуляции $ЗК_М$. Сумматор Σ позволяет ввести в сигнал постоянную составляющую, равную U_m. Для перемножения двух сигналов служит аналоговый перемножитель сигналов АПС.

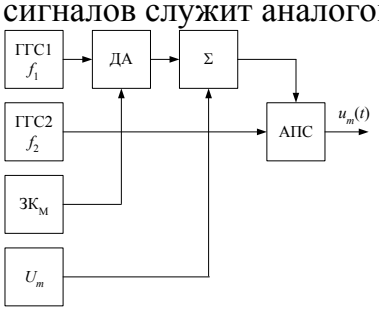


Рис. 1 Схема генератора АМ-сигнала с произвольным значением коэффициента модуляции на базе АПС

Второй способ формирования АМ-сигнала заключается в *суммировании трех гармонических сигналов* (см. (3)). Схема генератора для реализации второго способа приведена на рис. 2. Здесь частота генератора гармонического сигнала ГГС1 должна быть равна частоте несущего сигнала $f_1 = f_H$, частота генератора ГГС2 – равна нижней боковой частоте $f_2 = f_H - f_M$, а частота генератора ГГС3 – равна верхней боковой частоте $f_3 = f_H + f_M$.

Дискретные аттенюаторы ДА1 и ДА2 позволяют изменять значение коэффициента модуляции при изменении сигнала задатчика $ЗК_М$. Сумматор Σ служит для сложения всех трех сигналов.

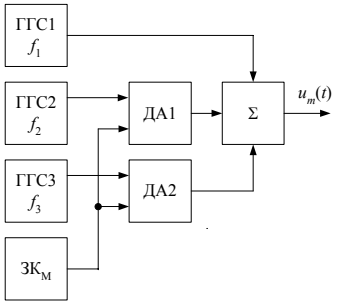


Рис. 2 Схема генератора АМ-сигнала с произвольным значением коэффициента модуляции на базе сумматора сигналов

Для определения параметров сигналов, формируемых при помощи рассмотренных генераторов, в программно-математическом пакете MatCad были реализованы соответствующие модели.

Схеме генератора АМ-сигнала на базе АПС (1-й способ реализации), приведенной на рис. 1, соответствует выражение:

$$y_j := f\left[\left(ym\left(j\cdot\frac{1}{Fd}\right)+1\right)\cdot yn\left(j\cdot\frac{1}{Fd}\right)\right], \quad (4)$$

где:

$f(x) := (1 - err)\cdot x$ – функция ошибки аналогового перемножителя сигналов;

$ym(t) := KmUm\cdot\sin(2\cdot p\cdot Fm\cdot t)$ – выходной сигнал ГГС1;

$yn(t) := Um\cdot\sin(2\cdot p\cdot Fn\cdot t)$ – выходной сигнал ГГС2.

Схеме генератора АМ-сигнала на базе сумматора (1-й способ реализации), приведенной на рис. 2, соответствует выражение:

$$y_j := yy1\left(j \cdot \frac{1}{Fd}\right) + yy2\left(j \cdot \frac{1}{Fd}\right) + yy3\left(j \cdot \frac{1}{Fd}\right), \quad (5)$$

где:

$yy1(t) := Un \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot Fn \cdot t)$ – выходной сигнал ГГС1;

$yy2(t) := \frac{KmUm}{2} \cdot \sin[2 \cdot \pi \cdot F2 \cdot t]$ – выходной сигнал ГГС2;

$yy3(t) := \frac{KmUm}{2} \cdot \sin[2 \cdot \pi \cdot F3 \cdot t]$ – выходной сигнал ГГС3;

$F2 := Fn - Fm$ – частота выходного сигнала ГГС2;

$F3 := Fn + Fm$ – частота выходного сигнала ГГС3.

При условии полного соответствия рассмотренных генераторов их моделям (идеальные генераторы), АМ-сигналы в обоих случаях будут иметь одинаковую форму. Один из таких сигналов приведен на рис. 3, а его параметры сведены в табл. 1. Параметры сигнала определялись в пакете MatCad при частоте дискретизации Fd := 500000.

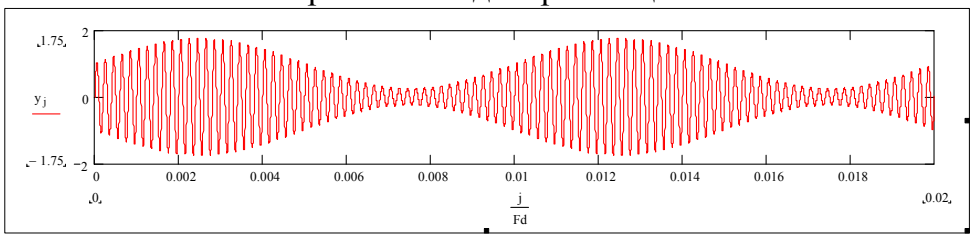


Рис. 3. Эталонный АМ-сигнал, формируемый идеальным генератором

Таблица 1

Параметры эталонного АМ-сигнала

Название	Обозначение	Значение
Частота несущего колебания	Fn	5000
Частота модулирующего колебания	Fm	100
Коэффициент модуляции	Km	0,75
Амплитуда основной гармоники	Gmax	49,993
Амплитуда сигнала	Um	1,75
Действующее значение сигнала	U	0,8

В дальнейшем, анализируя качество формирования СМТ при наличии влияния различных возмущающих факторов, этот сигнал (рис. 3, табл. 1) будем использовать в качестве эталонного. Отклонения от эталонного сигнала будем оценивать по следующим критериям, выраженным в процентах:

– dFn – отклонение частоты несущего колебания;
– dFm – отклонение частоты модулирующего колебания;
– dKm – отклонение коэффициента амплитудной модуляции;
– dGmax– отклонение амплитуды основной гармоники;
– dU – отклонение действующего значения сигнала;
– dmax – отклонение амплитуды АМ-сигнала;
– dG – среднеквадратическое отклонение гармонического состава.

Для расчета критериев во всех случаях будем использовать выражение

$$dP = \frac{|P - P_\Phi|}{P} \cdot 100\ \%,$$

где P – значение параметра эталонного АМ-сигнала;

P_Φ – фактическое значение параметра АМ-сигнала при наличии влияния возмущающих факторов.

2 Влияние возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала генератора с АПС

В процессе анализа в качестве возмущающих факторов, оказывающих влияние на параметры АМ-сигнала в генераторе на базе АПС (см. рис. 1), рассматривались:

– Δf_1 – отклонение частоты генератора модулирующего сигнала ГГС1;

– ΔU_{m1} – отклонение амплитуды генератора модулирующего сигнала ГГС1;

– Δf_2 – отклонение частоты генератора несущего сигнала ГГС2;

– ΔU_{m2} – отклонение амплитуды генератора несущего сигнала ГГС2;

– ΔАПС – ошибка аналогового перемножителя сигналов.

В результате проведенных исследований генератора на базе АПС были определены основные варианты комбинаций возмущающих факторов, которые приводят к наибольшим изменениям параметров АМ-сигналов (см. табл. 2).

Таблица 2

Варианты комбинаций возмущающих факторов, оказывающих наибольшее влияние на параметры АМ-сигнала генератора на базе АПС

Вариант	ГГС1		ГГС2		ΔАПС
	Δf_1	ΔU_{m1}	Δf_2	ΔU_{m2}	
В1	– 2 %	0	0	0	0
В2	+ 2 %	0	+ 2 %	0	0
В3	0	0	+ 2 %	0	0
В4	0	+ 5 %	0	– 5 %	0
В5	+ 2 %	0	0	+ 5 %	0
В6	+ 2 %	0	– 2 %	+ 5 %	0
В7	+ 0.5 %	0	0	0	2 %
В8	+ 0.5 %	+ 5 %	0	– 5 %	2 %
В9	0	0	0	0	2 %
В10	0	0	+ 1 %	0	0

Исследования проводились при формировании сигнала со следующими параметрами: несущая частота (Fn) 5кГц, модулирующая частота (Fm) 100Гц, коэффициент модуляции (Km) 0,75.

Результаты проведенных исследований сведены в 3, а также представлены в виде столбчатых диаграмм на рис. 4.

Таблица 3

Численные значения отклонений параметров АМ-сигнала генератора на базе АПС при различных вариантах комбинаций возмущающих факторов

Критерий	Вариант комбинации возмущающих факторов									
	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
dFn, %	0	2	2	0	0	2	0	0	0	1
dFm, %	2	2	0	0	2	2	0,5	0,5	0	0
dKm, %	0,67	1,2	0	0,4	3,73	3,73	2,26	2,66	2	2
dGmax, %	0,19	0,18	0	5	5,19	5,19	1,99	6,89	2	2
dU, %	0,38	0	0	3,88	5	5	2	5,88	2	2
dmax, %	0,06	0	0,08	2,98	5	4,98	2	4,91	2,02	2,03
dG, %	1,49	59,2	59,27	2,97	3,54	60,06	1,5	4,08	1,5	85

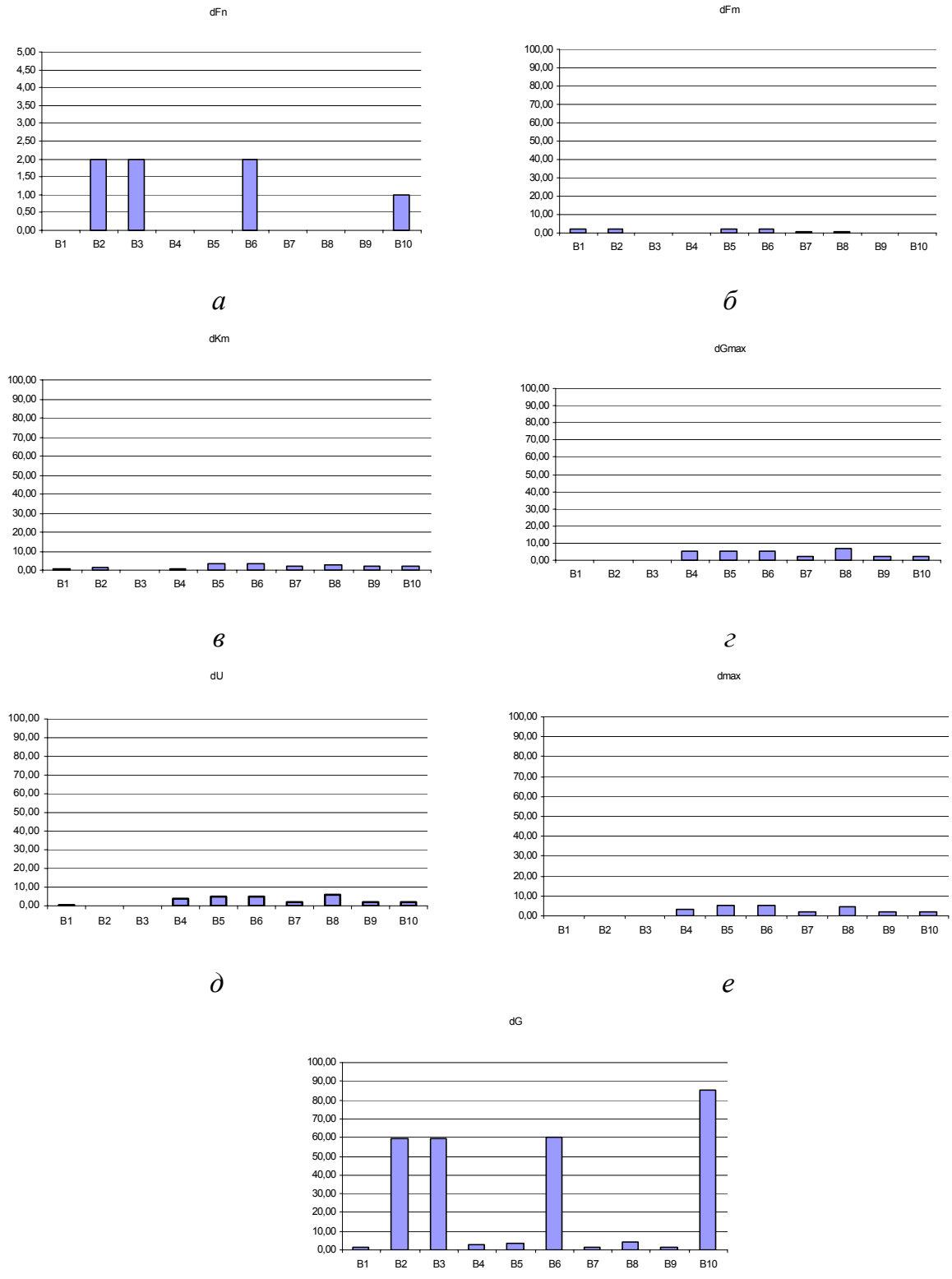


Рис. 4 Отклонения параметров АМ-сигнала генератора на базе АПС при различных вариантах комбинаций возмущающих факторов

В результате проведенного анализа было установлено, что ни один из вариантов комбинаций возмущающих факторов не приводит к существенному визуальному искажению АМ-сигнала (см. эталонный АМ-сигнал, рис. 3).

Отклонение несущей (см. рис. 4, *а*) и модулирующей (см. рис. 4, *б*) частоты, наблюдается только в тех случаях, когда имеют место отклонения частот

соответствующих ГГС, и численно соответствуют значениям этих отклонений. Это свидетельствует о низкой чувствительности данного варианта схемы генератора АМ-сигнала к стабильности частот входящих в его состав генераторов.

На коэффициент модуляции (см. рис. 4, *в*) вариант возмущений В3 влияния не оказал, остальные варианты привели к незначительным его отклонениям, не более 4 %.

К отклонениям амплитуды основной гармоники (см. рис. 4, *г*) приводят все варианты возмущений, кроме В3. В тех случаях, когда эти отклонения имеют место, они не превышают 7 %.

Максимальное отклонение действующего значения сигнала (см. рис. 4, *д*) наблюдается при варианте возмущений В8 и достигает 6 %. Это обусловлено наличием ошибки АПС и отклонением амплитуды одного из ГГС.

Отклонения амплитуды АМ-сигнала (см. рис. 4, *е*) при варианте возмущений В2 обнаружено не было. При остальных вариантах возмущений оно не превышало 5 %.

К существенным отклонения гармонического состава (см. рис. 4, *ж*) приводят несколько вариантов возмущений, так, при варианте В10 отклонения достигают 85 %. Это обусловлено смещением гармоник при отклонении частот генераторов ГГС1 и ГГС2.

Таким образом, для рассмотренной схемы существенные отклонения формируемого АМ-сигнала возможны только по гармоническому составу. По остальным параметрам отклонения не значительны.

3 Влияние возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала генератора на базе сумматора

В процессе анализа в качестве возмущающих факторов, оказывающих влияние на параметры АМ-сигнала в генераторе на базе сумматора (см. рис. 2), рассматривались:

– Δf_1 – отклонение частоты генератора несущего сигнала ГГС1;

– ΔU_{m1} – отклонение амплитуды генератора несущего сигнала ГГС1;

– Δf_2 – отклонение частоты генератора нижнего бокового сигнала ГГС2;

– ΔU_{m2} – отклонение амплитуды генератора нижнего бокового сигнала ГГС2;

– Δf_3 – отклонение частоты генератора верхнего бокового сигнала ГГС3;

– ΔU_{m3} – отклонение амплитуды генератора верхнего бокового сигнала ГГС3.

В результате проведенных исследований генератора на базе сумматора были определены основные варианты комбинаций возмущающих факторов, которые приводят к наибольшим изменениям параметров АМ-сигналов (см. табл. 4).

Таблица 4

Варианты комбинаций возмущающих факторов, оказывающих наибольшее влияние на параметры АМ-сигнала генератора на базе сумматора

Вариант	ГГС1		ГГС2		ГГС3	
	Δf_1	ΔU_{m1}	Δf_2	ΔU_{m2}	Δf_3	ΔU_{m3}
В1	0	0	– 2 %	0	0	0
В2	+ 2 %	0	0	0	+ 2 %	0
В3	0	0	0	0	+ 2 %	0
В4	0	+ 5 %	0	0	0	– 5 %
В5	+ 2 %	0	0	0	0	+ 5 %
В6	– 2 %	+ 5 %	+ 2 %	0	0	0
В7	0	0	+ 0,5 %	0	0	0
В8	0	0	+ 0,5 %	+ 5 %	0	– 5 %
В9	0	0	0	0	0	– 100 %
В10	0	0	+ 2 %	0	– 2 %	0

При указанных вариантах возмущений наблюдалось существенное искажение формы АМ-сигнала (рис. 5). При вариантах В1, В2, В3, на периоде модуляции появляется две волны различной формы (рис. 5, *а*), вместо одной (см. эталонный сигнал на рис. 3).

Вариант возмущений В4 не приводит к существенному изменению формы сигнала, а вариант В5 (рис. 5, *б*) характерен тем, что частота модуляции повышается в 2 раза. При варианте возмущений В6 на периоде модуляции появляется две волны одинаковой формы, но разной амплитуды (рис. 5, *в*).

Особенностью вариантов В7 и В8 является многократное уменьшение частоты модулирующего сигнала, в данном случае в 4 раза (рис. 4, *г*). Данное уменьшение наблюдается при незначительных отклонениях частот ГГС, когда уровнь отклонения стремится к нулю, но не равном ему, то и частота мадуляции также стремится к нулю. Такие изменения частоты модуляции сродни эффекту биения при наложении двух практически когерентных сигналов.

В варианте В9 отсутствие одного из ГГС привело к отклонению формы огибающей модулирующего сигнала (рис. 5, *д*). А вариант комбинации возмущений В10 привел к полному отстутствию модуляции сигнала (рис. 5, *е*).

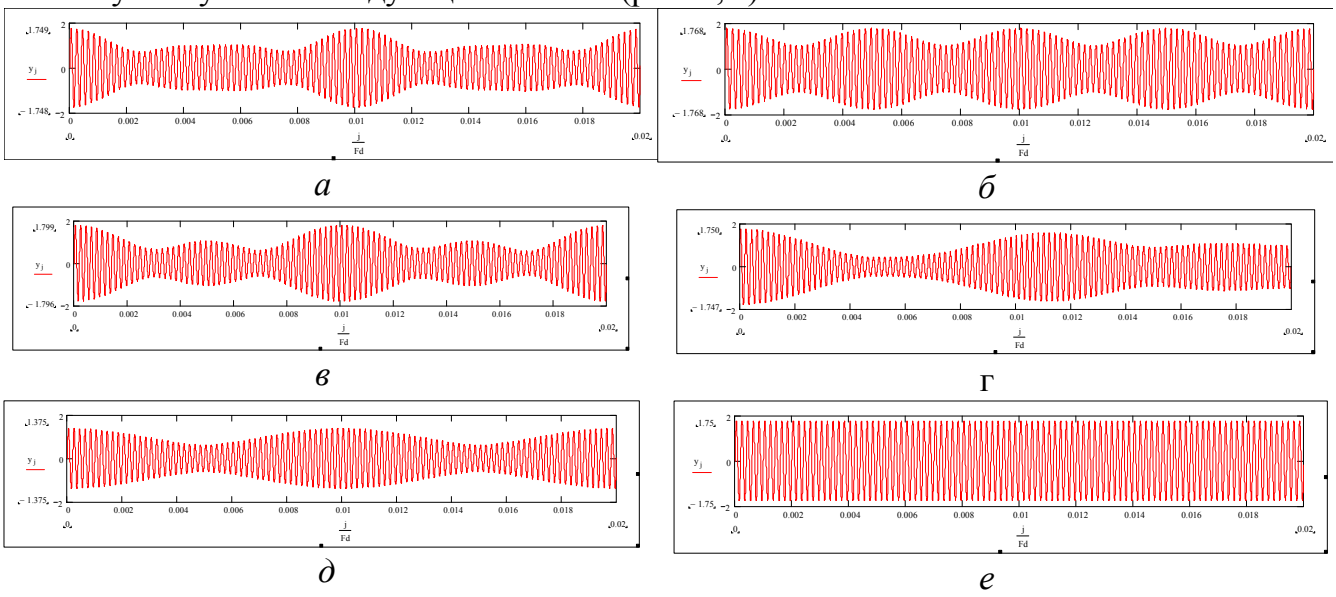


Рис. 5 Форма АМ-сигналов генератора на базе сумматора
при различных вариантах комбинаций возмущающих факторов

Численные значения отклонений параметров АМ-сигнала при различных вариантах возмущений сведены в табл. 5 и представлены в виде столбчатых диаграмм на рис. 6.

Таблица 5

Численные значения отклонений параметров АМ-сигнала генератора на базе сумматора при различных вариантах комбинаций возмущающих факторов

Критерий	Вариант комбинации возмущающих факторов									
	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
dFn, %	0	2	0	0	2	2	0	0	0	0
dFm, %	0	0	0	0	100	0	75	75	0	100
dKm, %	58,19	57,92	56,99	2,40	50,33	43,41	43,68	43,14	50,87	97,87
dGmax, %	0,29	0,80	0,26	4,99	39,28	4,53	0,25	0,26	0,19	74,57
dU, %	0,38	0,63	0,38	3,50	27,63	3,62	0,13	0,38	5,63	54,38
dmax, %	0,06	0,06	0,06	1,77	1,03	2,80	0	1,03	21,43	0
dG, %	30,19	70,58	30,03	3,29	81,49	52,69	16,80	17,21	21,20	52,13

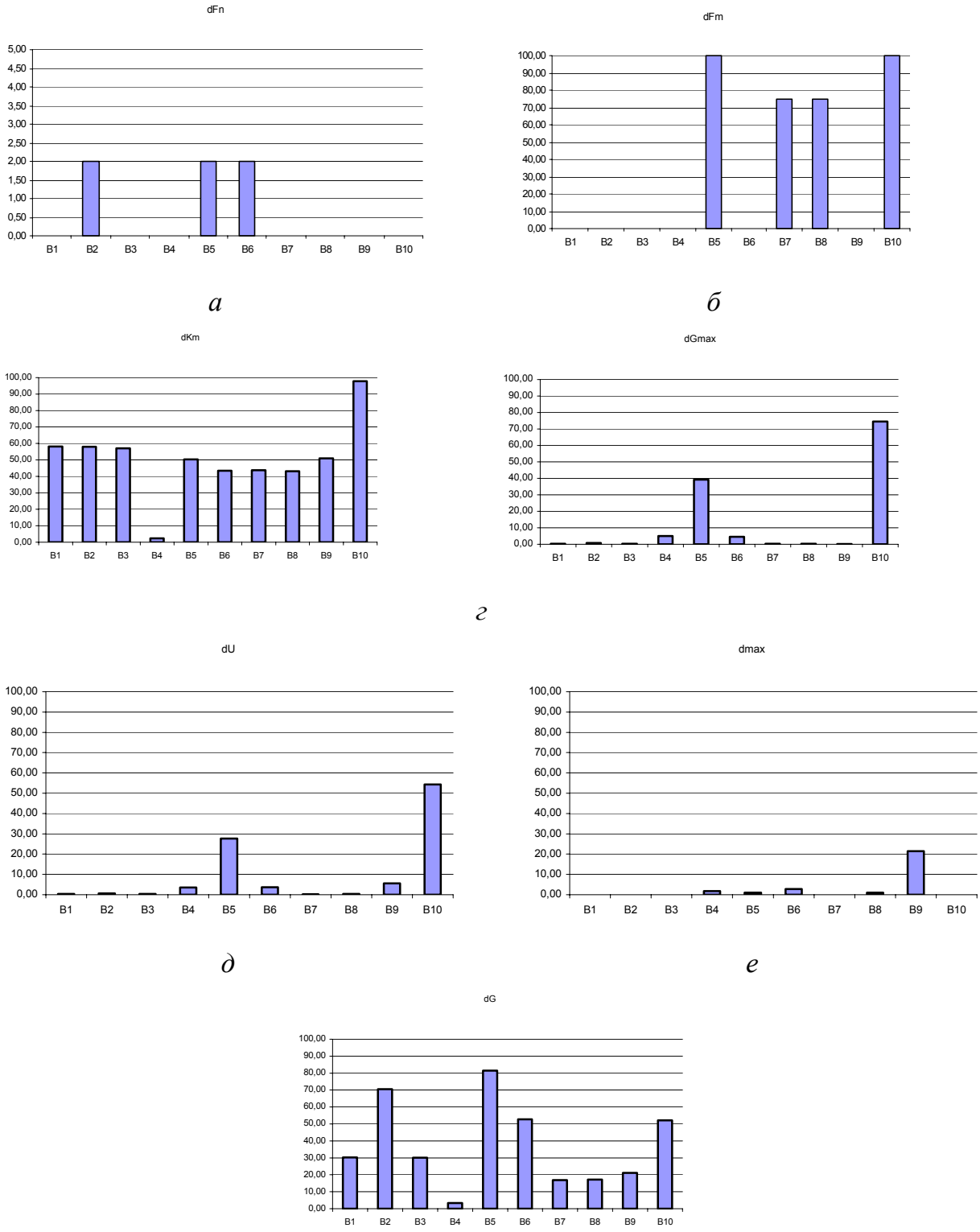


Рис. 6 Отклонения параметров АМ-сигнала генератора на базе сумматора при различных вариантах комбинаций возмущающих факторов

На частоту несущего сигнала возмущающие факторы влияния практически не оказывают. Для всех рассмотренных вариантов отклонение несущей частоты не превышает 2% (рис. 6, *а*), что соответствует отклонению частоты ГГС1. Однако на частоту модулирующих колебаний различные варианты возмущений оказывают гораздо большее влияние (рис. 6, *б*), вплоть до 100 %, изменяя ее в несколько раз (варианты В5, В7, В8), или уменьшая до 0 (вариант В10).

При всех вариантах отклонений, кроме В4, наблюдается существенное отклонение коэффициента модуляции и в пределе оно достигает 100 % (рис. 6, *в*).

К максимальным отклонениям амплитуды основной гармоники (рис. 6, *г*) приводят варианты возмущений В5 и В10, при этом значение максимального отклонения достигает почти 75 %. Это обусловлено наложением гармоник формируемого сигнала друг на друга.

Значительное изменение действующего значения выходного сигнала наблюдается при вариантах В5 и В10 и составляет более 27 % и 54 % соответственно (рис. 6, *д*). Для остальных вариантов это изменение не превышает 6 %.

Отклонение амплитуды АМ-сигнала (рис. 6, *е*) максимально при варианте В9 и составляет более 21 %, при остальных вариантах возмущений отклонения незначительные, а при вариантах В7 и В10 отсутствуют вообще.

Практически все рассмотренные варианты возмущений приводят к существенному изменению гармонического состава (рис. 6, *в*), а при варианте В5 отклонения составляют почти до 82 %.

В результате проведенных исследований установлено, что по отношению к схеме генератора на базе АПС в схеме генератора на основе сумматора наблюдается большая зависимость параметров формируемого АМ-сигнала от возмущающих факторов.

4 Комплексный показатель оценки влияния возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала

Для обобщенного анализа влияния возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала вводится комплексный показатель, в который отклонения параметров входят с некоторыми весовыми коэффициентами, учитывающими степень влияния отдельных параметров на качество проводимой процедуры амплипульстерапии. Для расчета комплексного показателя предлагается использовать следующее выражениye

$$K = 0{,}05dmax + 0{,}05dGmax + 0{,}05dG + 0{,}25dU + 0{,}2dFn + 0{,}2dFm + 0{,}2dKm.$$

При расчете комплексного показателя основным считается отклонение действующего значения сигнала dU, которое определяет интенсивность воздействия на пациента. Весовой коэффициент этого отклонения составляет 0,25. Такие параметры АМ-сигнала как несущая частота Fn, частота модуляции Fm и коэффициент модуляции Km учитываются в комплексном показателе с весовым коэффициентом 0,2. Для остальных параметров АМ-сигнала весовой коэффициент был принят равным 0,05.

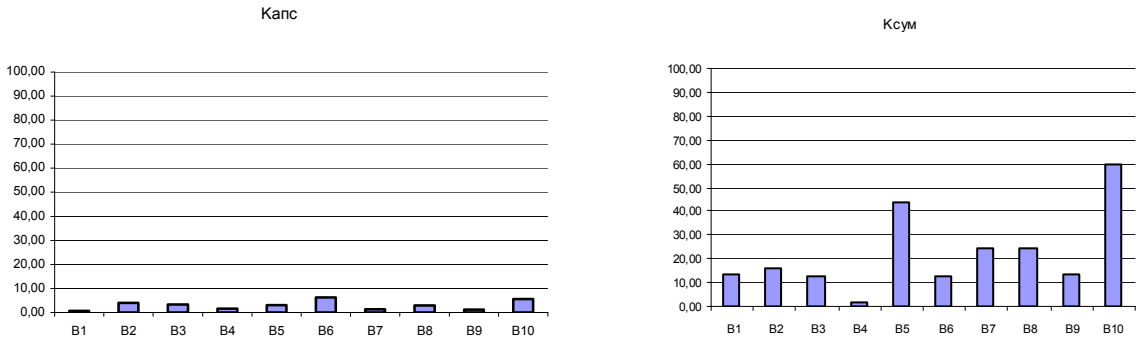
Результаты обобщенного анализа влияния возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала двух исследуемых генераторов представлены в табл. 6 и в виде столбчатых диаграмм на рис. 7.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что в генераторе на базе АПС возмущающие факторы не оказывает существенного влияния на качество формируемого АМ-сигнала. При этом значение комплексного показателя $К_{АПС}$ при любом из рассмотренных вариантов комбинации возмущений не превышает 7 %.

Таблица 6

Численные значения комплексного показателя
анализа влияния возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала

Показатель	Вариант комбинации возмущающих факторов									
	В1	В2	В3	В4	В5	В6	В7	В8	В9	В10
$К_{АПС}$, %	0,71	4,01	3,37	1,60	3,08	6,31	1,33	2,90	1,18	5,55
$К_{СУМ}$, %	13,26	15,71	13,01	1,86	43,46	12,99	24,62	24,65	13,72	59,50



а б

Рис. 7 Численные значения комплексного показателя анализа влияния возмущающих факторов на параметры АМ-сигнала генератора на базе АПС (*а*) и на базе сумматора (*б*)

Генератор на базе сумматора оказывается менее устойчивым к влиянию возмущающих факторов. Здесь значения комплексного показателя $К_{СУМ}$ достигают 60 %, что, очевидно, не всегда позволит достигать требуемого терапевтического эффекта.

Выводы

1 При условии обеспечения идеальности составных частей генераторов для формирования АМ-сигналов может быть использован любой из рассмотренных способов.

2 Влияние возмущающих факторов в меньшей степени сказываются на параметрах АМ-сигнала, формируемого генератором на базе аналогового перемножителя сигналов.

3 При реализации аппарата для терапии синусоидальными модулированными токами, в качестве генератора АМ-сигнала наиболее целесообразно использовать схему на базе аналогового перемножителя сигналов, что позволит точнее дозировать параметры воздействия при проведении процедур амплипульстерапии.

Список литературы: 1. Техника и методики физиотерапевтических процедур (справочник) / Под ред. В.М. Боголюбова. – Тверь: Губернская медицина, 2002. – 408 с. 2. Воробьев М.Г., Пономаренко Г.Н. Практическое пособие по электро- и магнитотерапии. – СПб.: Гиппократ, 2002. – 200 с. 3. Сокол Е.И., Кипенский А.В., Верещак В.А. Анализ показателей качества аппаратов для амплипульстерапии // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Ч.3. – К.: ІЕД НАНУ, 2006. – С. 123-130. 4. Определение параметров синусоидальных модулированных сигналов / Е.И. Сокол, А.В. Кипенский, Е.И. Король, В.А. Верещак // Сборник научных трудов 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» (МРФ'2008), 22-24 октября 2008 г., г. Харьков. – Харьков: АНПРЭ, ХНУРЕ, 2008. – Т. IV. – С. 34-37. 5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – М.: Высшая школа, 1988. – 448 с.

Поступила в редколлегию 17.06.2009

УДК 656.223

Н.В. СТАРОБУДЦЕВА, магістр УкрДАЗТ
О.А. МАЛАХОВА, доцент УкрДАЗТ

ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВАГОННИМ ПАРКОМ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Вступ. В залежності від географічних та соціально – економічних умов експлуатації залізниць на полігонах однієї держави або міждержавних формувалася та функціонувала та чи інша система управління роботою вагонних парків.

На залізницях України отримала розвиток система управління роботою вагонних парків, соціально – економічною базою яких є державна власність на всю інфраструктуру залізниць. Організаційно – технічними складовими такої системи є: план перевезень, який конкретизується планом навантаження по залізницях призначення, план формування, графік руху поїздів, місячне технічне нормування експлуатаційної роботи для мережі залізниць. Великий вклад в розвиток методів планування перевезень внесли доктора наук О.О. Бакаєв, І.В. Белов, Б.І. Шафіркін, О.П. Абрамов, А.Г.Захаров, М.М. Барков, В.А. Дмитрієв та ін. Теоретичні потання інтенсифікації роботи станцій та напрямків освячені у працях Б.Е. Пейсахзона, М.Д. Іловайського, К.К. Тихонова, Б.М. Максимовича, А.Д. Чернюгова, М.Д.Крюкова, Д.Д.Ашукіна, Є.В. Архангельського, І.В. Харлановича, О.С.Пермінова, В.І. Некрашевича, В.К. Буянової та ін. Авторами наукових праць з удосконалення методів технічного нормування О.І. Сметанін, А.К. Угрюмов, Б.О. Кривошей, Л.Л. Железняк та інші.

У зв’язку з тим, що традиційним плановим та найбільш зручним для відображення сезонних коливань експлуатаційної роботи періодом є «місяць», то місячне технічне нормування (техплан) є безпосереднім організаційним початком управління роботою вагонних парків. Технічним планом встановлюється розподіл вагонного парку між підрозділами залізничного транспорту. Основною умовою правильного розташування вагонного парку є точне виконання плану навантаження в прямому сполученні, тобто по залізницях, дирекціях та станціях призначення, і виконання технічних норм експлуатаційної роботи залізниць. Крім того, експлуатаційні заходи не можуть бути розроблені один раз і назавжди. Вони змінюються в залежності від конкретних експлуатаційних обставин та задач диспетчерського апарату на всіх рівнях і полягають в тому, щоб своєчасно забезпечити виконання місячних технічних норм експлуатаційної роботи станцій, дирекцій, залізниць. Технічне нормування є основою оперативного управління рухом, який реалізується системою автоматизованих диспетчерських центрів управління з використанням і практичного досвіду.

В останні роки зроблена спроба класифікувати системи регулювання перевезень з відокремленням видів регулювання (вагонних парків, вагонопотоків, руху поїздів, парку локомотивів та бригад, форсування пропускної та провізної спроможності), а також ознак, що характеризуються масштабами, метою застосування регулювальних заходів. За найбільш загальну схему управління вагонними парками обирають комплексне регулювання, що включає розробку плану регулювання та організацію його виконання, забезпечення плана навантаження за типами вагонів та залізницями призначення, концентрацію резерва вагонів та здійснення заходів щодо скорочення порожнього пробігу вагонів. Основним підрозділом, що реалізує регулювальні заходи є залізниця. Значна роль в регулюванні вагонних парків відводиться навантаженню за типами вагонів та залізницями призначення, а також створенню умов для збільшення числа здвоєних операцій, зниження простою місцевих вагонів та скороченню порожнього пробігу.

Основним недоліком системою управління вагонних парків, що склалася та функціонує на залізницях України, є те, що вона спирається, перш за все, на організаційно – розпорядчі методи управління, ігноруючи економічні. При цьому мотивацією роботи диспетчерського та управлінського апарату є робота «на показник». Така мотивація призводить до збільшення нерівномірності роботи залізниці на протязі доби, «виправданним» економічним та технологічним втратам, викривленню даних обліку та звітності. Проблема управління роботою вагонних парків поєднує в собі два взаємопов’язаних аспекта експлуатації залізниць: технічний та організаційний. В технічному відношенні проблема знаходить рішення у визначенні кількості та спеціалізації вагонів, а також створенні системи, що забезпечує їх утримання в справному стані та

ремонт. В організаційному відношенні ця проблема полягає у використанні вагонів з найбільшою економічною ефективністю. Цей аспект загальної проблеми викликаний географічною схемою, розташуванням залізничного полігону, відношеннями між її частинами, які керуються окремим державним та оперативним органом, власниками вагонів, клієнтурою. Ці факторі визначають ступінь складності задачі ефективного використання вагонів, яка може бути технологічно простою або достатньо складною.

Структурний аналіз системи управління вантажними перевезеннями – одна із головних цілей управління транспортними процесами. Вона полягає в оптимальному виконанні заданого обсягу вантажних перевезень, визначеного деяким інтервалом із застосуванням існуючих технічних, інформаційних та управлінських комплексів. Для досягнення поставленої мети на залізничному транспорті застосовують різні моделі, спрямовані на оптимізацію основного технологічного процесу експлуатаційної роботи – поїздоутворенню. До таких моделей, як відомо, відносять [3]:

- оптимізаційні моделі (планування);
- імітаційні моделі (перевірка);
- оперативне коригування та управління (управління)

Об'єктами дослідження для всіх пойменованих моделей є організація вагонопотоків на мережі залізниць України завданими експлуатаційними та технічними характеристиками.

Математичну модель використання вагонного парку на мережі залізниць можна описати таким чином:

$$S = \{T, N, U_1, \mathrm{Y}, U_2\} \quad (1)$$

де T - множина моментів часу;

N - множина станів системи (оперативне положення на транспортній мережі);

U_1 - множина значень вхідних дій (значення інтенсивності вхідного вагонопотоку, що зароджується, на протязі часового інтервалу *T*);

Y - множина значень вихідних величин (множина чинників, що впливають на процес поїздоутворення та просуваня поїздів);

U_2 - множина значень вихідних параметрів (значення інтенсивності вихідного вагонопотоку на протязі часового інтервалу *T*);

X — множина коефіцієнту якості прийняття рішень управлінським апаратом в різних умовах експлуатації.

Згідно з класифікацією Калмана [4] така система управління належить до класу нестаціонарних динамічних моделей, які характеризуються множиною траєкторій станів у просторі та множиною траєкторій управління у просторі.

Первинними параметрами управління роботою вагонних парків є технологічні вимірювачі та показники експлуатаційної роботи, які впливають на систему обліку наявності стану та використання вагонів. Технологічні вимірювачі та показники мають розповсюджене застосування і є основою для економічної оцінки транспортного процесу з можливістю керування такими економічними параметрами, як тарифи, плати за вагоно - добу або пробіг вагонів, доходні та витратні ставки та інш. Економічні параметри управління роботою вагонних парків регулюють відношення між державами та залізницями, між залізницями та клієнтурою, між власниками під'їзних колій та вагонних парків. Організаційною підставою управління роботою вагонних парків є та чи інша система організаційного нормування та регламентування у вигляді законів, статутів, угод, правил, інструкцій та інших нормативних документів, які юридично закріплюють економічні та виробничі відносини між учасниками перевізного процесу (користувачами та виконавцями), так і між структурними підрозділами залізничного транспорту. Складовою частиною цією системи є регулярне місячне або епізодичне технічне

нормування експлуатаційної роботи залізниць, яке в свою чергу є основною оперативного диспетчерського управління процесом перевезень.

В теперішній час якість використання вантажних вагонів визначається двома основними показниками: обігом вагону і середньодобовим пробігом. Як відомо, обіг вагона для мережі – це відношення робочого парку вагонів до навантаження на мережі, а для залізниці (дирекції) – відношення робочого парку до суми навантажених і прийнятих в навантаженому стані вагонів. Однак, така постановка не дозволяє отримати об'єктивну оцінку даних показників. Так, наприклад, якщо прийнятий навантажений вагон після вивантаження прямує в ремонт, то він вже не входить до складу робочого парку. Аналогічно, якщо вагон після вивантаження прямує в резерв або в запас. То це також вносить похибку в розрахунок. Впровадження пономерного обліку з автоматизацією процеса управління дозволить перейти на новий рівень інформації про вагон. За основу нової методики розрахунку обігу вагона приймають реальну інформацію про вагон та експлуатаційні події з ним та, відповідно, отримання точної оцінки обігу та середньодобового пробігу як по мережі, так і по залізниці або дирекції, окремому власникові та орендарю. Методика розрахунку будується на тому, що впроваджується нове поняття «цикл роботи вагону», яке враховує такі операції, як надходження вагона в ремонт, в запас, відставлення його в неробочий парк та інш. Реалізація цієї задачі можлива за умови розвитку автоматизованої системи управління вантажними перевезеннями (НАСК ВП УЗ). Система управління роботою залізничного транспорту в ринкових умовах повинна враховувати:

- виконання перевізної роботи на залізницях України вагонними парками чотирьох категорій: парком УЗ загального користування; парком УЗ, що зданий в оренду підприємствам та організаціям; власним парком підприємств та організацій України, що мають право виходу на магістральні залізниці; парком держав – учасників Співдружності та інш.;
- узгодженість з економікою транспорту системи технічного нормування експулатційної роботи з виділенням сполучень: транзитне; ввіз – вивіз та місцеве, згідно з метою та задачами управління перевізного процесу;
- сучасний і перспективний розвиток технічної бази інформаційно – керуючої системи залізничного транспорту, що дає можливість максимально комп'ютеризувати керування процесом перевезень.

Оперативний облік та статистична звітність в такій системі повинна стати органічною складовою управління процесом перевезень. Зміна положень цих інструкцій випереджає перегляд змісту відповідних форм оперативного обліку, а також форм статистичної звітності. Комп'ютеризація інформаційного забезпечення управління перевезеннями дозволить надавати інформацію, що міститься в цих формах, на моніторах ПЕОМ в більш зручному (порівняно з паперовим) вигляді, скоротить термін та покращить якість її обробки та аналізу. Машинна обробка результатів перевізного процесу дозволить сумісне отримання платежів за транспортні послуги з моменту їх надання до взаєморозрахунків за користування вантажними вагонами між залізничними адміністраціями держав – учасників Співдружності. В сучасних умовах потрібний принципово новий підхід до однієї із функціонально виділених складових частин управління експлуатаційної роботи з урахуванням сучасного рівня розвитку комп'ютерних систем. Основні положення формуються наступними принципами.

1 Відповідність показників експлуатаційної роботи їх технологічному змісту. Реалізація цього принципа полягає в перегляді понять та визначень бази даних Перш за все це стосується тих показників, які потребують економічної оцінки. До них відносяться: «робота підрозділів», «обіг вагону», «середньодобовий пробіг вагону», « транзитна

робота», «місцева робота», «розміри руху», «інтенсивність вагонопотоків», «місцевий вагон», «місцевий вантаж» та інш.

2 Групування показників за структурою парку вагонів в залежності від власника цих вагонів. Реалізація цього принципа дозволить мати чітке уявлення про доходи та витрати, що відносяться до тієї чи іншої структурної категорії вагонного парку, показники його використання та роботу з ним для можливості прийняття обґрунтованих оперативних рішень.

3 Економічна оцінка виконаних, тих, що виконуються, та прогнозних рішень ізних рівнів управління, тобто всіх рішень з оперативного регулювання експлуатаційної роботи повинні підлягати економічній оцінці з винагородами або покараннями конкретних управлінців, які приймають та реалізують такі рішення.

4 Класифікація оперативної інформації повинна відповідати структурі залізничного транспорту, яка відображає причетність клієнтури та галузей транспорту до кінцевих технолого – економічних результатів експлуатаційної роботи. Реалізація цього принципу потребує розробки моделі взаємодії всіх учасників транспортного процесу. На першому етапі може бути здійснене групування інформації на комерційну, оперативно – диспетчерську та технічно – забезпечуючи процес перевезень.

5 Представлення необхідної інформації користувачу в найкоротшій термін у вигляді, найбільш підготовленому для оцінки ситуації та прийняття відповідного рішення. Сучасні комп'ютерні інформаційні системи дозволяють реалізувати цей принцип застосуванням графічних способів відображення інформації (схеми, діаграми, графіки та інш.) з накладенням відповідних фільтрів для вибору цікавих користувачеві показників транспортного процесу.

6 Узгодженість оперативної та статистичної звітності як по формі, так і по змісту, з виключенням «підгонки» результатів оперативного обліку під статистичну звітність і невідповідність різних форм оперативної та статистичної звітності, що має місце в теперішній час.

7 Можливість статистичного накопичення інформації по окремих показниках з метою аналіза в безперервній динаміці з застосуванням методів математичної статистики та моделювання задачу правлінського характеру на попередній період часу з використанням методів дослідження операцій.

8 Можливість поєднання з аналогічними системами залізниць держав СНД та Балтії на підставі прийнятих рішень про єдину інформаційну базу, в тому числі і трансформацію інформації для користувачів України.

9 Надання юридичного та технічного захисту інформації в процесі перевезень в рамках діючого законодавства в цій області та внутрішньовідомчого санкціонованого доступу до тих чи інших відомостей. При цьому бажано виключати постачання інформації НАСК ВП УЗ тим працівникам управлінського та диспетчерського апарату, яким вона не потрібна для прийняття рішення.

Висновок. Реалізація наведених принципів на повинна протистояти загальній тенденції розвитку транспорту України та тенденції розвитку диспетчерських систем управління перевезеннями.

Список литературы: 1 Сметанин А.И. Техническое нормирование эксплуатационной работой железных дорог. – М.: Транспорт, 1984. – 295 с. 2 Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с. 3 Е. М. Ульяницкий, В. Н. Скляров. Моделирование процессов управления вагонопотоками на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ, 2003. - № 6. 4 Калман Р., Фалб П., Арбиб М. Очерки по математической теории систем. - М.: Мир, 1971.

Поступила в редколлегию 13.05.2009

УДК 620.18

А.Е. БАРМИН, стажер преподаватель НТУ "ХПИ"

ПОЛУЧЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (СМК) И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (НК) МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ИСПАРЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ В ВАКУУМЕ (PVD)

Рассматривается возможность получения методом электронно-лучевого испарения и конденсации в вакууме материалов в виде фольг и покрытий с субмикрокристаллической и нанокристаллической структурой. Приведены результаты электронномикроскопических исследований и механических испытаний конденсатов на основе Fe и Cu. Исследовано влияние технологических условий получения на структуру этих материалов.

Possibility of reception by a method of electron beam evaporation and condensation in vacuum of materials in the form of foils and coatings with submicrocrystalline and nanocrystalline structure is considered. Results electronic microscopic researches and mechanical tests of condensates on the basis of Fe and Cu are resulted. The influence of technological conditions on the structure of these materials are researched. The influence of technological conditions on the structure of these materials are resulted.

К настоящему времени в наш лексикон очень прочно вошли такие понятия, как наноструктура, наноматериал, нанотехнология. Так что же такое наноматериал?

Наиболее общее понятие следующее: Наноматериалы – это материалы, в которых один или несколько структурных параметров (зерно, химическая неоднородность, толщина слоя в многослойных покрытиях и т.д.) имеют размер менее 100 нм. Однако следует отметить что 100 нм это условный верхний предел, который обусловлен тем что для большинства физических явлений характерный размер лежит в интервале 10-100нм, но для некоторых физических явлений он может быть повышен до 1 мкм.

Другими словами, материал переходит в наноструктурное состояние, когда происходит качественное изменение в зависимости физико-механических свойств от размера структурных параметров.

На сегодня разработано достаточно большое количество методик получения наноматериалов, в таблице представлены основные методы получения [1,2].

В основе всех этих методов лежат два противоположных подхода: создание материалов «снизу-вверх» и «сверху-вниз». К одним из методов создания нанокристаллических и субмикрокристаллических материалов «снизу-вверх» относится метод испарения и конденсации в вакууме (PVD).

PVD технология выгодно отличаются от других методов получения материалов и покрытий практически неограниченными возможностями в управлении структурой и свойствами. С помощью испарения и конденсации можно получать металлические, керамические и керамико-металлические материалы и покрытия с заданной структурой.

Известно [3-5], что на структуру конденсатов и соответственно на их свойства влияют многие факторы, главные из них: температура подложки, природа сил связи испаряемого материала, наличие примесей, скорость конденсации и т.д. Наиболее сильным фактором из перечисленных выше, влияющих на структуру и свойства, является - температура подложки.

Таблица 1

Основные методы получения наноматериалов

Основные методы получения наноматериалов

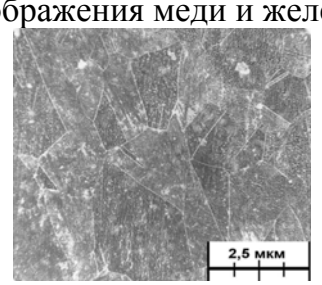
Группа	Основные разновидности	Объекты
Порошковая технология	Метод Глейтера (газофазное осаждение и компактирование) Электроразрядное спекание Горячая обработка давлением Высокие статистические и динамические давления при обычных и высоких температурах	Металлы, сплавы, химические соединения
Интенсивная пластическая деформация	Равноканальное угловое прессование Деформация кручением Обработка давлением многослойных композитов Фазовый наклеп	Металлы, сплавы
Контролируемая кристаллизация из аморфного состояния	Обычные и высокие давления	Аморфные вещества
Пленочная технология	Химическое осаждение из газовой фазы (CVD) Физическое осаждение из газовой фазы (PVD) Электроосаждение Золь-гель технология	Элементы, сплавы, химические соединения

Накопленный на сегодня материал по изучению структуры и физико-механических свойств материалов вакуумного происхождения относится в основном к объектам с размером зерна значительно больше 100 нм. А что касается информации о структуре и свойствах нанокристаллических композиционных материалов типа металл-металл вакуумного происхождения, то она практически отсутствует. В связи с этим перед данной работой ставились следующие задачи:

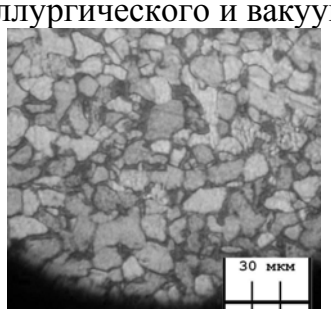
1) Исследовать корреляцию зеренной структуры и механических свойств конденсатов Cu и Fe в зависимости от технологических параметров получения.
2) Изучить влияние легирования на диспергирование зеренной структуры конденсатов.

Материалом исследования служили фольги Cu, Fe, Cu-W, которые были получены методом PVD. Структурные исследования проводились методом электронной микроскопии. Оценка механических свойств производилась измерением микротвердости и испытанием на активное растяжение.

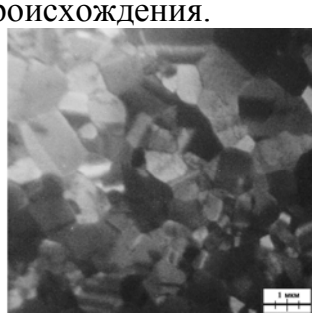
На рис.1 представлены металлографические и электронно-микроскопические изображения меди и железа металлургического и вакуумного происхождения.



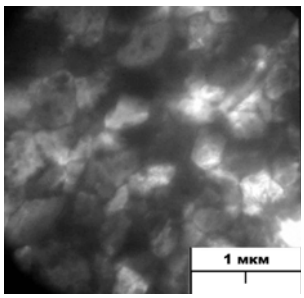
а) Cu металлургического происхождения



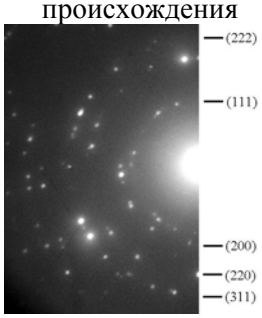
Fe металлургического происхождения



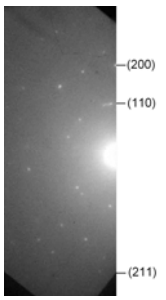
б) Cu вакуумного происхождения



Fe вакуумного происхождения



в) электронограмма Cu вакуумного происхождения

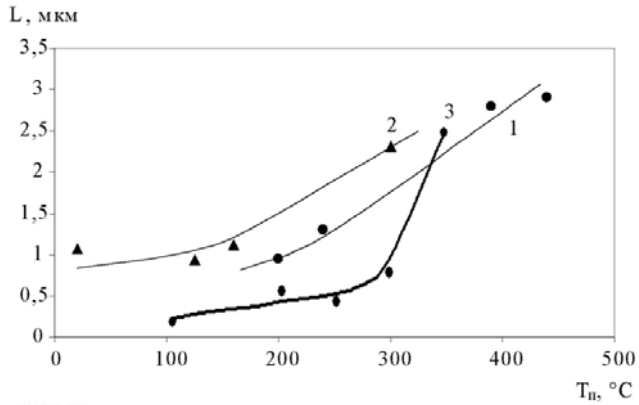


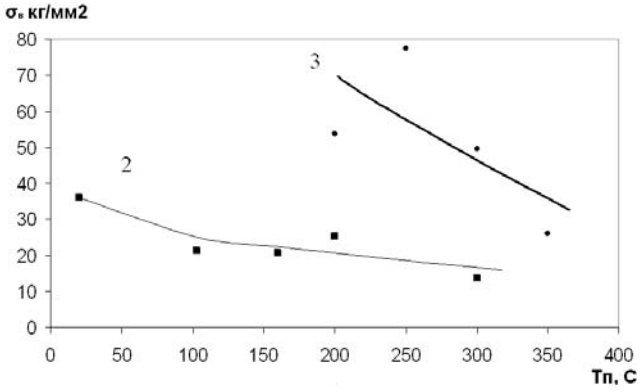
электронограмма Fe вакуумного происхождения

Рис. 1 Структура меди и железа

Видно, что характер структурного состояния этих объектов практически одинаковый – полиэдрическая форма зерен с узкими границами. Но размер зерна в образцах вакуумного происхождения значительно меньше. На электронограммах посторонних рефлексов не было обнаружено.

На рисунке 2 представлены зависимости влияния технологических условий получения на структуру и свойства вакуумных конденсатов.





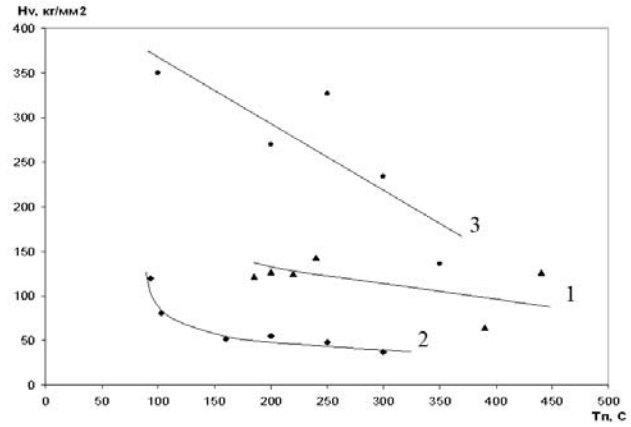


Рис. 2 Влияния технологических условий получения на структуру и свойства вакуумных конденсатов (1 - Cu(тиг. исп.), 2 - Cu(эл.луч. исп.), 3 - Fe (эл.луч. исп.))

Из приведенной зависимости среднего размера зерна от температуры подложки видно, что варьирование технологическими параметрами получения позволило значительно снизить размер зерна в конденсатах, так в Cu до 0,6 мкм, в Fe до 0,2 мкм. Необходимо отметить, что при тигельном испарении размер зерна меди меньше при всех температурах подложки, это связано с тем что частицы тигля, испаряясь, попадают на подложку и служат дополнительными центрами кристаллизации или аккумулируются на границах зерен и тормозят их рост, как во время конденсации так ив процессе рекристаллизации [6].

Важным результатом является тенденция к замедлению диспергирования структуры при снижении температуры подложки меньше ~ 100°С. Это свидетельствует о том, что становится проблематичным достижения нанометровой размерности зеренной структуры путем изменения температуры подложки.

Прочностные свойства, согласно приведенным данным возрастают при снижении температуры подложки, так для меди предел прочности возрастает от 14 до 36 кг/мм^2 , для железа от 26-78 кг/мм^2. Повышенные значения прочностных свойств конденсатов полученных испарением из тигля, также связаны с легированием конденсатов частицами материала тигля [7].

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о том, что для дальнейшего значительного повышения прочностных свойств чистых меди и железа недостаточно снижать температуру подложки. Выявленное повышение прочности конденсатов при их микролегировании материалом тигля указывает на возможность улучшения физико-механических свойств конденсатов путем синтеза композиционных структур.

Известно, что эффективным способом управления зеренной структурой является модифицирование, т.е. введение в расплав присадок - модификаторов, которые являются дополнительными центрами кристаллизации.

Для вакуумных конденсатов подобное явление наблюдается при конденсации двух- или многокомпонентного пара (основной материал играет роль матрицы, легирующий элемент - модификатор).

В данной работе изучено влияние легирования меди вольфрамом, на зеренную структуру и прочные свойства вакуумных конденсатов. На рис. 3 представлена равновесная диаграмма состояния системы Cu-W, которая свидетельствует о невозможности получения сплава этих элементов металлургическими методами.
Вместе с тем литературные данные, свидетельствуют о возможности синтеза таких сплавов при конденсации смесей их паров в вакууме [5].

На рис. 4 представлены электронно-микроскопические изображения конденсата бинарной системы Cu-W.

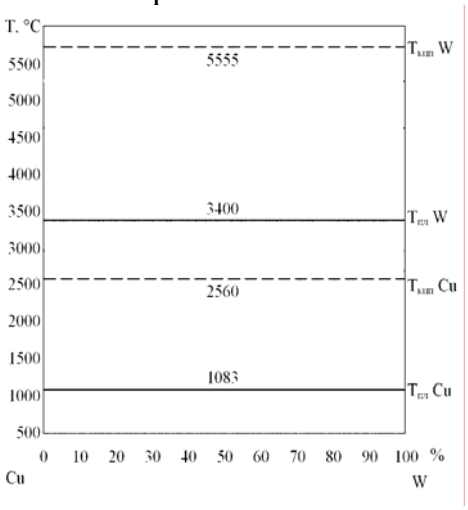
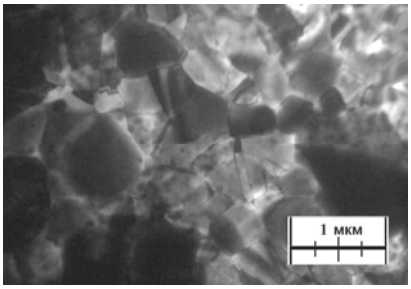
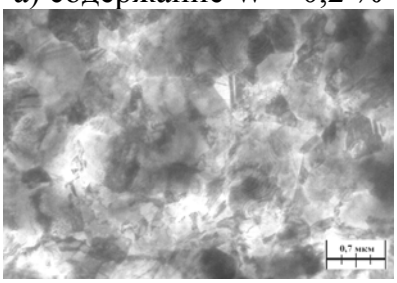


Рис. 3 Равновесная диаграмма состояния системы Cu-W



а) содержание W ~ 0,2 %



б) содержание W ~ 1,0 %

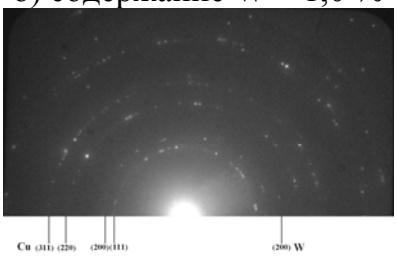


Рис. 4 – Электронно-микроскопическое изображение и електронограмма конденсата Cu-W

Сравнение этих данных с рисунком 1 показывает, что зеренная структура бинарных систем при малых концентрациях легирующих компонентов (~ 0,1-0,2 вес.%) существенно не изменяется по сравнению с конденсатом чистой меди, но при этом снижается величина зерна. Однако увеличение содержания легирующих элементов кардинально меняет зеренную структуру: форма зерен становится округлой, межзеренные границы размыты и практически не заметны.

На электронограммах увеличивается плотность рефлексов на дифракцийних линиях, принадлежащих меди, а также появляются рефлексы вольфрама.

Таким образом, легирование меди приводит к кардинальному изменению ее структурного состояния, резкого снижения размера зерна, формирования частиц W в объеме медной матрице, а также образованию аномальных растворов легирующих элементов в ГЦК-решетке меди [6]. Следствием таких процессов является резкое повышение прочностных свойств материала, что подтверждается на концентрационных зависимостях (рис. 5).

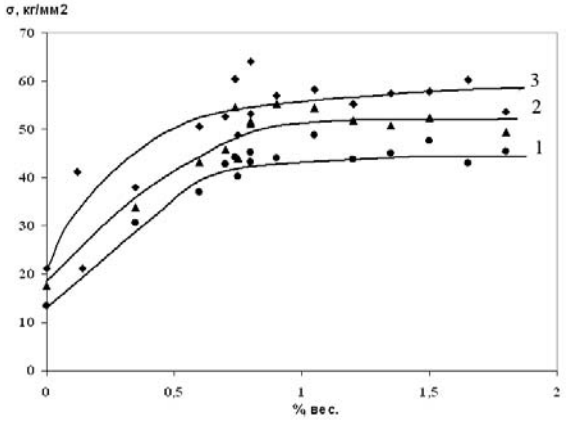


Рис. 5 – Концентрационные зависимости 1)σ_0, 2)$\sigma_{0,2}$, 3)σ_b для конденсатов системы Cu – W

При малых концентрациях легирующих элементов, примерно до 0,5 вес. %, наблюдается интенсивный рост свойств, затем наклон кривых меняется и при содержании W 1,0% концентрационные кривые выходят на насыщение. Дальнейшее увеличение концентрации легирующих элементов не приводит к росту прочностных свойств.

Для описания зависимости прочностных характеристик от размера зерна используют соотношение Холла-Петча.

$$\sigma_{0,2} = \sigma_0 + K_\sigma L^{-1/2}; \; H = H_0 + K_H L^{-1/2}$$

где K_σ и K_H — коэффициенты ХП;

σ_0 и H_0 — соответствуют пределу текучести и твердости монокристалла

Величина коэффициента ХП зависит от типа материала, его чистоты, температуры испытания, среднего размера зерна, дефектности структуры и состояния границ зерен. На рис. 6 представлены зависимости ХП для фольг Cu, Fe, Cu-W.

Таблица 2

Значения коэффициента k(МПа·$\sqrt{м}$)

Объект	H_v	σ_0	$\sigma_{0,2}$	σ_b
Cu (металлург.)	–	0,1	0,11	0,11
Cu (тигельная)	0,79	0,11	0,1	0,1
Cu (ел. – луч.)	–	0,11	–	–
Cu-W	2,32	0,37	–	0,41
Fe (металлург.)	–	–	–	0,19
Fe (ел. - луч)	1,68	–	–	0,18

Из таблицы видно, что для σ0, σ0, 2, σb, Hv, значение коэффициента ХП для практически одинаковы между собой и практически совпадают с литературными данными [8] как для меди и так для железа.

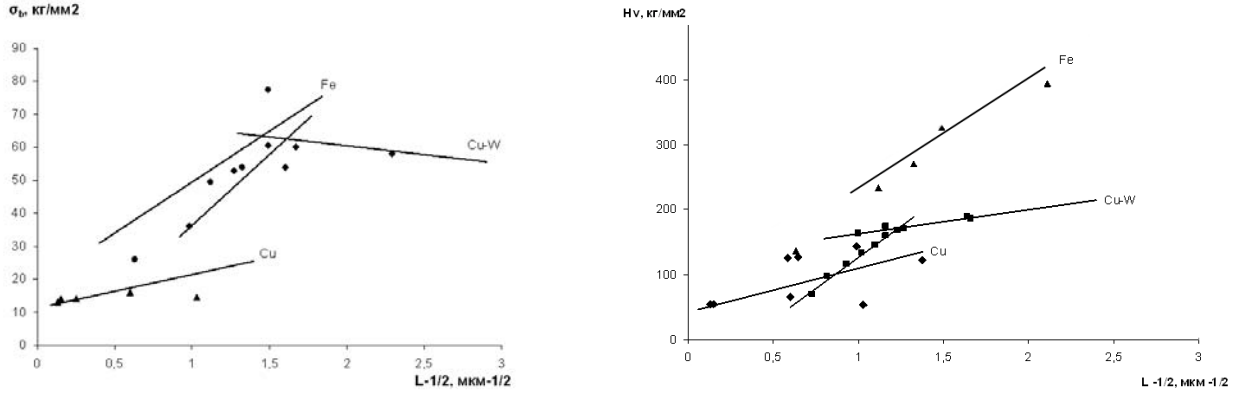


Рис. 6 – Влияние зеренной структуры на прочностные свойства

Этот важный экспериментальный результат свидетельствует, во-первых, о том, что конденсаты, которые изучаются, в структурном плане аналогичны массивным материалам. Во-вторых, совпадение свидетельствует об одинаковом механизме деформации в субмикрокристаллическом и массивном состоянии.

Легирование меди вольфрамом приводит к существенным изменениям характера зависимости ХП, которое показано на рис. 6. Видно, что их наклон, а значит и значение коэффициента k (таблица 2) существенно возрастают по сравнению с медью в несколько раз, что свидетельствует об изменении деформационного поведения легированной фольги.

Важным экспериментальным результатом является выявление перегибов на экспериментальных зависимостях ХП. Это явление, известно для массивных материалов, полученных методами интенсивной пластической деформации, принято связывать с переходом в наноструктурное состояние и соответственно с изменением механизма пластической деформации.

В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1) Выявлено, что для достижения нанометровой размерности зеренной структуры конденсата чистых металлов необходимо снижать температуру подложки ниже 0°С, что является технологически неоправданным.

2) Показано, что наиболее эффективным средством диспергирования зереной структуры, а также методом увеличения прочностных свойств конденсата меди является легирование нерастворимыми в ней тугоплавкими металлами (W).

3) Характер зернограничного упрочнения в фольгах Fe, Cu, описывается уравнением Холла-Петча.

4) Легирование меди W приводит к увеличению значения коэффициента k в уравнения Холла-Петча.

5) Для конденсата системы Cu-W, определенные структурные границы перехода в нанокристаллическое состояние.

Автор выражает благодарность за оказанное содействие и ценные советы д. ф.-м. н., проф. Ильинскому А.И. и к. ф.-м. н., доц. Зубкову А.И.

Список литературы: 1. Носкова Н. И., Мулюков Р. Р. Субмикрокристаллические и нанокристаллические металлы и сплавы. Екатеринбург: Уро РАН, 2003. 279 с. 2. Андриевский Р. А. // Наноматериалы: концепция и современные проблемы. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева), 2002, т. XLVI, №5, с 50. 3. Ильинский А.И. Структура и прочность слоистых и дисперсноупрочненных пленок.- М.: Металлургия, 1986. 4. Мовчан Б.А, Демчишин А.В. Исследование структуры и свойств толстых вакуумных конденсатов никеля, титана, вольфрама, окиси алюминия и двуокиси циркония – Физика металлов и металловедение, 1969 №4, с 653. 5. Мовчан Б.А., Малашенко И.С. Жаростойкие покрытия, осаждения в вакууме.- Киев: Наукова думка, 1983. 6. Зубков А.И., Ильинский А.И. Особенности структуры и упрочнения быстрозакаленных дисперсно-упрочненных сплавов из взаимноне-растворимых компонентов // Сплавы с эффектом памяти формы и другие перспективные материалы. – С-П.: 2001, – с. 238-245. 7. Ильинский А.И., Лях Г.Е. Методы механических испытаний пленок и фольг // Зав.лаборатория, т.44, №2, 1978. –1507–1511 с. 8. Козлов Э.В. Механизмы деформации и упрочнение поликристаллов с нанозернами. Проблема Холла-Петча // III международная школа-конференция «Физическое материаловедение», – Томск: ТГСУ, 52 с.

Поступила в редколлегию 16.05.2009

УДК 629.113 + 59.001.4

В.В. ВОЛОЩУК**,** УкрНДІгаз, м. Харків,
М.О. ВОЛЬЧЕНКО**,** канд. техн. наук, КДТУ, м. Краснодар, Росія

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ПАР ТЕРТЯ БАРАБАННИХ ГАЛЬМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Представлені результати експериментальних досліджень теплових процесів, що відбуваються в барабанних гальмах автотранспортних засобів, при природному і примусовому їх охолодженні

на типових режимах випробувань. Представлені об’єкти і методика проведення досліджень, а також необхідне обладнання.

Results of experimental investigations of the thermal processes occurring in drum-type brakes with natural and forced cooling on typical modes of tests are presented. Objects and a technique of carrying out of investigations also as required equipment are presented.

Тепловий стан окремих механізмів, що працюють за умови підвищених робочих навантажень, є визначальним фактором при розробці конструкції, базових параметрів, матеріалів. Це безпосередньо стосується автомобільних барабанних гальм, теплова навантаженість яких є значною і їх працездатність обмежена певним діапазоном температур [1].

Дослідженню теплового стану барабанних гальм автомобілів присвячено роботи [2-3 та ін.].

При випробовуванні гальм ГАЗ-53А та ЗиЛ-130 при тривалому режимі гальмування (дорога Ош-Хорог на Памірі) поверхневі температури задніх гальмових механізмів досягали 300-400 °С та 250-300 °С відповідно [2]. При повторно-короткочасному гальмуванні гальм автомобіля ЗиЛ-130 в міських умовах поверхнева температура досягала 210 °С, а при тривалому гальмуванні в гірських умовах Криму – 200-300 °С [3]. В результаті згаданих випробовувань було виявлено інтенсивне зношення фрикційних пар гальм.

При вказаних вище температурах спостерігається зниження коефіцієнту тертя, а отже і ефективності гальмування. Тому тепловий стан барабанних гальм та шляхи його зниження потребують детального дослідження. Слід зазначити, що дослідження на типових режимах дозволяють об’єктивніше оцінити тепловий стан та енергоємність гальм

Метою даної статті є експериментальні дослідження теплових процесів, що відбуваються в барабанних гальмах автотранспортних засобів, при природному і примусовому їх охолодженні на типових режимах випробувань.

У відповідності з метою, задачами досліджень є: оцінка теплонавантаженості пар тертя барабанних гальм автотранспортних засобів при їх природному та примусовому охолодженні на типових режимах випробовування; встановлення впливу величини вхідних параметрів на теплонавантаженість пар тертя гальм; оцінка довговічності пар тертя барабанних гальм з примусовим охолодженням.

Об’єкти експериментальних досліджень. В ролі об’єкту дослідження взято пари тертя задніх колісних барабанних гальм вантажного автомобіля ЗИЛ з повною масою 11 т (серійні та з вмонтованими на них пристроями для зниження теплонавантаження за допомогою ефекту теплової труби).

Для підвищення енергоємності пар тертя барабанно-колодкових гальм автотранспортних засобів було розроблено пристрій [4], конструкція якого дозволила ефективно використати внутрішній об’єм гальмового механізму, кондуктивний вид теплообміну та ефект «теплової труби».

Більш детально зовнішній вигляд фрагменту пристрою для інтенсифікації охолодження барабанних гальм можна побачити на рис. 1.

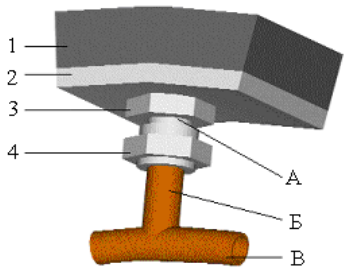


Рис. 1. Фрагмент пристрою для зниження теплонавантаженості барабанних гальм автотранспортних засобів: 1- фрикційна накладка; 2 – гальмова колодка; 3 – фіксуюча гайка; 4 – штуцер; 5 - теплова труба; А, Б, В – зони теплової труби: випаровування, транспорту та конденсації

Загалом розглядалися чотири варіанти виконання об'єкту дослідження (табл. 1), щоб виявити ефективне виконання для кожного з режимів випробувань.

Таблиця 1

Класифікація варіантів виконання об'єкту дослідження

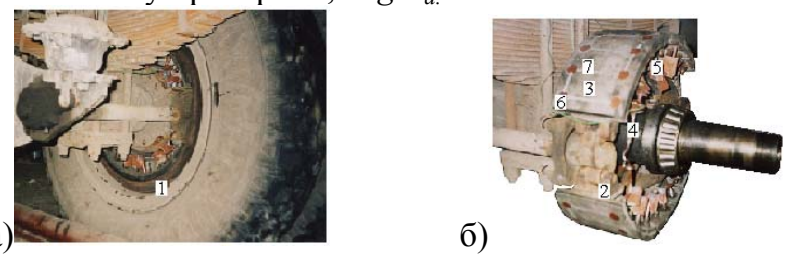
Варіант виконання	Короткий опис варіанту виконання об'єкту дослідження
I-ий	Серійна пара тертя з природним охолодженням
II-ий	Пара тертя з вмонтованим на гальмовій колодці пристроєм для інтенсифікації охолодження типу „теплова трубка" (8 малих теплових труб з оребренням на кожній гальмовій колодці)
III-ий	Пара тертя з вмонтованим на гальмовій колодці пристроєм для інтенсифікації охолодження типу „теплова трубка" (2 теплові труби без оребрення з 16 секціями зони нагрівання на кожній гальмовій колодці)
IV-ий	Пара тертя з вмонтованим на гальмовій колодці пристроєм для інтенсифікації охолодження типу „теплова трубка" (2 теплові труби з оребренням та з 16 секціями зони нагрівання на кожній гальмовій колодці)

Другий та третій варіанти виконання пар тертя задніх колісних барабанних гальм автомобіля з вмонтованими на них пристроями для примусового охолодження показані на рис. 2 та 3.

Вимоги до умов проведення експериментальних досліджень: умови і методика експериментальних досліджень відповідають вимогам ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002 [5]; засоби вимірювань, що застосовуються при експериментальних дослідженнях були перевірені за ДСТУ 2708-94; роботи проводились відповідно до вимог технічної та пожежної безпеки; при проведенні дорожніх випробовувань до технічного стану вузлів та агрегатів автотранспортних засобів висуваються певні умови, а також вимоги до профілю, довжини, стану покриття дороги та метеорологічним умовам, узгодженні з нормами ДСТУ 3649-97 та [5].

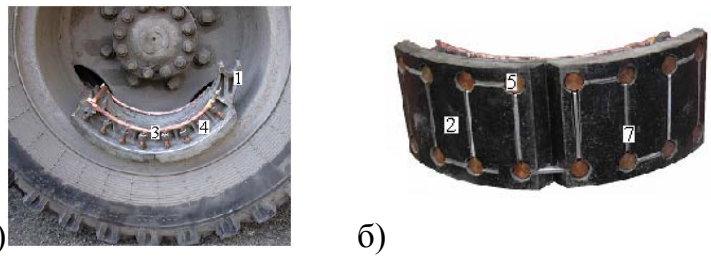
Відповідно до норм, дорожні експериментальні дослідження проводились на ділянці маршруту Харків - Красноград на вантажному автомобілі ЗИЛ з повною масою 11 т. Циклічні випробовування виконувались автомобілем згідно [5]. Крім того, проводились випробування типу: I (2,5 хвилин) шляхом буксирування по горизонтальній ділянці дороги загальмованого автотранспортного засобу при допомозі спеціального автомобіля-тягача протягом двох з половиною хвилин зі швидкістю 30 км/год з тяговим зусиллям в зчіпному пристрої 0,107 gM_a; II (12 хвилин) шляхом буксирування зі швидкістю 30 км/год по горизонтальній ділянці довжиною 6 км

загальмованого автомобільного засобу при допомозі спеціального автомобіля-тягача з тяговим зусиллям в зчіпному пристрої 0,06 gM_a.



а) б)

Рис. 2 а,б Другий варіант виконання об’єкту дослідження в зборі (а) та без гальмівного барабану (б): 1 – гальмовий барабан; 2 – гальмова колодка; 3 – фрикційна накладка; 4 – теплова труба; 5 – ребро зони охолодження; 6 – теплопровідна вставка ; 7 – теплознімальна пластина.



а) б)

Рис. 3 а,б Третій варіант виконання об’єкту дослідження: переобладнана гальмівна колодка на ободі колеса (а) та її вигляд зі сторони накладок (б); 1 – гальмова колодка; 2 – фрикційна накладка; 3 – теплова труба; 4 – секція зони нагрівання; 5 – теплопровідна вставка ; 6 – теплознімальна пластина.

Стенд для випробовування барабанних гальм. З огляду на необхідність здійснення великої кількості випробувань на різних режимах гальмування стенд повинен мати властивості, які дозволяють здійснювати гальмування, відповідні до випробовувань типу I та II.

При цьому реєстрації та розрахунку підлягали наступні параметри: час гальмування; кутова швидкість гальмівного барабану; температури характерних точок деталей пар тертя гальма; гальмівний момент, що створюється механізмом.

У відповідності з цими умовами був створений стенд (рис. 4), основні деталі, якого кріпляться на рамі (дві балки двотаврового перерізу з поперечними перегородками для збільшення жорсткості), що розміщена на опорах.

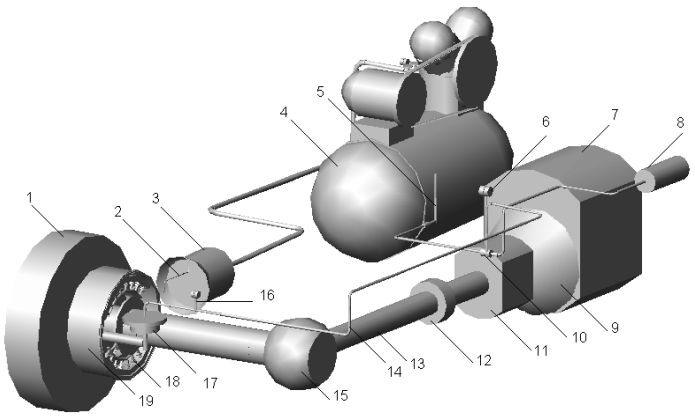


Рис. 4. Гальмовий стенд: 1 - інерційна маса; 2 - термопари; 3 - сопло повітряного охолодження гальм; 4 - компресор; 5 - привід гальм; 6 - спідометр; 7 - двигун; 8 - ресивер; 9 – фрикційне зчеплення; 10- гальмовий кран; 11 – коробка зміни передач; 12 - опора; 13 - вал; 14 - пневмопровід; 15 - конічна передача; 16 - манометр гальмової камери; 17 - гальмова камера; 18 - теплова труба; 19 - гальмовий барабан.

Дослідження динаміки зміни поверхневої температури зі зміною навантаженості пар тертя гальма при природному та примусовому охолодженні. При дослідженні впливу чинників на тепловий стан пар тертя гальмового механізму при русі автотранспортного засобу змінною стану вважали експериментально визначену поверхневу температуру їх деталей, яку фіксували за допомогою термопар. До чинників, які впливають на хід процесу віднесли: час гальмування, який регулювався натисканням педалі гальма з кабіни водія та вимірювався таймером; початкова температура, яка вимірювалася термопарами перед проведенням досліду; гальмівний момент, що визначався аналітично. Кодування чинників здійснювалося згідно методики наведеної в [6], що дозволило перейти від системи координат у натуральних одиницях до системи координат у кодованій формі.

Час гальмування, що регулювався тривалістю натискання педалі гальма з кабіни водія та вимірювався таймером; початкову температуру, що регулювалася попереднім тепловим навантаженням на пари тертя і вимірювалася термопарами перед проведенням досліду; гальмівний момент змінювався в залежності від типу випробувань змінювали відповідно від 60 до 150 с, від 20 до 100 ºС та від 850 до 1520 Нм.

Ввели позначення: $x_1 = \tau$, $x_2 = T_0$, $x_3 = M_Г$, $y = T$, де τ – час гальмування; T_0 – початкова температура; $M_Г$ - гальмівний момент у парі тертя.

Тоді чинники набули таких значень: мінімальні: $x_{1\min} = 60$ с, $x_{2\min} = 20$ °С, $x_{3\min} = 850$ Нм; максимальні: $x_{1\max} = 150$ с, $x_{2\max} = 100$ °С, $x_{3\max} = 1520$ Нм; середні: $x_{1c} = 105_{\text{ с,}}$ $x_{2c} = 60_{\text{ °С,}}$ $x_{3c} = 1185_{\text{ Нм.}}$

Інтервали зміни значень чинників: $h_1 = 45_{\text{ с,}}$ $h_2 = 40_{\text{ °С,}}$ $h_3 = 335_{\text{ Нм.}}$

При вивченні впливу декількох чинників на змінну стану використовували дробовий чинниковий експеримент типу 24-1. Складали матрицю планування експерименту, тобто план, який вміщував запис усіх комбінацій чинників в кодованій формі та робочу матрицю, де всі кодовані значення чинників замінили дійсними (табл. 2) і згідно з нею проводили експерименти. Дослідження проводили при температурі повітря 20 ºС коефіцієнтові кочення 0,8 (для сухого асфальту). Враховуючи, що на значення вихідної змінної впливали похибки, досліди повторювали чотири рази. За цього отримали m паралельних значень змінної стану. Після отримання результатів експериментів визначили середнє значення функції відгуку $\bar{y}_u$ u-го рядка матриці планування (табл. 3).

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

Номер експери-менту	x_0^*	Значення чинників					
		Умовна одиниця			Фактична величина		
		x_1	x_2	x_3	τ, с	T_0, ºС	$M_Г$, Нм
1	+1	+1	+1	+1	150	100	1520
2	+1	–1	+1	+1	60	100	1520
3	+1	+1	–1	+1	150	20	1520
4	+1	–1	–1	+1	60	20	1520
5	+1	+1	+1	–1	150	100	850
6	+1	–1	+1	–1	60	100	850
7	+1	+1	–1	–1	150	20	850
8	+1	–1	–1	–1	60	20	850

∗ Примітка: x_0 – стовпець значень фіктивної величини

За середніми значеннями функції відгуку відшукували рівняння лінійної моделі або рівняння регресії:

- для першого варіанту виконання пар тертя гальма

$$T^I = 144{,}2 + 32{,}9\tau + 34{,}5T_0 + 31{,}9M_\Gamma, \quad (1)$$

- для другого варіанту виконання пар тертя гальма

$$T^{II} = 137{,}7 + 30{,}5\tau + 33{,}7T_0 + 29{,}3M_\Gamma, \quad (2)$$

- для третього варіанту виконання пар тертя гальма

$$T^{III} = 133{,}3 + 29\tau + 33{,}3T_0 + 27{,}9M_\Gamma, \quad (3)$$

- для четвертого варіанту виконання пар тертя гальма

$$T^{IV} = 127{,}9 + 26{,}5\tau + 33{,}2T_0 + 26{,}8M_\Gamma. \quad (4)$$

Після визначення коефіцієнтів проводили статистичний аналіз рівняння регресії на трьох етапах: оцінка дисперсії відтворення або помилки експерименту; оцінка значимості коефіцієнтів рівняння регресії; оцінка адекватності регресійної моделі.

Таблиця 3

Експериментальні значення функції відгуку для всіх варіантів виконання пар тертя гальма

Номер експерименту	Експериментальні значення функції відгуку											
	y_1				y_2				y_3			
	Варіант виконання											
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	250	235	231	219	251	237	229	212	252	236	228	214
2	185	180	170	170	161	154	152	150	172	168	166	163
3	197	190	185	179	170	163	155	149	173	166	160	148
4	105	101	90	87	104	100	101	89	99	92	88	86
5	185	183	170	160	160	155	145	143	179	167	160	158
6	121	112	119	111	117	116	110	110	123	122	123	122
7	109	102	99	96	109	101	97	88	100	96	94	90
8	45	44	45	44	50	51	48	45	48	46	47	43

Номер експерименту	Експериментальні значення функції відгуку				$\bar{y}_u$			
	y_4							
	Варіант виконання							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	239	222	219	210	248	233	227	214
2	175	166	161	160	173	167	162	161
3	175	165	151	147	179	171	163	156
4	109	97	93	91	104	98	93	88
5	173	174	170	167	174	170	161	157
6	116	116	112	108	119	117	116	113
7	111	100	104	89	107	100	99	91
8	50	50	44	43	48	48	46	44

В табл. 4 наведені результати статистичного аналізу рівнянь регресій. Величина табличних значень критеріїв Кохнера, Ст'юдента, Фішера становить відповідно: 0,52; 2,06; 2,78 [6]. Оскільки розрахункові значення критерію Кохнера (табл. 4) менші за його табличне значення, то гіпотеза про однорідність дисперсії справедлива. Помітно, що розрахункові значення критерію Ст'юдента для кожного критерію рівнянь регресії значно більші за табличне значення цього критерію, а це доводить, що всі критерії є значимими. Розрахункові значення критерію Фішера менші за табличні значення, отже рівняння регресії є адекватними.

Аналіз отриманих результатів дає змогу зробити висновок, що запропоновані рівняння регресії (1 – 4) адекватно описують процес, оскільки, порівняння розрахункових значень поверхневої температури пар тертя з експериментальними свідчить про прийнятну їх збіжність (максимальне відхилення складає 8,3%).

Оскільки всі коефіцієнти регресії в усіх чотирьох рівняннях вищі 0, то всі чинники прямо пропорційно впливають на функцію відгуку. Згідно рівнянь регресії (1 – 4), домінуючий вплив на поверхневу температуру T має час гальмування τ, коефіцієнт регресії цього параметру є найбільшим для всіх варіантів виконання гальм.

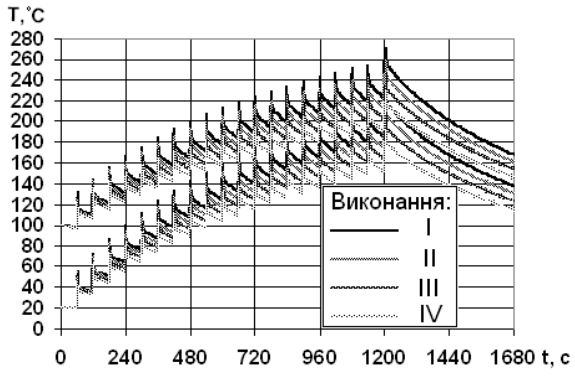
Таблиця 4

Результати статистичного аналізу рівнянь регресій

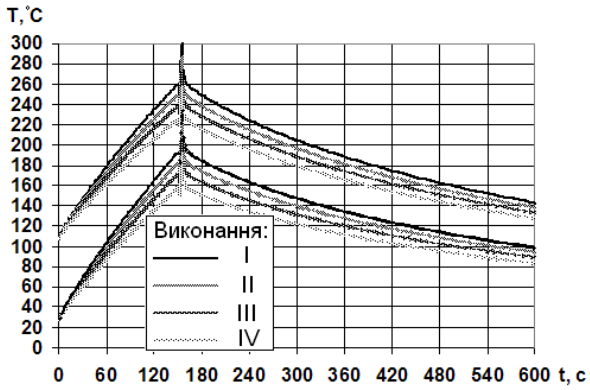
Варіант виконання	Перевірка:							
	однорідності дисперсії відтворення		значимості коефіцієнтів регресії					адекватності (критерій Фішера)
	Критерій Кохнера	Похибка відтворення	Критерій Ст'юдента				Довірчий інтервал	
			Коефіцієнти рівняння					
			b_0	b_1	b_2	b_3		
I	0,33	7,57	107,8	102,9	99,6	95,6	1,34	2,77
II	0,314	8,03	23,2	22,8	21,7	19,8	1,42	2,57
III	0,423	8,31	23,5	25,2	24,9	24,8	1,47	2,77
IV	0,497	7,79	23,2	21,9	20,8	20	1,38	2,71

На рис. 5 а,б,в показано залежність зміни поверхневої температури гальмового барабану від часу гальмування-охолодження для різних виконань пар тертя барабанно-колодкових гальм при проведенні випробувань: циклічних (рис. 5 а); типу I (2,5 хвилинне гальмування) (рис. 5 б); та типу II (12 хвилинне гальмування) (рис. 5 в). Аналізуючи рис. 5 а,б,в , слід відзначити високу ефективність (до 22,5 %) пристроїв для охолодження пар тертя барабанно-колодкових гальм. Пристрої з 8 малих теплових труб з оребренням на кожній гальмовій колодці рекомендовано для циклічного режиму (тип I) та 150-ти секундного безперервного гальмуваннях, а 2 теплові труби з оребренням та з 16 секціями зони нагрівання на кожній гальмовій колодці – для довготривалого (тип II) режиму гальмування.

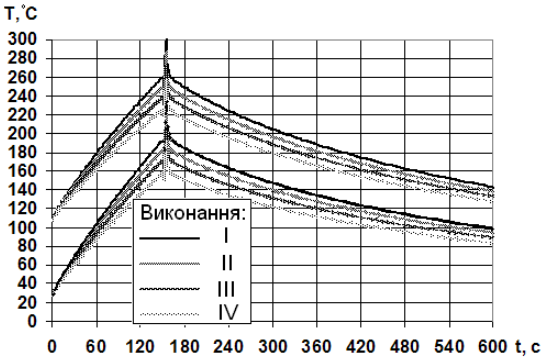
Визначення мікрометруванням зносу відпрацьованих фрикційних накладок та робочої поверхні гальмівного барабану показали, що застосування пристроїв для охолодження пар тертя барабанно-колодкових гальм дозволяє знизити знос фрикційних накладок та робочої поверхні гальмівного барабану відповідно на 15 % та на 10%.



а)



б)



в)

Рис. 5. а,б,в Залежність зміни поверхневої температури гальмового барабану від часу гальмування-охолодження для різних виконань пар тертя барабанно-колодкових гальм при проведенні випробувань: циклічних (а); типу I (б); типу II (в).

Висновки. В результаті проведення методом планування лабораторних та експлуатаційних експериментальних досліджень теплової завантаженості для чотирьох варіантів пар тертя барабанно-колодкових гальм автотранспортних засобів встановлено: динаміку зміни поверхневої температури пар тертя гальма з часом при природному та примусовому охолодженні; описано рівняння регресії поверхневої температури пар тертя гальма при природному та примусовому охолодженні в залежності від часу гальмування, початкової поверхневої температури барабана та гальмівного моменту пар тертя; відхилення розрахункових значень температур від експериментальних не перевищувало 8,3 %; ефективність пристроїв досягала 22,5 %.

Список літератури: 1. *Тормозные* устройства: справочник / [М.П. Александров, А.Г. Лысяков, Н.В. Федосеев, М.В. Новожилов]; под общ. ред. Александрова М.П. - М.: Машиностроение, 1985. - 312 с. **2.** *Браильчук П.Л.* Тормоз-замедлитель выхлопного типа для автомобиля ЗиЛ-130 / П.Л. Браильчук, Б.Е. Найко, Б.А. Темиров // Труды Всесоюзной конференции «Пути повышения и экономической эффективности автомобилей, работающих в жарком районе и горных районах страны»: сб. науч. тр. – Душанбе, 1971.- С. 253-258. **3.** *Генбом Б.Б.* Экспериментальные исследования энергоемкости тормозных механизмов / Б.Б. Генбом, В.Н. Кобылянский, А.М. Кизман [и др.] // Автомобильная промышленность. - 1966. - № 5. - С. 29-31. **4.** *Вольченко А.И.* Теплонагруженость фрикционных узлов барабанно-колодочных тормозов транспортных средств / А.И. Вольченко, В.В. Дячук, В.В. Волощук, М.А. Спяк // Науковий вісник національного гірничого університету. - Дніпропетровськ, 2004. – №1. - С. 61-63. **5.** *Єдині* технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування: ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. – [Чинний від 2002-07-24]. – К.: Видавництво стандартів, 2002. – 18с. – (Національний стандарт України). **6.** *Дорошенко В.М.* Основи наукових досліджень: навчальний посібник / В.М. Дорошенко. – К.: ІСДО, 1993. – 128 с.

Поступила у редколегію 13.05.09

УДК 621.771.073.8:681.3.06

В.С. МЕДВЕДЕВ, канд. техн. наук,
Д.Г. ГАЛУШКИН, УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ФЛАНЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ. СООБЩЕНИЕ 1

Приведена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми ручьями. Путем совместного решения уравнений поверхностей вращения валков и плоских поверхностей заготовки получены общие аналитические выражения для расчета координат граничных точек очага деформации. Методика может быть использована при создании универсальной математической модели прокатки фасонных профилей.

Приведена методика аналітичного визначення геометричних параметрів осередка деформації при прокатці фланцевих профілів у калібрах з відкритими рівчаками. Шляхом сумісного вирішення рівнянь поверхонь оберту валків та плоских поверхонь заготівлі отримані загальні аналітичні залежності для розрахунку координат граничних точек осередка деформації. Методика може бути використана при створенні універсальної математичної моделі прокатки фасонних профілів.

The technique for analytical determining of deformation zone geometrics at rolling flanged sections in open grooves is given. Overall analytical expressions for calculating coordinates of boundary points of a deformation zone were derived by the joint solution of equations of roll revolution surfaces and billet flat surfaces. The technique can be used for simulation of shaped sections rolling.

При математическом моделировании течения металла в фасонных калибрах необходимо знать форму и размеры очага деформации. Определение геометрических параметров очага деформации позволяет более точно рассчитать формоизменение металла и силовые условия прокатки, спроектировать оптимальную калибровку валков, выбрать необходимое оборудование и решить другие технологические задачи. В работе [1] приведены формулы для расчета границ очага деформации открытых и закрытых фланцев двухвалкового фасонного калибра при прокатке двутавровой балки. В работе [2] получены аналитические выражения для расчета контура очага деформации при прокатке швеллера. Аналитическое определение длины очага деформации в этих работах свелось к совместному решению уравнения поверхности вращения валков, контактирующей с прокатываемым металлом, и уравнения поверхности заготовки. Для упрощения решения задачи авторами [1,2] приняты ряд допущений, которые снизили на 15% точность в определении длины очага деформации. В работе [3] приведена методика расчета средней длины очага деформации при прокатке угловых профилей в развернутых калибрах. Данная методика не пригодна для определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей.

Целью настоящей работы является аналитическое определение геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми и закрытыми ручьями (рис.1 и 2).

В настоящей статье приведена методика расчета границ очага деформации в открытых фланцах.

Определение границ очага деформации осуществляется путем совместного решения уравнений поверхностей исходной заготовки и прокатных валков с использованием среды MathCAD.

Поверхности исходной заготовки описываются уравнениями плоскостей, а прокатных валков – поверхностями вращения цилиндра и конуса.

Принятые допущения: наружная поверхность открытого фланца не имеет уклона; обжатие по наружной поверхности фланца отсутствует; обжатия по стенке со стороны верхнего и нижнего валков равны; радиусом закругления на пересечении поверхностей фланца и стенки пренебрегаем; радиусы верхнего и нижнего валков по стенке одинаковы.

Границы очага деформации определяются координатами характерных точек A, D, E и C, расположенных на поверхностях контакта металла с валками. Начало координат расположим в плоскости выхода профиля из валков.

Рассмотрим сначала параметры очага деформации на участке стенки.

Точка E находится на линии пересечения цилиндрической поверхности валка радиусом R и горизонтальной плоскости заготовки с координатой $z = H/2$. Из геометрических соотношений (см. рис.1) координаты характерных точек E и C определяются по формулам:

$$x_E = \sqrt{R(H-h) - \left(\frac{H-h}{2}\right)^2} = l, \quad y_E = C_0, \quad z_E = \frac{h}{2}, \qquad (1)$$

$$x_C = 0, \quad y_C = c_0, \quad z_C = \frac{h}{2}. \qquad (2)$$

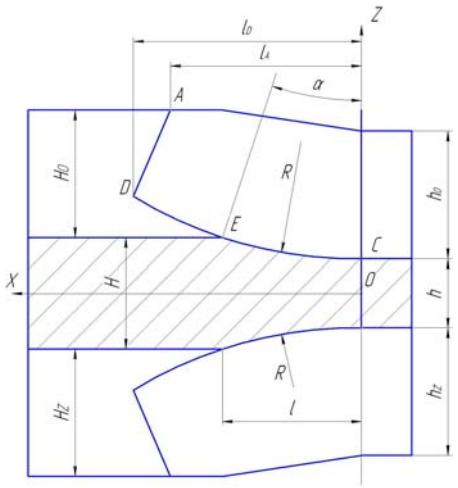


Рисунок 1 – Сечение очага деформации в плоскости XOZ

Точка D находится на пересечении поверхностей 1 , 2 и 3 (рис. 3).

Поверхность 1 принадлежит внутренней поверхности открытого фланца и представляет собой наклонную плоскость, которая повернута к координатной плоскости XOZ на угол φ_0. Поверхность 2 формируется конической поверхностью валка при пересечении ее с фланцем профиля. Поверхность 3 образуется цилиндрической частью валка при пересечении ее со стенкой профиля. Координаты точки D находим путем совместного решения уравнения наклонной плоскости 1 и окружности радиуса R, лежащей в плоскости, параллельной XOZ, на расстоянии c_0.

В общем виде уравнение плоскости в отрезках представляется как

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1, \qquad (3)$$

где x, y, z - координаты в декартовой системе координат;

a, b, c - отрезки, отсекаемые плоскостью на координатных осях.

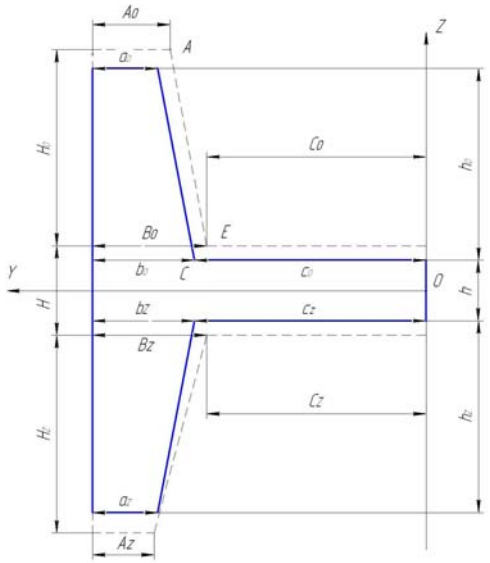


Рисунок 2 – Схема совмещения заготовки и калибра

Поскольку плоскость1 не пересекает координатную ось X, уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{y}{b}+\frac{z}{c}=1. \qquad (4)$$

Для нахождения длины отрезков b и c рассмотрим пересечение плоскости 1 с осями координат Y и Z (рис.4). Из геометрических соотношений, приведенных на рис.4, следует

$$b = C_0 + B_0 - A_0 - \Delta. \qquad (5)$$

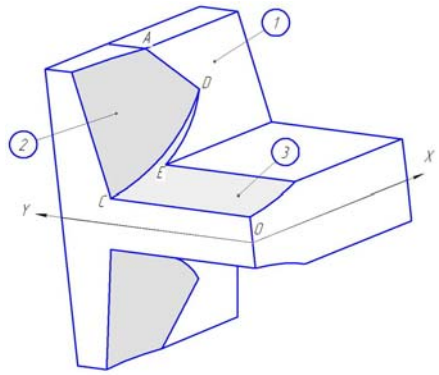


Рисунок 3 – Поверхности очага деформации

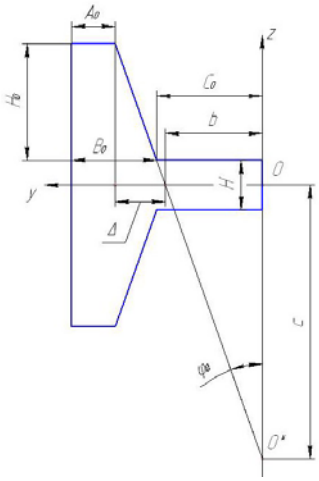


Рисунок 4 – Пересечение плоскости 1 с осями координат Y и Z

Учитывая, что $\Delta = (H_0 + \frac{H}{2}) \cdot \tan(\varphi_0)$, получим длину отрезка b

$$b = C_0 + B_0 - A_0 - \left[(H_0 + \frac{H}{2}) \cdot \tan\varphi_0 \right]. \qquad (6)$$

Длина отрезка c равна $c = \frac{b}{\tan\varphi_0}$, а с учетом (6)

$$c = -\frac{C_0 + B_0 - A_0 - \left[(H_0 + \frac{H}{2}) \cdot \tan\varphi_0\right]}{\tan\varphi_0}. \qquad (7)$$

Подставив выражения (6) и (7) в уравнение (4), получим уравнение плоскости 1

$$\frac{y}{C_0 + B_0 - A_0 - \left[(H_0 + \frac{H}{2})\tan\varphi_0\right]} - \frac{z\tan\varphi_0}{C_0 + B_0 - A_0 - \left[(H_0 + \frac{H}{2})\tan\varphi_0\right]} = 1. \qquad (8)$$

откуда

$$z = \frac{2y - 2C_0 - 2B_0 + 2A_0 + 2\tan(\varphi_0)H_0 + H\tan(\varphi_0)}{2\tan(\varphi_0)}. \qquad (9)$$

Из рис. 2 следует $y_D = c_0$. (10)

Координату z_D находим из уравнения (9) при $y = c_0$

$$z_D = \frac{2c_0 - 2C_0 - 2B_0 + 2A_0 + 2H\tan(\varphi_0) + H\tan(\varphi_0)}{2\tan(\varphi_0)}. \qquad (11)$$

Из рис.3 видно, что поверхность 3 имеет в своем основании окружность радиусом R, лежащую в плоскости, параллельной XOZ. Точка D лежит на радиусе этой окружности.

Координату x_D находим из уравнения окружности радиусом R.

В общем виде уравнение окружности записывается уравнением

$$x^2 + z^2 = R^2. \qquad (12)$$

С учетом переноса осей из уравнения (12) находим

$$z = \sqrt{R^2 - x^2} + R + \frac{h}{2}. \qquad (13)$$

Решив уравнение (13) относительно x получим координату x_D

$$x_D = \frac{1}{2}\sqrt{8Rz + 4zh - h^2 - 4hR - 4z^2} = l_D. \qquad (14)$$

Далее рассмотрим граничную точку А, которая принадлежит конической поверхности 2 и одновременно верхней горизонтальной плоскости фланца заготовки.

Координаты y_A и z_A легко определить из геометрических соотношений (см. рис.2)

$$y_A = C_0 + B_0 - A_0, \qquad (15)$$

$$z_A = H_0 + \frac{H}{2}. \qquad (16)$$

Для определения координаты x_A подставим в уравнение конуса, ось вращения которого совпадает с осью валка, а основание – с окружностью основания цилиндрической поверхности 3 при $y = C_0$, значения координат y_A и z_A.

Уравнение конуса в общем виде представляется эллипсоидом вращения

$$\frac{x^2}{R^2} + \frac{y^2}{R^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0, \qquad (17)$$

где R - радиус окружности, лежащей в основании конуса;

c - высота конуса.

Приведя ось конуса к оси вращения валка и выразив из уравнения (17) значение z, получим

$$z = \frac{h}{2} + R - R\sqrt{\frac{(s + c_0 - y)}{s^2} - \frac{x^2}{R^2}}, \qquad (18)$$

где s - высота конуса, равная $s = R \cdot (\frac{B_0 - A_0}{H_0})$.

Выразив из уравнения (18) значение x и подставив вместо y и z значения y_A и z_A, получим координату x_A

$$x_A = \sqrt{\frac{R^2(s + c_0 - y_A)^2}{s^2} - (R + \frac{h}{2} - z_A)^2} = l_A. \qquad (19)$$

Полученные аналитические выражения используются при решении задач определения формоизменения и энергосиловых параметров прокатки в фасонных калибрах с применением вариационных принципов механики сплошных сред.

Выводы

Приведена методика аналитического определения геометрических параметров очага деформации при прокатке фланцевых профилей в калибрах с открытыми ручьями. Путем совместного решения уравнений поверхностей вращения валков и плоских поверхностей заготовки с использованием среды MathCAD получены общие аналитические выражения для расчета координат граничных точек очага деформации. Методика может быть использована при создании универсальной математической модели прокатки фасонных профилей.

Список литературы: 1. Производство облегченных профилей / [Макаев С.В., Винокуров И.Я., Мерекин Б.В. и др.]. – Свердловск : Металлургиздат, 1962. – 215 с. 2. Гавриленко Е.Д. Исследование течения металла в очаге деформации при прокатке швеллеров / Е.Д. Гавриленко, Н.Ф. Грицук // Обработка металлов давлением : сб. науч. тр. – Харьков : УкрНИИмет, 1972. – С. 23–26. 3. Илюкович Б. М. Анализ формы очага деформации при прокатке угловых профилей в развернутых калибрах / Б. М. Илюкович, С. В. Ершов, М. Н. Штода // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – № 1. – С. 37–40.

Поступила в редколлегию13.06.2009

УДК 621.771.63

ТРИШЕВСКИЙ О.И., докт. техн. наук, проф., ХНТУСХ им. П. Василенко,
ПЛЕСНЕЦОВ С.Ю., студент, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗГИБА МЕТАЛЛА НА 180^0 И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ

Разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» для оцифровки графических данных, программный комплекс «Farseer» обеспечивает погрешностью замеров, не превышающую 5,2%. Впервые получены значения коэффициента f, определяющего форму расчетно-экспериментальных графиков деформаций для различных соотношений геометрических параметров места изгиба на 180^0.

Program complex “Farseer”, designed in “Press metal forming” department of NTU”KhPI” for digitations of graphical data, provides errors of calculation less then 5,2%. The values of coefficient f, which defines the geometric form of calculative-experimental graphs of deformations for different ratio of geometric parameters of place of 180-degree bending, were received at first time.

Исследования напряженно-деформированного состояния металла при его пластическом формоизменении имеют большое значение для большинства процессов обработки металлов давлением. Особенно актуален этот вопрос при исследовании сложных технологических процессов.

Экспериментальные исследования мест изгиба на 180^0 специальных профилей осуществляли для подтверждения правильности результатов теоретического анализа, а также получения дополнительных сведений, необходимых при разработке и проектировании технологических процессов и оборудования, предназначенных для производства профилей с элементами изгиба на 180^0. Для освоения производства и поставок специальных гнутых профилей большое значение имеют исследования их уровня качества и потребительских свойств.

Цель работы – опробование цифровых методов визуализации и анализа данных при проведении экспериментальных исследований деформированного состояния листового металла, подогнутого на 180^0.

Для исследования пластического формоизменения металла широкое распространение получили геометрические методы экспериментального анализа. Основой для этой группы методов является измерение геометрических размеров элементов тела до и после деформации. Наиболее известным из них является метод делительных (координатных) сеток [1, 2–4]. Этот метод предполагает нанесение системы рисок или других меток, последующую регистрацию изменения их взаимного расположения и на этой основе определение перемещений, деформаций и т.п.

Развитие цифровых компьютерных технологий и техники (ПК, сканеров с большим разрешением и т.п.) позволяют продолжить совершенствование геометрических методов исследования при создании новых технологических процессов по двум направлениям:

1) Оцифровка опубликованных экспериментальных данных, представляющих интерес для научных исследований и представленных в виде таблиц или графиков в различных источниках научно-технической информации. Это, по существу, ценные базы данных, использование которых ограничено в силу представленных форматов иллюстраций, масштабов шкал и т.п. Оцифровка подобных экспериментальных баз данных позволит автоматизировать процедуры выборки необходимых числовых данных для их последующего сравнения с полученными новыми экспериментальными данными или результатами математического моделирования процессов.

2) Использование цифровых методов для визуализации и анализа результатов современных экспериментальных исследований с широким использованием возможностей ПК.

Отбор проб, заготовок и образцов от исходных материалов для проведения экспериментальных исследований осуществляли в соответствии с ГОСТ 7564. Моделирование изгиба в валках осуществляли испытаниями на изгиб – по ГОСТ 14019 на универсальной испытательной машине УИМ-50 М (рис. 1). Метод исследования деформированного состояния участков изгиба профилей по результатам моделирования изгиба образцов [5] весьма прост, достаточно точен и надёжен. Поэтому он был использован в данной работе.

Для исследования деформаций по толщине выполняли замеры исходных и деформированных образцов с помощью инструментального микроскопа БМИ при 30-ти кратном увеличении (рис. 2). Толщину металла измеряли по дуге места изгиба на 180^0. Те же замеры осуществлялись на ПК по сканированным изображениям (разрешение 1200 dpi.) с использованием разработанного на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» программного комплекса «*Farseer*».

Рисунок 1 – Изгиб образцов по ГОСТ 14019 на УИМ 50М

Рисунок 2 - Замеры образцов на инструментальном микроскопе БМИ

Поскольку количественные результаты, полученные при проведении экспериментальных исследований, содержат погрешность, включающую ошибки измерений и используемой аппаратуры, проведена проверка точности полученных экспериментальных данных. Точность и приемлемость экспериментальных данных определяли по методикам, приведенным в работах [6–18]. Точность использовавшегося цифрового метода оценивалась сопоставлением результатов замеров толщин (S) концевых мер (0,5мм, 1,0мм, 1,5мм, 2,0мм, 2,5мм, 3,0мм) с помощью инструментального микроскопа БМИ и программного комплекса «*Farseer*». Результаты оценки точности в виде абсолютных отклонений (Δ_1, мм) и относительных погрешностей (Δ_2, %) приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты оценки точности замеров концевых мер на БМИ и на сканере (разрешение 1200 dpi) с использованием программного комплекса «*Farseer*»

S, мм	Результаты анализа отклонений по толщине (S) концевых мер					
	БМИ		Сканер		Сравнение результатов замеров на БМИ и сканере	
	Δ_1	Δ_2	Δ_1	Δ_2	Δ_1	Δ_2
0,5	0,0047	0,93	0,0308	6,16	-0,0261	5,27
1,0	0,0040	0,40	0,0231	-2,31	0,0271	-2,72
1,5	0,0107	0,7	0,0113	0,75	-0,0006	0,04
2,0	0,0053	0,27	0,0179	-0,89	0,0232	-1,16
2,5	0,0823	-3,29	0,0274	-1,09	-0,0549	2,13
3,0	0,0113	0,38	0,0268	-0,89	0,0382	-1,28

Относительная погрешность замеров (см. табл. 1), полученных на БМИ и сканере (расхождение не превышает 5,2%), позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью использовать полученные экспериментальные данные, как для качественной, так и для количественной оценки деформированного состояния металла в местах

изгиба, а программный комплекс «*Farseer*» рекомендовать в качестве современной методики геометрического анализа формоизменения металла.

Программный комплекс «*Farseer*», разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением», обеспечивает возможность пользователю обрабатывать точки на графиках, получать результаты замеров в масштабе, измерять длины и углы, строить графики функций на основании табличных данных, экспортировать данные в *MS Excel*. В число прочих возможностей входят: создание текстовых комментариев, изображение линий, эллипсов, звезд, шкал. Для оцифровки графических данных в виде серии точек предусмотрено меню «Процедуры оцифровки». Система построения графиков (рис. 3) позволяет строить до 30 графиков, основываясь на разных способах получения данных. Визуализация экспериментальных образцов со схемой их замеров посредством программного комплекса «*Farseer*» приведена на рис. 4, результаты обработки экспериментальных данных и построения графиков – на рис. 5.

Рисунок 3 - Меню системы построения графиков

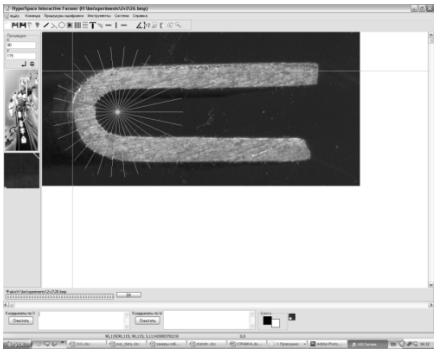


Рисунок 4 - Визуализация экспериментальных образцов со схемой их замеров

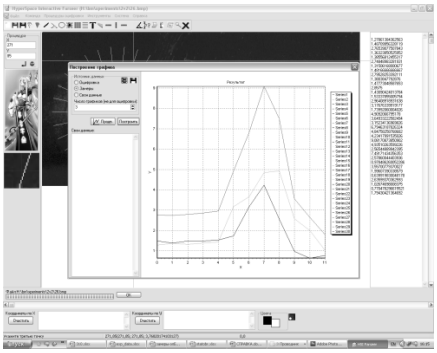


Рисунок 5 - Результаты обработки экспериментальных данных и построения графиков посредством программного комплекса «*Farseer*»

Полученные экспериментальные данные после статистической обработки были аппроксимированы посредством приложения «*StatSoft Statistica 8*» функцией вида:

$$e(\varphi) = f\cos^4(0{,}8\varphi),$$

где f - коэффициент, определяющий форму расчетно-экспериментальных графиков;

φ - текущий угол места изгиба на 18^0.

По экспериментальным результатам были построены графики, приведенные на рис. 6, рис.7, рис. 8.

Значения коэффициента f в зависимости от толщины (S) и расстояния между параллельными слоями металла (h) при изгибе на 180° приведены в табл.2.

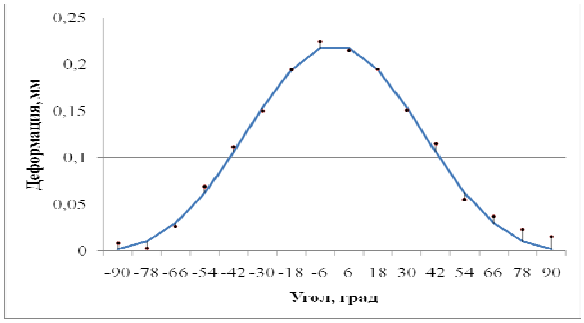


Рисунок 6 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=*S*

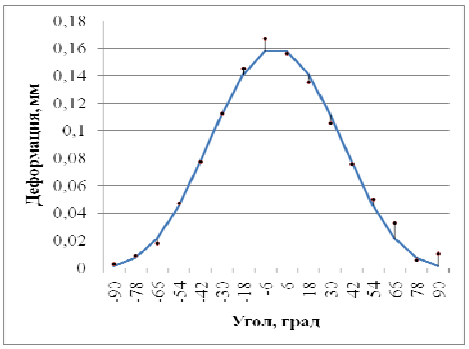


Рисунок 7 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=2*S*

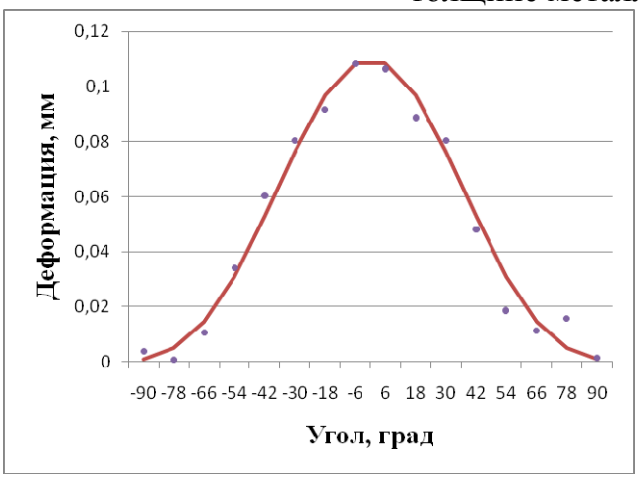


Рисунок 8 - Распределение деформаций по толщине металла при *S*=1 и *h*=3*S*

Таблица 2 - Значения коэффициента *f*

h	*f*
h=*S*	0,22
h=2*S*	0,16
h=3*S*	0,11

Таким образом, в результате выполненных исследований установлено, что:

1. Разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» для оцифровки графических данных программный комплекс «*Farseer*», обеспечивает (с относительной погрешностью замеров, не превышающей 5,2%) возможность пользователю обрабатывать точки на графиках, получать значения в необходимом масштабе, измерять длины и углы, на основании табличных данных строить графики функций, экспортировать данные в *MS Excel*. Это позволяет с достаточной для инженерных расчетов точностью использовать полученные цифровым способом экспериментальные данные, как для качественной, так и для количественной оценки деформированного состояния металла в местах изгиба.

2. Полученные с использованием статистической обработки экспериментальные данные по утонениям в месте изгиба на 180^0 для толщины 1 мм аппроксимированы функцией вида $\varepsilon(\varphi) = f\cos^4(0{,}8\varphi)$. Впервые получены значения коэффициента *f* для различных соотношений геометрических параметров места изгиба.

Список литературы: 1. Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением (экспериментальная механика). – М.: Металлургия, 1977. – 312 с. 2. Дель Г.Д., Новиков Н.А. Метод делительных сеток. – М.: Машиностроение, 1979. – 144 с. 3. Ренне И.П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки. –

Тула: Тульский политехнический институт, 1970. – 146 с. 4. Смирнов-Аляев Г.А., Чикидовский В.П. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с. 5. Тришевский И.С., Клепанда В.В. Механические свойства гнутых профилей. – Киев: Техника, 1977. – 144 с. 6. ГОСТ 8.207. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с. 7. Кринецкий И.И. Основы научных исследований. – Киев: Вища школа, 1981. – 208 с. 8. Касандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – М.: Наука, 1970. – 104 с. 9. Румшинский Д.З. Математическая обработка результатов экспериментов. – М.: Наука, 1971. – 192 с. 10. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Физматгиз, 1962. – 344 с. 11. Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики. Изд. 3-е.– М.: Наука, 1969. – 511 с. 12. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974. – 463 с. 13. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. – М.: Мир, 1973. – 957 с. 14. Хемминг Г.В. Численные методы для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1972. – 400 с. 15. Крамер Г. Математические методы статистики. Изд. 2-е. – М. :Мир, 1975. – 648 с. 16. Венецкий И.Г.. Кильдишев Г.С. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Статистика, 1975. – 264 с. 17. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. – М.: Физматгиз, 1962. – 358 с. 18. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 546 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2009

УДК 30.12

КИРИЧЕНКО Л.В.,
БЄЛІЧЕНКО О.А.,
МОРСЬКА А.С.,
ШУШЛЯКОВ А.В., докт.техн.наук, проф., «ХДТУБА», г. Харьков

ВИХРЕВОЙ ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПРОМЫВАТЕЛЬ

Защита атмосферы от промышленных выбросов – это комплексная проблема, предусматривающая разработку организационных и технических мероприятий по введению эффективных методов улавливания и обезвреживания выбросов от пыли и химических веществ, максимальное сокращение выбросов и более полное использование газообразных отходов в производстве. [2]

На производствах для улавливания пыли используют следующие виды пылеулавливающего оборудования: пылеосадочные камеры, циклоны, скрубберы, фильтры, электрофильтры и другое оборудование.

Но в настоящее время в связи с научным прогрессом развиваются новые технологии, работающие на современных материалах, поэтому проблема высокоэффективной очистки выбросов приобретает большое экологическое значение. Чем выше фоновая концентрация загрязняющих веществ, тем больше требуется сокращать количество промышленных выбросов, и повышать эффективность очистки газов, удаляемых из источников выбросов этих загрязняющих веществ.

Современные системы очистки газов от пыли представляют собой сложные сооружения, которые включают оборудование, смонтированное по одно- либо многоступенчатой схеме.

По способу очистки пылеуловители подразделяют на сухие, мокрые и электрические [1]. Работа любого пылеуловителя основана на использовании одного или нескольких методов улавливания взвешенных в газах частиц. Существующие методы очистки можно классифицировать на гравитационный, центробежный,

инерционный, электрический, метод фильтрации, диффузионное осаждение, также возможна комплексная очистка.

В основе работы сухих пылеуловителей лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения, а также самостоятельную группу аппаратов сухой очистки составляют пылеуловители фильтрационного действия. В основе работы мокрых пылеуловителей лежит контакт запыленных газов с промывной жидкостью, при этом осаждение частиц происходит на капли, поверхность газовых пузырей или пленку жидкости. В электрофильтрах осаждение частиц пыли происходит за счет сообщения им электрического заряда. [1]

Чтобы правильно подобрать оборудование для очистки газов, необходимо знать состав газа и пыли (форму, размер, плотность частиц, и её концентрацию в газах), а также свойства газа (его температуру, относительную влажность и требуемую эффективность очистки). [2]

Важнейший показатель работы пылеуловителя – эффективность очистки газа, которая характеризует отношение количества уловленной пыли (%) в пылеуловителе, к количеству взвешенных частиц пыли в газе поступившем на очистку в пылеуловитель.

Выполнив анализ достоинств и недостатков мокрых пылеуловителей, было выделено следующее.

Мокрые пылеуловители имеют ряд преимуществ: сравнительно небольшая стоимость (без учета шламовых выбросов) и более высокая эффективность улавливания смачиваемой пыли по сравнению с сухими пылеуловителями; возможность применения для очистки газов от частиц пыли размером до 0,1 мкм, а также возможность использования их в качестве контактных теплообменников.

К недостаткам этих пылеуловителей относятся: возможность забивания газоходов и оборудования пылью, шламом, который образуется при охлаждении газов и конденсации паров воды; потеря жидкости в следствии брызгоуноса; необходимость антикоррозионной защиты оборудования при фильтрации агрессивных газов и смесей.[2]

Целесообразно сочетание сухой и последующей мокрой очистки, которая в свою очередь может сочетаться с адсорбционной доочисткой. Развитая поверхность контакта фаз способствует увеличению эффективности пылеулавливания. В промышленности используют мокрые пылеуловители капельного, пленочного и барботажного типов. Конструктивно аппараты могут быть полыми, тарельчатыми, механического и ударно-инерционного действия (ротоклоны), а также скоростного типа (трубы Вентури и другие инжекторы).

В зависимости от формы контактирования фаз способы мокрой пылеочистки можно разделить на: 1 - улавливание в объеме (слое) жидкости; 2 - улавливание пленками жидкости; 3 - улавливание распыленной жидкостью в объеме газа.

При объемно-жидкостном способе поток запыленного газа пропускают через определенный объем жидкости. Для этой цели используют пенные пылеуловители с провальными тарелками или тарельчатые скрубберы, эффективность которых может достигать 90-95%.

Улавливание пыли пленками жидкости характеризуется тем, что контакт газа и жидкости происходит на границе двух сред без перемешивания. Захват (собственно улавливание) твердых частиц тонкими пленками жидкости происходит на поверхностях конструктивных элементов. К этой группе устройств относятся скрубберы с насадкой, мокрые циклоны, ротоклоны и т.п.

Улавливание пыли распыленной жидкостью заключается в том, что орошающая жидкость вводится в запыленный объем (поток) газа в распыленном или дисперсном

виде. Этот способ распыления используется в полых скрубберах. Распыление орошающей жидкости производится с помощью форсунок под давлением или за счет энергии самого потока газа. Используется в турбулентных промывателях и скрубберах Вентури.

Скрубберы Вентури (сочетание трубы Вентури с каплеуловителем центробежного типа) обеспечивают очистку газов от частиц пыли практически любого дисперсного состава, также к их достоинствам можно отнести простоту изготовления, монтажа, небольшие габариты. Но у скрубберов Вентури есть и недостатки – сравнительно большие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью преодоления высокого гидравлического сопротивления – 4000 – 40000 Па.

Все эти аппараты используют только один способ и минимум методов очистки, и могут иметь малую эффективность очистки η и большое гидравлическое сопротивление ΔР, Па.

Учитывая все ранее описанные факторы, возникает необходимость разработки нового оборудования, в котором одновременно сможет реализовываться несколько способов очистки, каждый из которых сможет осуществляться максимальным числом методов. К такому оборудованию можно отнести вихревые турбулентные промыватели (ВТП), которые могут использовать комплексный способ очистки газов, реализуемый гравитационным, инерционным, центробежным методами, а также методом фильтрации (адгезии).

Для проведения эксперимента не обязательно использовать аппарат в натуральную величину, а в целях экономии материала и уточнения теоретических положений, достаточно сконструировать модель пылеуловителя, в которой бы сохранялись характеристики натурального ВТП.

Что и было выполнено, пользуясь методами теории подобия. Согласно этой теории, эффективность осаждения частиц за счет определенного механизма их осаждения может быть качественно охарактеризована соответствующим безразмерным параметром, а общая эффективность улавливания частиц в аппарате η является функцией этих параметров и критерия Re, определяющего характер движения газовой среды:

$$\eta = f(\mathrm{Re};G;\omega;\mathrm{Stk};R;D;K_E) \qquad (1)$$

где $\mathrm{Re};G;\omega;\mathrm{Stk};R;D;K_E$ – безразмерные параметры осаждения частиц соответственно за счет эффектов седиментации, центробежной силы, инерции, касания, диффузии и электрических сил. [1]

Моделирование процессов очистки газа с помощью аппарата «Вихревой турбулентный промыватель»

Как известно, гидравлические явления подобны если они отвечают следующим условиям подобия: геометрическому; кинематическому; динамическому (механическому). [5]

В геометрическом подобии: две системы считаются подобными, если отношение между всеми соответствующими размерами одинаково, а сходственные углы равны.

Данный аппарат «Вихревой турбулентный промыватель» был уменьшен в два раза, исходя из соотношения:

$$\frac{L_н}{L_м} = \lambda \qquad (2)$$

где: $L_н$ - некоторый линейный размер натурального объекта;

$L_м$ - соответствующий размер модели;

λ - коэффициент пропорциональности или линейный масштаб модели. В данном случае λ = 2, т.к. аппарат уменьшаем в 2 раза.

Соответственно этим требованиям был произведен расчет, в котором каждую из конструктивных деталей промывателя уменьшили в 2 раза.

После того, как геометрическое подобие было выдержано, была произведена проверка модели на гидродинамическое подобие: для получения гидродинамического подобия должно соблюдаться равенство чисел Рейнольдса в натуре и модели: [5]

$$Re_н = Re_м \quad (3)$$

Критерий Рейнольдса вычисляется по формуле:

$$\mathrm{Re} = \frac{d \cdot V \cdot \rho}{\nu} \quad (4)$$

где: d - соответствующий диаметр, мм;

V – соответствующая скорость, м/с;

ρ – плотность газа (воздуха ρ = 1,2 кг/м^3);

ν – коэффициент кинематической вязкости (для сухого воздуха ν = 15,06 · 10^{-6} м^2/с)

Так как ρ = const; ν = const; d – принят из условия геометрического подобия, подставим исходные данные в формулу (4), и получим:

1) На входе в промыватель:

в натуре: $Re_{н\ вх} = 71713$

на модели: $Re_{м\ вх} = 35856$

Для того, чтобы достичь равенство чисел Рейнольдса, увеличим скорость соответственно в модели υ =36 м/с, что по сравнению с натурой в 2 раза больше, тогда: $Re_{м\ вх} = 71713$

То есть $Re_н = Re_м$, следовательно, подобие выдерживается.

Подобным образом произведен расчет модели рабочей камеры и лопатки, где также для достижения равенства Рейнольдса необходимо увеличить скорость.

Также должно соблюдаться динамическое подобие, то есть равенство давлений в сходственных точках аппарата соответственно, и в натуре, и на модели, что будет определено во время проведения эксперемента.

Процесс очистки газа в «Вихревом турбулентном промывателе»(ВТП)

Принцип действия ВТП заключается в следующем: очищаемый газ поступает в распределительную камеру, где за счет движения по криволинейному каналу происходит сепарация взвешенных примесей и частично их укрупнение за счет коагуляции. Из распределительной камеры воздух равномерно распределяется по каналам завихрителя. Оттуда в рабочую камеру поступает закрученный поток, за счет вязких сил воздух закручивается. Предварительно до начала исследования бункер заполняется водой. При вращении воздуха над неподвижной поверхностью воды, верхний слой воды центростремительными силами стягивается к центру и часть воды потоком уносится в рабочую камеру. Под действием центробежных сил, вода в рабочей камере будет деспергироваться на капли, при этом размер капель зависит от окружной скорости потока. При окружной скорости потока $w = v \cdot r$ (где v - тангенциальная составляющая скорости, а r – радиус, на котором вращается частица), равной 50м/с, размер частиц будет достигать 40-60мкм. Капли воды под действием центробежных сил будут дрейфовать от центра к завихрителю, однако коснуться лопаток завихрителя они не смогут, так как будут отжиматься вытекающим потоком очищаемого газа. В результате в рабочей камере образуется вращающийся цилиндрический капельно-зернистый слой жидкости. В этом слое капли могут сливаться, и тут же разрываться,

обновляя поверхность контакта. Таким образом, закрученный поток очищаемого воздуха, вытекающий из межлопаточных каналов вращает капельно-зернистый слой жидкости, одновременно фильтруясь через него, что обеспечивает высокоэффективность очистки газа и интенсивный тепломасообмен между очищаемым газом и каплями жидкости.

При накоплении в рабочей камере жидкости больше критической массы часть ее, вместе с уловленными примесями обрушивается в бункер, где шлам выпадает в осадок, а жидкость участвует в рециркуляции.

Некоторый объем газа после прохождения капельно-зернистого слоя разворачивается в сторону выходного патрубка аппарата и вместе с осевым потоком газа, выходящим из бункера, поступает в сепарационную камеру, вынося из рабочей камеры часть капельной жидкости.

В сепарационной камере крупные капли жидкости под действием центробежных сил либо отбрасываются на стенки, по ним стекают вниз и через отверстия вытекают в рабочую камеру отдельными струями.

Мелкодисперсная капля жидкости отделяется от потока с помощью конусного инерционного каплеотделителя. Проходя через каплеотделитель, поток газа дополнительно закручивается. При этом субмикронные капли коагулируются и центробежными силами отбрасываются на внутреннюю поверхность стенок каплеотделителя и стекают в рабочую камеру по штоку. Снизу к штоку прикреплен диск, диаметр которого на 5-10мм меньше внутреннего диаметра корпуса. Имеется возможность опускать и поднимать шток, для этого он жестко соединен с устройством предназначенным для обратно-поступательного движения. Диск служит для изменения расхода жидкости, которую поток выносит из бункера в рабочую камеру. При перемещении механизма вниз, высота слоя жидкости над диском увеличивается, а при подъеме высота уменьшается. Количество жидкости, которая уносится потоком с поверхности диска будет тем больше, чем меньше высота слоя жидкости над диском. Чем больше жидкости, тем больше интенсивность орошения очищаемого газа. Вращение жидкости над неподвижным основанием бункера способствует концентрации уловленных примесей в центральной части, поэтому удаление шлама из бункера осуществляется полностью без налипания уловленных примесей на дно или стенки бункера.

Для компенсации убыли жидкость также подается в корпус тангенциально к его стенкам, что обеспечивает смывание шлама со стенок и предотвращает залипание аппарата.

Исследование модуля аппарата ВТП

В процессе исследования модуля аппарата ВТП необходимо установить оптимальную производительность модуля по очистке газа, сопротивление модуля, эффективность очистки его работы при улавливании различных видов загрязняющих веществ. Определить необходимый расход подпиточной воды, эффективность отделения капельной жидкости, количество жидкости диспергируемой потоком в рабочей камере модуля.

Все перечисленные исследования будут проведены на лабораторном стенде, схема которого показана на рис 1.

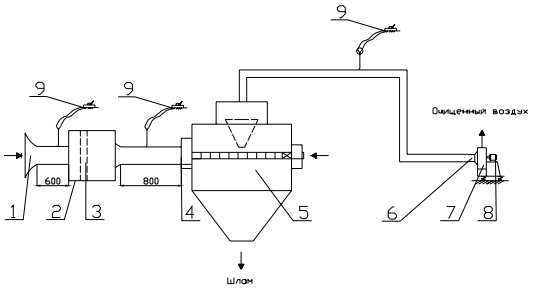


Рис.1 Схема лабораторного стенда. 1. Коллектор 2. Камера давления 3. Сетки 4. Переход сечений 5. Вихревой турбулентный промыватель 6. Гибкая вставка 7. ВЦП 7-40 8. Двигатель вентилятора 9. Микроманометры ММН-250

Лабораторный стенд собирается согласно рекомендациям о сборке аэродинамического стенда [6] по схеме «всасывание». Состоит из воздуховодов квадратного сечения, входного коллектора предназначенного для обеспечения плавного входа; камеры давления, предназначенной для выравнивания статического давления. Корпус камеры давления представляет собой цилиндрическую трубу, внутри которой устанавливается на болтах обруч с натянутыми на него двумя сетками. Вихревой турбулентный промыватель подключается к системе как показано на рис1. Для измерения перепада давлений газа используются микроманометры типа ММН-250 и пневмометрические трубки с тарировочным коэфициентом 0.98, а также резиновые шланги диаметром 5мм.

Шлам из бункера исследуемого модуля отводится в сборную емкость. В качестве пыли используется пыль доменного производства, бентонитовая глина, пыль графита и другие виды пыли.

Полученные результаты на модели модуля ВТП могут быть использованы для составления уравнения регрессии, которое описывает зависимость эффективности работы модуля от определяющих параметров.

Список литературы: 1. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов от пыли / Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. - М.: Химия, 1981. – 392с. 2. Алиев Г.М.А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок / Алиев Г.М.А. – Учебник для СПТУ. – 2-е изд. перераб. и доп., М.: Металлургия, 1980. – 368с. 3. Алиев Г.М.А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов / Алиев Г.М.А. – Справ. изд., М.: Металлургия, 1986. – 544с. 4. СНиП II 33-75. 5. Альтшуль А.Д. Гидравлика и аэродинамика / Альтшуль А.Д., Киселёв П.Г. – М.: Стройиздат, 1975. – 323с. 6. Талиев В.Н. Аэродинамика и вентиляция / Талиев В.Н. – М.: Стройиздат, 1979. – 295с., ил.

Поступила в редколлегию 11.06.2009

УДК 621.73

ВАСИЛЕВСКИЙ О.В., зам. начальника кузнечно-прессового цеха *(ОАО ММК им. Ильича),*
КУХАРЬ В.В., канд. тех. наук, доцент, *(НМетАУ)*

ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КОВКИ ПОКОВОК С ВЫТЯНУТОЙ ОСЬЮ

Рассмотрены и проанализированы разновидности деформирующего инструмента для ковки поковок с вытянутой осью. Определены пути повышения качества поковок и увеличения производительности благодаря внедрению в производство новой кузнечной оснастки и инструмента.

Considered and analyzed the variety of deforming instrument for forging of forging part with extended axis. The ways of upgrading forging parts quality and increase of the productivity are certain due to applying in industry of new blacksmith's rigging and instrument.

Современное кузнечное производство позволяет получать огромнейшую номенклатуру типоразмеров поковок, из которых, в дальнейшем, изготавливают изделия, использующиеся практически во всех сферах народного хозяйства. Значительная доля поковок по конфигурации представляет собой поковки с вытянутой осью, которые в дальнейшем используются для изготовления валов, роликов, вал-шестерен и пр. В машиностроении важными деталями являются валы и оси. Как правило, детали из данных поковок подвергаются знакопеременным нагрузкам, работающим на излом вдоль оси. В связи с этим в поковке требуется получить направленную макроструктуру и мелкодисперсную микроструктуру, обеспечивающие максимальные механические свойства в детали. В зависимости от размеров и серийности применяются разнообразные способы изготовления.

При массовом или крупносерийном производстве поковки с вытянутой осью, как правило, производят с помощью объёмной штамповки. Однако при мелкосерийном производстве и для изготовления уникальных крупных поковок (гребневые валы, колонны, ролики прокатных станов, обжимные ролики машин непрерывного литья заготово и др.), операция штамповки является, экономически нецелесообразной или невозможной. В этом случае поковки получают ковкой на молотах, гидравлических прессах и радиально-обжимных машинах. В настоящее время большая часть крупных поковок куют на гидравлических ковочных прессах усилиями до 150 МН и выше. Также стоит отметить, что использование гидравлических ковочных прессов позволяет обеспечить более благоприятные режимы ковки и получить более качественную макроструктуру и микроструктуру металла, что особенно благоприятно сказывается на обработке малопластичных и труднодеформируемых металлов.

Целью настоящей работы является аналитический обзор кузнечного инструмента и технологических режимов ковки поковок с вытянутой осью для определения перспектив усовершенствования процессов производства крупных поковок валов ответственного назначения.

Наиболее рациональной схемой процесса ковки является последовательная протяжка. Для увеличения равномерности пластических свойств металла в технологический режим ковки вводят операции осадки. Однако основной кузнечной операцией при изготовлении поковок с удлиненной осью ковкой является протяжка (вытяжка). Данная операция способствуют завариванию внутренних дефектов усадочного происхождения, улучшению макроструктуры и микроструктуры металла, улучшению комплекса механических свойств металла [1]. Путем деформационной проработки уплотняют металл в зонах пористости, заваривают трещины, проводят дробление дендритной крупнозернистой структуры и неметаллических включений.

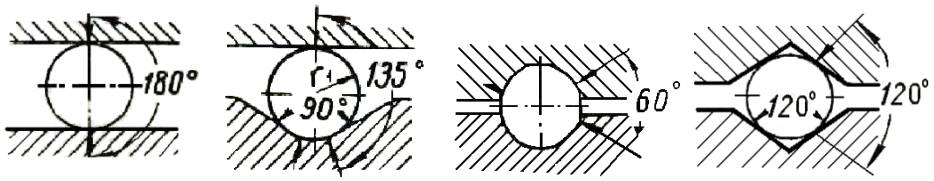
Интенсивность операции протяжки и качество получаемых поковок зависит от геометрической формы поверхности бойков и деформационных режимов пластической деформации [2]. Традиционно для проведения операций ковки используют следующие универсальные бойки.

Верхний и нижний бойки с плоской рабочей поверхностью (рис. 1,а). Используется для ковки заготовок прямоугольного и круглого сечения; куются разнообразные по размерам поковки в основном из марок сталей, обладающих высокой пластичностью. К преимуществам можно отнести высокую универсальность, а к недостаткам низкую интенсивность вытяжки и неблагоприятное напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации, что негативно отражается при ковке малопластичных сталей.

Верхний боек с плоской рабочей поверхностью, нижний с ромбической или вырезной рабочей поверхностью (рис. 1,б). Такие комбинированные бойки имеют широкое применение при ковке поковок круглого сечения на всех этапах, начиная с биллетирования слитков и заканчивая шлихтовочными обжатиями. Бойки данной конфигурации позволяют изготавливать поковки из малопластичных сталей. К преимуществам можно отнести достаточную универсальность и высокую интенсивность вытяжки, напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации более благоприятное.

Для ковки специальных сталей с малым ресурсом пластичности применяют верхний и нижний бойки с ромбическими или вырезными рабочими поверхностями (рис. 1в, 1г). К преимуществам можно отнести высокую интенсивность вытяжки, благоприятное напряженно-деформируемое состояние в очаге деформации, а недостатками является низкая универсальность и необходимость в большом парке кузнечной оснастки [3].

В зависимости от типов рабочих поверхностей и их геометрических размеров различаются эксплуатационные характеристики [4]. Классификация типов бойков с указанием их эксплуатационных характеристик даны в ряде работ [5-8]. Отличаясь между собой в некоторых типах бойков, эти классификации характеризуются постоянством в расположении относительно друг друга основных типов бойков плоских, комбинированных и вырезанных. Выбор конфигурации бойков обусловлен конкретными условиями производства: геометрические размеры поковки, партийность, материал поковки, сроки подготовки производства и изготовления заказа, стойкость рабочего инструмента и его доля в себестоимости изготовляемой поковки.



а б в г

Рис. 1. Типы рабочих поверхностей бойков:
а – плоские; б – комбинированные; в – вырезные радиальные;
г – вырезные ромбические

Одним из весьма перспективных направлений является применение четырехсторонней ковки слитков с применением специальных ковочных устройств [9-11], конструкция которых в общем виде приведена на рис. 2.

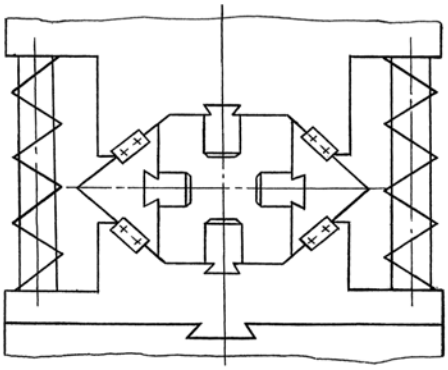


Рис. 2. Специальное ковочное устройство для четырехсторонней ковки слитков

Использование данного блока для ковки обычных углеродистых сталей и специальных трудно деформируемых сталей и сплавов, обеспечивает: глубокую проработку структуры

металлов по всему сечению заготовки; отсутствие разрывов в сердцевине поковок; хорошее качество поверхности поковок; значительную экономию материалов из-за высокой размерной точности поковок и низких припусков на механическую обработку; гибкость в работе, достигаемую посредством регулировки величины хода бойков и подач; номинальное усилие ковки на всём ходу бойков; выполнение ковки за один нагрев заготовки и т.д.

При этом сокращается машинное время ковки на 35 - 65 %, что позволяет увеличить объём производства поковок в 1,7 - 2,5 раза; получаются геометрически точные поковки круглого и квадратного (с острыми кромками) сечений с уменьшенными на 25-30 % допусками и припусками, а уменьшение припусков на 25-30 % позволяет экономить 40 - 70 кг металла на 1 т поковок диаметром 200 - 400 мм, поставляемых на экспорт после их обдирки на металлорежущих станках; сокращаются затраты энергии на единицу поковок не менее чем в 1,5 раза; обеспечивается высокое качество металла поковок [12, 13].

К недостаткам 4-х бойковых ковочных устройств необходимо отнести высокую стоимость и сложность изготовления по сравнению с традиционным кузнечным инструментом, что не позволяет интенсивно внедрять данные устройства в производство.

В настоящее время увеличилось количество исследований и прикладных технических решений, направленных на внедрение деформирующего инструмента, позволяющего интенсифицировать использование необычных эффектов, возникающих в процессе деформации, реализуемых с наложением на обрабатываемую заготовку макросдвигов, т.е. сдвигу подвергают одну часть заготовку относительно другой её части [14]. Применение таких методов ковки позволяет получать поковки с качественной макроструктурой при значительно меньших степенях укова (не более 2) и более высокими механическими свойствами при равных степенях укова. В.А. Тюрин приводит следующие обобщенные технические характеристики принципиальных способов воздействия на макроструктуру путём регулирования потоков пластического течения металла:

- увеличение количества потоков вытеснения металла в очаге деформации с целью интенсификации проработки металла в осевой зоне и по всему поперечному сечению слитка при ковке;
- изменение направления потоков вытеснения металла относительно главных осей изделия, в частности, путём ковки с непрямолинейным фронтом подачи;
- накопление эффектов изменения направления течения металла с целью регулирования анизотропии металла;
- регулирование пластических потоков за счёт изменения соотношения площадей свободных и контактных поверхностей, а также за счёт изменения конфигурации свободных поверхностей заготовки;
- реализация дополнительных макросдвигов в очаге деформации.

Реализация вышеперечисленных технических решений происходит путем расширения рабочих параметров бойков с помощью изменения граничных условий, таких как форма технологического инструмента, сочетающего границы поверхности контакта с заготовкой (рис. 3): прямолинейные, непрямолинейные, вогнутые и выпуклые участки [15].

Ковка заготовок с применением макросдвигов активно внедряется на предприятиях СНГ. Так на заводе «Днепроспецсталь» разработан и внедрён способ радиального обжатия с увеличенными подачами из стали Р6М5К5 [16], который позволил: увеличить производительность до 16 %; улучшить проработку структуры металла; уменьшить коэффициент анизотропии механических свойств на 40 %.

Разработаны и предлагаются к использованию специальные кузнечные бойки [16] применение которых позволяет получить макроструктуру металла со скрученными волокнами, что позволяет значительно увеличить механические свойства металла при изготовлении поковок (см. рис. 4).

Учёными Московского института сталей и сплавов предложен ряд бойков [17, 18], конфигурация которых обеспечивает в поковке дополнительные плоскости сдвига, что позволяет улучшить проработку структуры поковки и уменьшить анизотропию механических свойств (см. рис. 5).

Применение специальных V-образных бойков (рис 6.) для ковки плит предложено специалистами Донбасской государственной машиностроительной академии [19]. Использование такого инструмента позволило не только улучшить качество структуры металла поковок, но и увеличить производительность.

Тем не менее, в практике кузнечного производства отмечается стремление максимально использования верхнего плоского бойка, т.е. применяют его при производстве поковок, как прямоугольных, так и круглых в поперечном сечении и таким образом сокращают число переналадок верхнего инструмента.

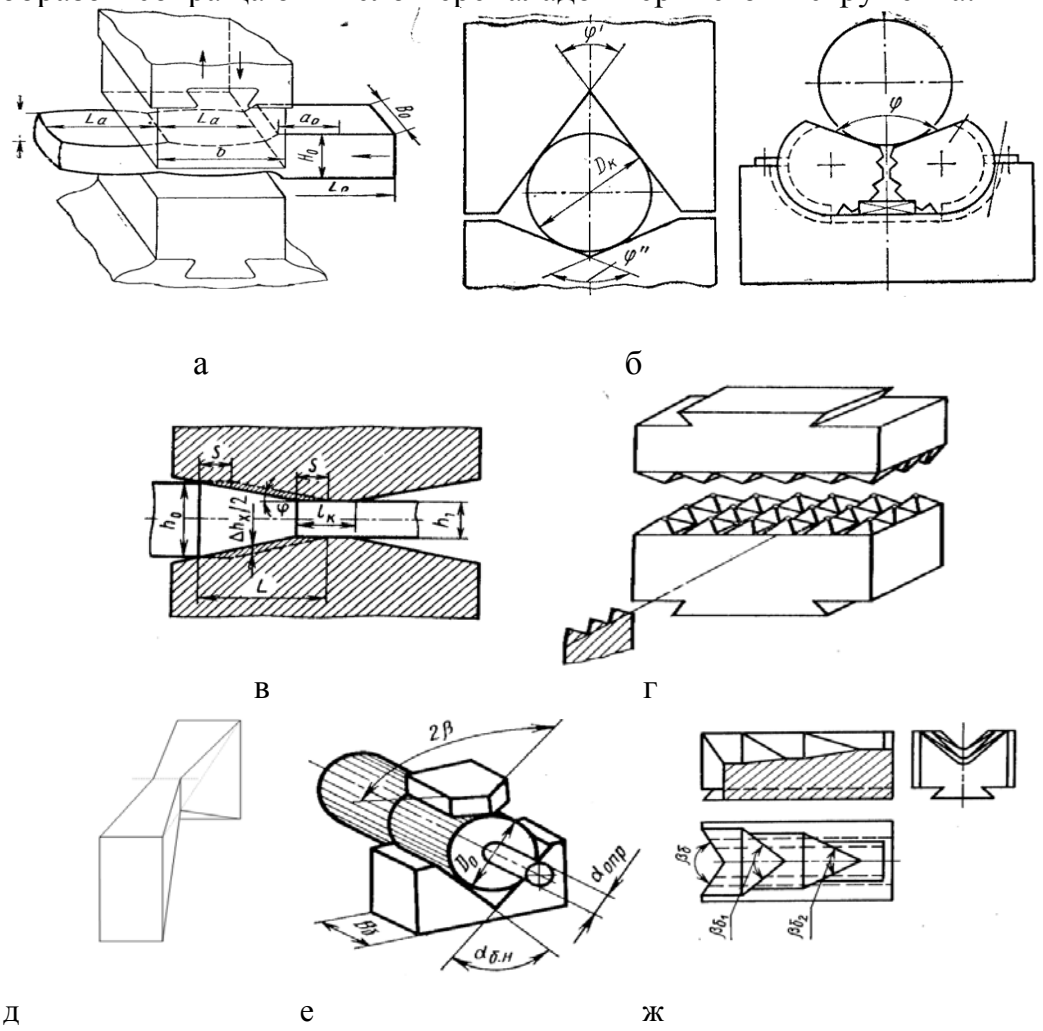


Рис. 3. Типы рабочих бойков:

а – боек с плоским фронтом подач и плоским зеркалом бойка, б – боек с плоским фронтом подач и вогнутым зеркалом бойка, в – боек с плоским фронтом подач и выпуклым зеркалом бойка, г – боек с плоским фронтом подач и комбинированным зеркалом бойка, д – боек с выпуклым фронтом подач и вогнутым зеркалом бойка, е – боек с выпуклым фронтом подач и плоским зеркалом бойка, ж – боек с вогнутым фронтом подач и плоским зеркалом бойка

Варьирование режимами подач и кантовок позволяет добиться удовлетворительных результатов при ковке в комбинированных и плоских бойках. Так на ОАО “ММК им. Ильича” разработана и внедрена технология ковки высокохромистой инструментальной легированной стали марок Х12МФ (ГОСТ 5950-2000) в комбинированных бойках на гидравлическом ковочном прессе. Предложенный технологический режим был разделён на два этапа. На первом этапе производили деформацию с малыми степенями обжатия ε = 5 % и относительной степенью подачи 0,4 за один проход с целью раздробления возможной карбидной сетки на втором этапе производили интенсивную деформацию со степенями обжатия ε = 15 % за один проход. Применение таких режимов пластической деформации позволили получить поковки с качественной микроструктурой при суммарных степенях укова 4 - 4,5.

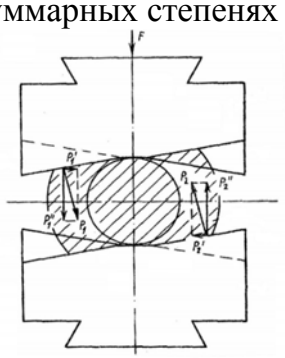


Рис. 4. Инструмент для ковки

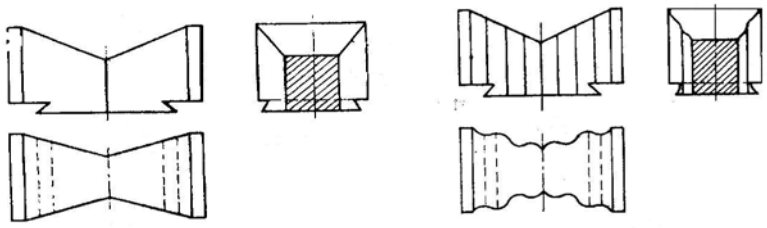


Рис. 5. Варианты исполнения кузнечных вырезных бойков

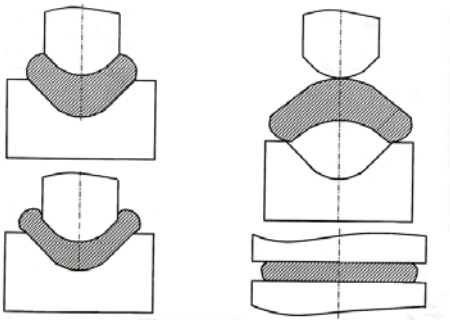


Рис. 6. Схема ковки в V-образных бойках

Таким образом, деформирующий инструмент для ковки поковок с вытянутой осью можно классифицировать по двум параметрам: форма рабочей поверхности бойка и форма фронта подачи. Комбинирование данных составляющих позволяет влиять на качество получаемых поковок и интенсивность процесса протяжки без применения дорогостоящего инструмента и установки нового оборудования. Выбор конфигурации инструмента зависит от эксплуатационных свойств, которые необходимо получить в поковке, исходного материала применяемого для изготовления изделий, серийности производства. Необходимо также отметить, что перспективным направлением, позволяющим интенсифицировать процесс протяжки при ковке поковок валов ответственного назначения, является варьирование режимами подач и кантовок в

сочетание с инструментом, который позволяет добиться получения макросдвиговых деформаций.

Список литературы: 1. Соколов Л.Н. Теория и технология ковки / Л.Н. Соколов, Н.К. Голубятников, В.Н. Ефимов, И.П. Шелаев / Под ред. Л.Н. Соколова.- К: Выща школа: Головное изд-во, 1989. - 317с. 2. Орлов Е. Д. Повышение качества деформированных заготовок – ключ к обеспечению высокой надёжности изделий ответственного назначения / Е. Д. Орлов // Кузнечно-штамповочное производство. - 1993. - №12. - С.2. 3. Юдович С.З. Ковка на молотах заготовок из легированных сталей / С.З. Юдович. – М.: Машиностроение, 1968. – 215 с. 4. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в двух томах. Т.1 / под ред. М. В. Сторожев – М.: Машиностроение, 1967. – 436 с. 5. Склюев П.В. Внутренние пороки крупных поковок. / П.В. Склюев // Сб. «Технология машиностроения». - М.:Машгиз, - 1952. - №43. – С.25-28. 6. Макринов В.Д. Свободная поковка под прессами. / В.Д. Макринов. - Л.:Библиотека кузнеца-новатора, 1954. – 127с. 7. Дзугутов М.Я. Внутренние разрывы при обработке металлов давлением. / М.Я. Дзугутов. - М.:Металлургиздат.,1958. – 225с. 8. Охрименко Я.М. Неравномерность деформации при ковке. / Я.М. Охрименко, В.А. Тюрин. – М.:Машиностроение, 1966. - 182с. 9. Пат. 2242322 Российская Федерация, МКИ B 21 J 13/02 K 7/16. Четырехбойковое ковочное устройство / А.М. Володин, Л.Г. Конев, В.А. Лазоркин; Заявитель и патентообладатель ОАО «Тяжпрессмаш». - №2003110915/02; Заявл.16.04.03; Опубл. 20.12.04, Бюл. №65. – 6 с.; ил. 10. Пат. 55249A Україна, МКВ 7 B 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін, Ю.В. Мельников, С.О. Лазоркіна (Україна). - №2002086605; Заявл. 09.08.2002; Опубл. 17.03.2003, Бюл. №3. – 3 с.; ил. 11. Пат. 64299A Україна, МКВ 7 B 21 J 13/02. Чотирибойковий кувальний пристрій / В.А. Лазоркін, Ю.Ф. Терновий, Ю.В. Мельников (Україна). - №2003044007; Заявл. 30.04.2003; Опубл. 16.02.2004, Бюл. №2. – 5 с.; ил. 12. Лазоркин В.А. Четырехбойковое ковочное устройство для гидравлических ковочных прессов / В.А. Лазоркин, Ю.Ф. Терновой, Ю.В. Артамонов // Кузнечно-штамповочное производство. – 2000 - № 8. - С.43-44. 13. Лазоркин В.А. Качество поковок, изготовляемых радиальной ковкой на гидравлическом ковочном прессе / В.А. Лазоркин, Р.В. Яценко, Ю.В. Мельников // Кузнечно-штамповочное производство. – 2005. - № 5.- С. 8-11. 14. Тюрин В.А. Дополнительные макросдвиги – технологические резервы ковки / В.А. Тюрин // Кузнечно-штамповочное производство. - 1993. - №12. - С.8 - 9. 15. Антощенков Ю.М. Развитие теории процессов ковки с целью создания эффективных технологий производства сплошных и полых поковок из слитков: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.16.05 / МИСиС. – Москва, 2002. – 47с. 16. Скобко С. Я. Слитки для крупных поковок. / С. Я. Скобко, Е. А. Казачков. – М.: Металлургия 1973. – 178с. 17. Голиков И. Н. Дендритная ликвидация в стали. / И. Н. Голиков. – М.:Металлургиздат,1959. – 215с. 18. Охрименко Я. М. Технология кузнечно-штамповочного производства / Я. М. Охрименко – М.: Машиностроение, 1976. – 560с. 19. Марков О.Е. Удосконалення ресурсозберігаючих технологічних процесів кування плит: автореф. дис. … к-та техн. наук: 05.03.05 / Донб. держ. маш. ак-я. – Краматорськ, 2003. – 19с.

Поступила в редколлегию 25.05.2009

УДК 669.017:621.763

Є.В. ЯЩЕРІЦИН, асист. каф. ”Охорона праці і навколишнього середовища” НТУ ”ХПІ”.
О.С. ТЕРЛЕЦЬКИЙ, доц., канд. фіз-мат. наук, каф. ”Матеріалознавство” НТУ ”ХПІ”.

ПРЯМИЙ ТА ПОБІЧНИЙ ВПЛИВ РОЗМІРУ ЗЕРЕН ТАНТАЛУ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТІВ МІДЬ – ТАНТАЛ

Приведены результаты механических испытаний фольг Та чистотой 99,99 и 99,47 % в зависимости от температуры от жига и слоистых композитов медь-тантал в исходном состоянии (после получения их диффузионной сваркой). Даётся трактовка полученных зависимостей проч-ностных характеристик на основе влияния размера зерна тантала и

связанного с ним особенностей протекания процеса газонасыщения тантала из рабочего пространства печи остаточными газами(кислородом, азотом).

It is described the results of mechanical tests of foils tantalum cleanness 99,99 and 99,47% depending with temperature annealing and multilayer copper-tantalum composition in initial state (was obtained by the diffusive-welding method).The interpretation is given of the obtained strength properties based on the influence grain size tantalum and connected with him especially proceed process gas satiation tantalum from volume furnace residual gas(oxygen, nitrogen).

Для підвищення конкурентоздатності української промислової продукції та виходу її на світові ринки в умовах світової фінансово-економічної кризи необхідно використовувати новітні матеріали, які здатні працювати в умовах високих температур, протікання електричного струму, а також впливу постійних і знакозмінних навантажень. Різновидом таких матеріалів є шаруваті композиційні матеріали(ШКМ), які здатні поєднувати властивості відразу кількох металів чи сплавів. Серед великої кількості цих композитів особливу цікавість для виготовлення електротехнічних виробів(наприклад, шинопроводів чи електричних контактів) становлять шаруваті композити мідь-тантал[1]. Відомо, що на механічні властивості композитів серед багатьох факторів впливає також і структурний стан зміцнюючих шарів, зокрема розмір зерна.

Саме тому метою цієї роботи і було порівняння впливу різних марок Та на механічні характеристики ШКМ Cu-Та та виявлення причин цього.

Для виготовлення розглянутих в цій статті шаруватих композитів мідь-тантал (з прошарком нікелевої фольги) в якості зміцнювача були використані фольги Та чистотою 99,99%. В свою чергу, у ШКМ мідь-тантал (без прошарку нікелевої фольги) використовували фольги Та чистотою 99,47 % Та й ~0,53% Nb. Структурно обидва різновиди ШКМ мідь-тантал складались із двох шарів Та, трьох шарів Cu, причому у композитах з прошарком нікелю кількість його шарів дорівнювала чотирьом(по два шари Ni на один шар Та). Термічну обробку компонентів ШКМ мідь-тантал, а також їхнє наступне дифузійне зварювання здійснювали у вакуумній печі СШВЛ 0.6,2/16И2 при вакуумі не нижче $5 \cdot 10^{-4}$торр. Методика виготовлення ШКМ детально описана в [2]. Однак додатково слід відзначити, що для дослідження механічних властивостей у режимі активного розтягання використовували зразки з наступними об'ємними частками міді, нікелю і танталу (табл.1).

Таблиця 1

Вміст компонентів у ШКМ Cu-Та

№	Об’ємна частка компонента, %		
	Та	Ni	Cu
1	1	1,8	97,2
2	2,8	4	93,2
3	7	10	83
4	11,1	22,2	66,7
5	15,8	24,4	59,8
6	25	22,7	52,3
7	7,5	–	92,5
8	14	–	86
9	88	–	12

Дослідження механічних властивостей в режимі активного розтягання фольги танталу та ШКМ Cu-Та проводили при кімнатній температурі на машині жорсткого

типу “TIRATEST-2200” із застосуванням датчиків зусилля 100, 1000 і 10000 Н. Жорсткість її – $8 \cdot 10^9$Н/м; швидкість руху захвату – 0,27 мм/хв; відносна швидкість деформації зразків складала $0{,}3 \cdot 10^{-4}$ c^{-1}.

Для випробувань використовували зразки з розмірами робочої частини по довжині та ширині відповідно 15х3 мм. Відповідно до ГОСТ 1497–84 [3] та ГОСТ 11701–84[4] застосовували плоскі зразки другого типу, початкова розрахункова довжина зразків l_0 для реалізації одноосного напруженого стану складала $4b_0$, де b_0 – ширина зразка, відповідно робоча довжина – $l_0+b_0/2$. Від кожної партії зразків для механічних випробувань відбирали два (чи більше зразків), отримані дані усереднювали. Після випробувань фольги танталу та шаруватих композитів по первинним діаграмам визначали:

$\sigma_{0,05}$ – границю пружності ; $\sigma_{0,2}$ – границю текучості; σ_B – границю міцності; δ – відносне подовження до руйнування; $\sigma(\varepsilon_{пл})$ – залежність текучого напруження σ від ступеня відносної пластичної деформації.

Для дослідження мікроструктури фольги танталу та композитів мідь-тантал, визначення середнього розміру зерен, якості дифузійного зварювання і для фотографування мікроструктури після хімічного травлення використовувався мікроскоп МИМ-7.

Відомо, що структурний стан танталу, його чистота, умови термообробки сильно впливають на механічні властивості як у початковому так і відпаленому стані. Врахуємо, що як метал-геттер [5, 6], тантал поглинає з робочого простору вакуумної печі (при вакуумі більш низького порядку, ніж 10^{-5}торр.) залишкові гази: кисень, азот та ін. Тому при відпалах в досліджуємому интервалі температур (400-1300^{0}C) й вакуумі ~10^{-4} торр. у зразків танталу збільшуються міцністні характеристики та знижується пластичність. Дослідження відмічених раніше двох партій танталу, дещо відмінних по чистоті та, як показали дослідження, і по структурному стану, виявило помітні відмінності в протіканні цього процесу. Так, дослідження механічних властивостей фольги Та (99,47 %) показали, що спостерігається рост міцністних характеристик майже до максимальної температури відпалу - 1000^{0}C, пластичність знижується в 2-3 рази (рис. 1). У свою чергу, у фольги Та чистотою 99,99 % механічні властивості ведуть себе аналогічно лише тільки до температури відпалу 800^{0}C . Після цього відбувається падіння пластичності практично до нуля і, вірніше за все, обумовлене цим фактором різке падіння міцністних характеристик (рис. 2).

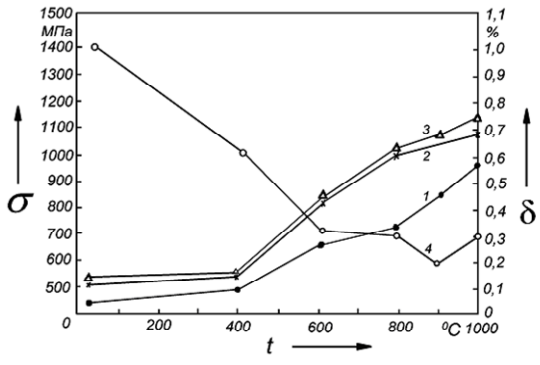


Рис. 1. Залежність механічних властивостей фольги Та (99,47 %) від температури відпалу: 1 – границя пружності $\sigma_{0,05}$; 2 – умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$; 3 – границя міцності σ_B; 4 – відносне подовження δ.

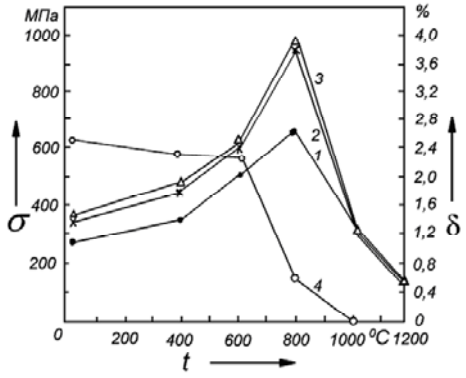


Рис. 2. Залежність механічних властивостей фольги Та (99,99 %) від температури відпалу: 1 - границя пружності $\sigma_{0,05}$; 2 - умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$; 3 - границя міцності σ_B; 4 - відносне подовження δ.

Розглядаючи залежності мікротвердості від температури відпалу (рис. 3) для фольги танталу, необхідно відзначити, що вони, як і інші механічні характеристики ($\sigma_{0,05}$, $\sigma_{0,2}$, σ_B) мають загальну тенденцію зростання з підвищенням температури відпалу.

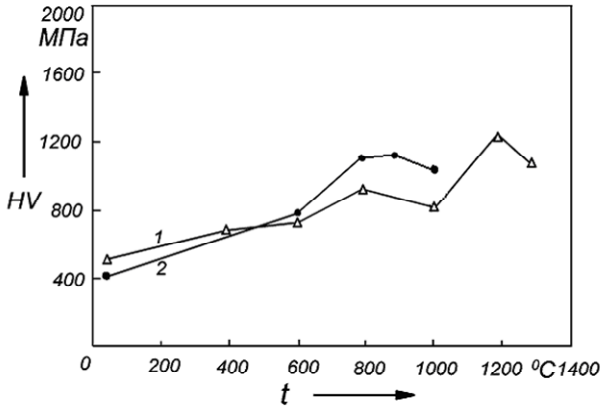
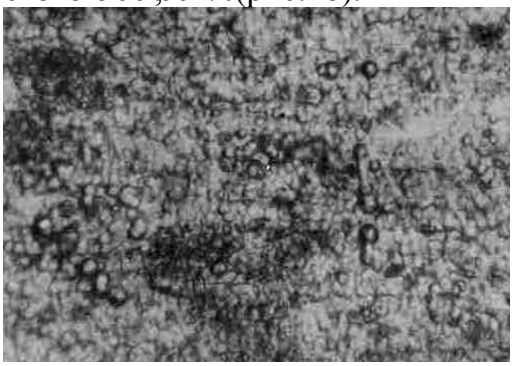


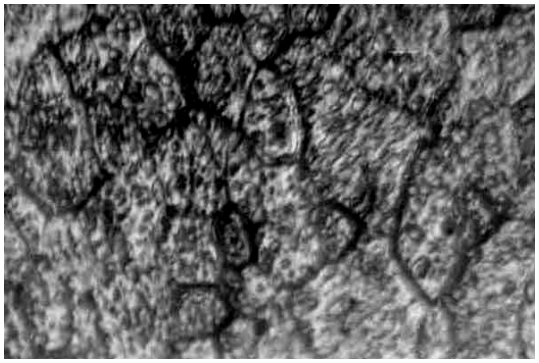
Рис. 3. Залежність мікротвердості фольги танталу від температури відпалу: 1 - мікротвердість фольги танталу чистотою 99,99 %; 2- мікротвердість фольги танталу чистотою 99,47 %.

При цьому для фольги танталу чистотою 99,99 % характерне монотонне збільшення значень мікротвердості з підвищенням температури відпалу, що обумовлене газонасиченням повністю рекристалізованої фольги у робочому просторі печі. Для фольги танталу чистотою 99,47 % характер- ний більш високий темп підвищення мікротвердості. Очевидно, це поясню- ється тим, що мікроструктура фольги у стані постачання не є цілком рекрис- талізованою . Тому газонасичення в умовах дрібнозернистої структури при температурах відпалу 800 і 900^{0}С відбувається більш інтенсивно.

Порівнюючи механічні властивості фольги танталу чистотою 99,99 і 99,47 % Та слід зазначити, що їхні відмінності обумовлені саме структурою в стані постачання, бо умови проведення термообробок були ідентичні.

Мікроструктурні дослідження показали, що у фользі Та чистотою 99,47 % (у стані постачання і до відпалілу при 900^{0}С) первинна рекриста-
лізація не завершилася (рис.4а). Тому розмір зерна значно менше, ніж у фользі чистотою 99,99 %(рис.4б).


х600


х450

а б

Рис.4. Мікроструктура фольги Та чистотою 99,47 %(а) та 99,99 %(б) у стані постачання.

Це природно, бо наявність домішки ніобію (0,53 %) було гальмуючим фактором первинної рекристалізації. Таким чином, у процесі газонасичення при відпалах фольги танталу чистотою 99,47 % унаслідок своєї дрібнозер- нистості ставали крихкими менше , ніж фольги Та чистотою 99,99 %, які у стані постачання складалися з досить

великих рекристалізованих зерен. До- датковим фактором, що зіграв деяке значення для збереження пластичності фольг танталу чистотою 99,47 %, було продовження протікання в них пер- винної рекристалізації при температурах відпалів 900 і 1000 ^{0}C.

Усе це, у свою чергу, приводить до відсутності ділянки зі спадом міц- ністних характеристик у фользі танталу чистотою 99,47 %, відпалених при температурах 800, 900 і 1000 ^{0}C(рис.1).

Як було раніше зазначено, фольги танталу чистотою 99,99 % у стані постачання є цілком рекристалізованими з досить великим розміром зерна. Тому в процесі газонасичення поверхнева концентрація домішок на межах зерен вище, відповідно, їм більше було притаманне крихке руйнування, особливо після відпалів при 800, 1000 і 1200 ^{0}C. Додаткову роль при цьому зіграли канавки термічного травлення, розташовані по межах зерен (рис.5).

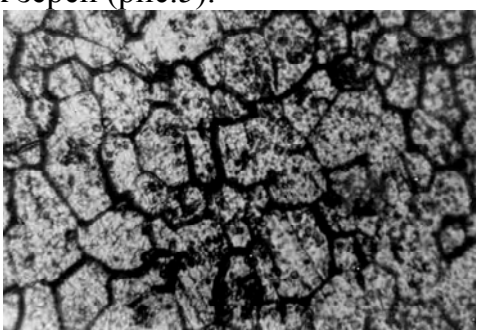


Рис. 5. Мікроструктура фольги Ta(x450) чистотою 99,99 % після відпалу 1000 ^{0}C (1година)

Дослідження впливу на механічні властивості розміру зерна у фользі Та спочатку було проведено на ШКМ мідь-тантал (12 % Cu, 88 % Та), у яких шари танталової фольги були покриті міддю з обох боків методом електронно-променевого випаровування. Логічно було б запідозрити, що на відміну від вільного стану міцністні характеристики фольги танталу в композитах після аналогічно проведених відпалів будуть змінюватися інакше.

Для відповідної перевірки можна скористатися співвідношенням адитивності для міцності композита [7]. Дійсно, виходячи з цього співвідношення, σ_B композита при розтяганні визначається міцністю зміцнюючих шарів і напругою плину матриці в момент їхнього руйнування, тобто – міцністю танталу. Припущення про розходження властивостей Та у вільному стані й у складі композита після відпалів було підтверджено дос лідженнями композитів після відпалів в інтервалі 600-1000^{0}C (рис. 6).

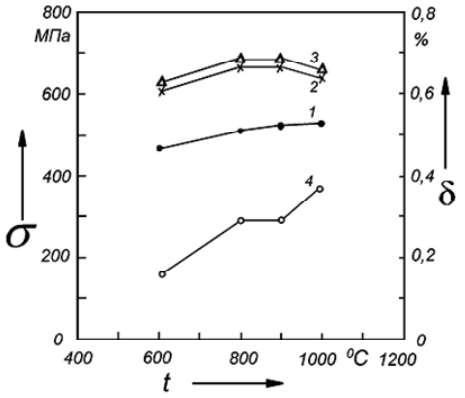


Рис. 6. Залежність механічних властивостей ШКМ Cu-Ta (12 % Cu, 88 % Та) від температури відпалів : 1 – границя пружності $\sigma_{0,05}$; 2 – умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$; 3 – границя міцності σ_B; 4 – відносне подовження δ

Як видно з рис.6, до температури відпалу в 800^{0}C спостерігається ріст усіх міцністних характеристик, а з подальшим підвищенням температури відпалу відбувається деякий спад значень $\sigma_{0,2}$ та σ_B при подальшому неве- ликому підвищенні границі пружності композита в цьому інтервалі температур складає не більш 70 МПа. Однак оцінка по рівнянню адитивності з урахуванням під-вищення міцності танталу на 600 МПа і зниження напруги плину міді на 50 МПа для вільного стану дає підвищення міцності композита більш ніж на 500 МПа. Таке поводження міцністних характеристик композита можна пояснити домінуючим впливом танталу.

Шари міді вносять невеликий вклад у механічні властивості композита, однак вони виконують важливу захисну функцію. Як було зазначено раніше, на міцністні властивості фольги танталу значний вплив роблять залишкові гази. Тому газонасичення впливає на підвищення міцності Та в композиті зі зростанням температури відпалу не настільки інтенсивно. Відповідно, слабко зростає і міцність ШКМ, поступаючись теоретичним оцінкам на основі властивостей складових у вільному стані.

Прокоментуємо несподіваний, на перший погляд, результат незначного зниження міцністних характеристик ($\sigma_{0,2}$ та σ_B) композитів в інтервалі температур відпалу 800-1000^{0}С при зростанні δ від 0,16 до 0,37 % у всьому дослідженому інтервалі температур. У першу чергу відзначимо, що в цьому ж інтервалі температур відпалу пластичність танталу у вільному стані не збільшується, а знижується (рис. 1). Протилежна зміна пластичності компо- зитів також може бути пояснена захисним впливом шарів міді, що знижують газонасичення шарів танталу. Тому рекристалізація в танталі, що знаходився в складі композита, протікала в більш широкому інтервалі температур, аж до 1000^{0}С. Як наслідок, при цьому повинна знижуватися і міцність композита. Таким чином, можна стверджувати, що властивості танталу в складі ШКМ значно відрізняються від аналогічних властивостей вільного танталу при тих же температурах відпалу . Для температури ~1000^{0}С його міцність виявля- ється менше, а пластичність вище. Цей висновок був підтверджений резуль- татами досліджень концентраційної залежності властивостей ШКМ Cu-Ta і їхніх компонентів, відпалених при однаковій температурі 1000^{0}С (рис.7). В експериментах крім композита з 88 %Та, були також використані ШКМ Cu-Ta з невисоким вмістом Та - 7,5 і 14 %, що були отримані методом дифузійного зварювання при 1000^{0}С .

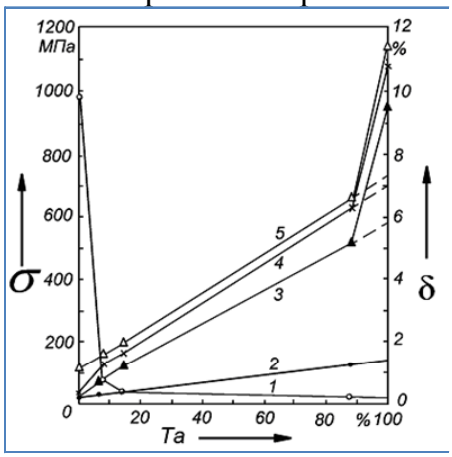


Рис .7. Залежність механічних характеристик ШКМ Cu-Ta (без прошарків Ni) від об'ємного вмісту танталу: 1 - відносне подовження δ; 2 - теоретична границя пружності $\sigma_{0,05}$; 3 – експериментальна границя пружності $\sigma_{0,05}$; 4 - умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$; 5 - границя міцності σ_B

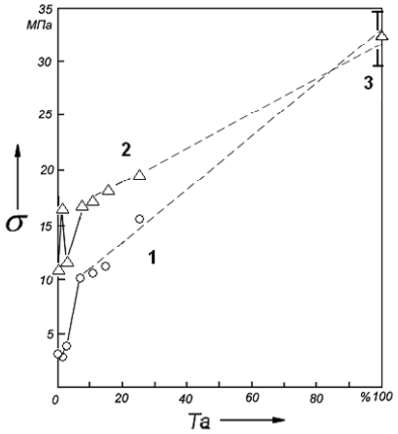


Рис. 8. Залежності $\sigma_{0,05}$ і σ_B для ШКМ Cu-Ta з нікелевими прошарками від об'ємної долі Та:
1 - границя пружності $\sigma_{0,05}$; 2 - границя міцності σ_B ; 3- дисперсія (розкид) апроксимованих значень $\sigma_{0,05}$ і σ_B при 100% Та.

Тепер проведемо порівняння захисних властивостей матриці ШКМ із шарами Ni(рис.8) і ШКМ без них (рис.7).На рис.8 приведені дані по $\sigma_{0,05}$ і σ_B в інтервалі концентрацій від 7 до 25% Та, вони були апроксимовані по чотирьох експериментальних точках на вісь, що відповідає 100 % Та. Була розрахована також дисперсія для цієї апроксимації.

Порівнюючи рис. 7 і 8, можна, з першого погляду зробити висновок, що захищеність танталу від дифузії залишкових газів у без нікелевих композитах краще. Дійсно, якщо тантал у складі ШКМ без прошарків нікелю має міцністні характеристики в 1,6 разів менші, ніж у вільному стані, то в ШКМ із прошарками нікелю властивості у вільному стані й у складі ШКМ близькі (рис. 8). Як видно, міцність вільної фольги Та знаходиться в межах дисперсійного інтервалу апроксимованих значень цього параметра. Чому ж для ШКМ без нікелю, у яких адгезія шарів матриці й зміцнювача гірше , чим у порівнюваних ШКМ, отримані такі несподівані результати? Вочевидь, це пов'язано з мікроструктурою танталу. Відомо, що дрібнозернистий матеріал має значну перевагу по механічних властивостях у порівнянні з великозернистим. Попередньо було показано, що тантал у складі СКМ із нікелем (чистота 99,99 %) має великозернисту структуру, а тантал у складі ШКМ без нікелю (чистота 99,47 %) є дрібнозернистим. Порівнюючи залежності механічних властивостей від температури відпалу (рис. 1 і 2) необхідно відмітити, що вже у вихідному стані дрібнозернистий тантал перевершує великозернистий. З підвищенням температури відпалу адсорбція танталом залишкових газів з вакууму печі підсилюється. При цьому міцністні характеристики обох марок танталу ростуть, а пластичність падає. Тут необхідно відзначити, що якщо при виготовленні композитів по подібних технологіях у шари танталу потрапляє приблизно однакова кількість атомів залишкових газів, то розподіляються по поверхні фольги вони неоднаково. По границях зерен, як відомо, концентрація домішок перевищує внутрішньозерену і, відповідно, її середнє значення у зразку. При цьому з підвищенням площі границь і зменшенням розміру зерна концентрація домішок за інших рівних умов знижується. Отже, можна припустити, що в дрібнозернистому танталі через більшу площу границь зерен концентрація адсорбованих елементів на границях менше, ніж у великозернистому танталі. Велика нерівномірність розподілу домішок у великозернистому Та перетворює границі зерен(рис.5) у концентратори напружень, що приводить, відповідно, до крихкості. Тому підвищення захищеності шарів Та в ШКМ із Ni не усуває окрихченя, а, отже, не змінює його міцнісних властивостей.

Висновки: 1.Підвищення міцністних властивостей в фользі Та чистотою 99,99 та 99,47 % після проведення високотемпературних відпалів пов’язано з їх газонасиченням киснем та азотом. **2**.Встановлено, що більш високі темпи росту міцністних властивостей фольги Та чистотою 99,99 у порівнянні з 99,47 % пов’язані з розміром їхнього зерна внаслідок чого більш великозернистий та чистий тантал зміцнюється та одночасно окричується після нижчих температур відпалу. **3**.Захищеність танталу(чистота 99,99 %) в ШКМ із нікелевими прошарками є кращою, однак вона не виявляється через його великозернистість.

Список літератури: 1.Деклараційний патент України на корисну модель, 7 С22С47/20, В23К20/00. Шаруватий композиційний матеріал. Ящеріцин Є.В., Терлецький О.С. НТУ ″Харківський політехнічний інститут”, (UA) – №5575; заявл. 12.07.2004; опубл. 15.03.2005р. Бюл.№3. 2.Ящерицын Е.В. Механические свойства слоистых композитов Cu-Ta с различной толщиной медных слоев // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення у сучасних технологі-ях. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2002. – Т. 2, №6. – С. 69–73. 3. ГОСТ 1497–84. Металлы. Ме-тоды испытаний на растяжение . – Введ. с 01.01.86. 4. ГОСТ 11701–84. Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент. – Введ. с 01.01.86. 5. Копецкий И.В. Структура и свойства тугоплавких металлов. – М. Металлургия, 1974. – 208 с. 6. Свойст-ва элементов. Справочник / Дриц М.Е., Будберт П.Б., Бурханов Г.С., Дриц А.М., Пановко В.М./ Под ред. М.Е. Дрица. – М.: Металлургия, 1985. – 672 с. 7. Композиционные мате-риалы в технике / Карпинос Д.М., Тучинский Л.И., Сапожникова А.Б. и др. – Киев.: Техника, 1985. – 152 с.

УДК 665.112.1

А.П. БЕЛИНСКАЯ**,** асп.,
Л.В КРИЧКОВСКАЯ**,** докт. биол. наук, проф.,
Т.И. ЗЕКУНОВА**,** ст. научн. сот р., НТУ «ХПИ»

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА ПИТАНИЯ СО СБАЛАНСИРОВАННЫМ СОСТАВОМ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Розглянуто питання дефіциту поліненасичених жирних кислот серед населення України, показаний шлях вирішення даного завдання. Зроблено вибір рослинних олій для створення функціонального продукту харчування, що має збалансований жирнокислотний склад і стабільний до окисного псування. Знайдено раціональне співвідношення даних олій у суміші. Визначено, що стабільність до окисного псування сумішевої олії збільшилася в 2,6 рази у порівнянні з базовою олією в чистому вигляді.

The question of the polyunsaturated fatty acids deficit among population of Ukraine is reviewed, the way to solve this task is shown. The vegetable oils choice for development of functional foodstuff product having balanced fatty acids composition and being stable against oxidative deterioration is carried out. The optimal correlation of three oils in mixture has been found. It has been determined that the stability against oxidative deterioration of mixtural oil increased in comparation with basic oil as pure product.

Питание является необходимым и первым условием жизни. Многие болезни, связанные с нарушением обмена веществ, чаще всего начинают развиваться и проявлять себя при неправильно организованном питании.

Растительные масла обладают многими полезными свойствами, которые делают их потребление намного предпочтительнее использования животных жиров. В состав растительных масел входят ценные для организма питательные вещества: полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), жирорастворимые витамины Е, D, К, провитамин А, фосфолипиды, стеролы и т.д. Эти биоактивные компоненты, как показывают исследования и практика, значительно улучшают качество жизни современного человека, снимая последствия воздействия неблагоприятной среды и неправильного питания. Преимущество растительных масел над животными жирами состоит в том, что ненасыщенные жирные кислоты, входящие в состав растительного масла, легко усваиваются организмом и не откладываются на стенках сосудов [1, 2]. Поэтому актуальной является тема создания пищевых продуктов, в частности, смесей растительных масел, обогащенных эссенциальными составляющими, – такими как витамины и незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты.

Среди множества жирных кислот (ЖК), составляющих основу триацилглицеридов масел, только две не могут синтезироваться в организме человека и, таким образом, являются незаменимыми – это линолевая (9,12-октадекадиеновая, принадлежит к группе ω-6 жирных кислот) и α-линоленовая (9,12,15-октадекатриеновая, группа ω-3) [1]. Преимущества использования растительного масла перед другими жировыми продуктами для обеспечения организма человека ПНЖК (линолевой и линоленовой) и жирорастворимыми витаминами заключается также в том, что растительное масло является относительно недорогим, традиционным продуктом питания.

Исторически сложилось, что мы в основном потребляем продукты, содержащие ЖК группы ω-6 – подсолнечное, кукурузное масла и практически исключили из своего

рациона масла, богатые ЖК группы ω-3 – льняное, соевое, рапсовое, рыжиковое. Исходя из этого, жителям Украины для восполнения недостатка в организме полиненасыщенных жирных кислот, необходимо было бы сместить потребление в сторону масел, содержащих ω-3 ЖК [3].

По формуле сбалансированного питания академика А.А. Покровского примерная суточная потребность взрослого человека в растительном масле составляет 20-30г, причем на долю ПНЖК должно приходиться 12-30% от всех жирных кислот. При этом соотношение линолевой и линоленовой кислот должно быть порядка 10:1 [2]. Сбалансировать состав ЖК в продукте на основе растительных масел можно путем их смешения (купажирования) с учетом состава.

Анализ имеющейся научно-технической информации показал, что актуальной и окончательно нерешенной задачей является получение смешанных рафинированных и нерафинированных растительных масел со сбалансированным составом жирных кислот и стойких к окислительной порче. Произведенные на Украине и в постсоветских странах смесевые масла в большинстве своем можно разделить на две группы [4, 5]:

- смесевые масла со стоимостью, не намного превышающую цены традиционных масел, но имеющие сбалансированный жирнокислотный состав без учета защиты от окислительной порчи (торговый дом «WJ СНГ» - растительное масло «Рацио», ЗАО «Веневский маслозавод» - масло «Российские семена»);
- смесевые масла, имеющие высокую стоимость (порядка 350-450 грн./л), обогащенные экзотическими маслами (масло шиповника, зародышей пшеницы, тыквенное, кедровое и др.), в состав которых входят биологически активные вещества (потребительское общество АРГО - масло салатное «Богатырское», растительное масло «Молодильное», масло салатное «Целительное»).

Актуальна задача стабилизации сбалансированных смесей масел от окислительной порчи, т. к. они, имея в своем составе большее количество ПНЖК по сравнению с традиционными маслами, особенно чувствительны к окислению. Торможение окислительной порчи масел является одной из основных задач масложирового производства. Это связано с крайне негативным воздействием на организм человека продуктов окисления масел (как первичных - пероксидов, гидропероксидов, так и вторичных – эпокси-, кето- и димерных соединений и др.), и как следствие, - высокими требованиями к маслам, которые установлены мировым сообществом и, наконец, конкурирующими отношениями между производителями. Так как торможения накопления пероксидных радикалов можно достичь введением в продукт ингибиторов окисления, перспективным направлением в решении поставленной задачи является создание смесей («купажей») с маслами, содержащими достаточно высокое количество природных антиоксидантов.

Цель статьи

Целью нашего исследования является создание смесевого масла не только со сбалансированным ЖК-составом, хорошими вкусовыми качествами, но и стабильного к окислительной порче, с коммерчески привлекательной стоимостью. Данная разработка позволит решить проблему профилактики дефицита ПНЖК и некоторых других биологически активных веществ в продуктах питания для всех категорий населения страны и, как следствие, заболеваний, вызванных неполноценной жировой диетой, - атеросклероза, избыточного веса, преждевременного старения.

Изложение основного материала исследований

В первую очередь необходимо было выбрать ряд масел, выполняющих в купаже следующие функции: обогащение купажа ПНЖК по формуле, определенной нормой сбалансированного питания и увеличение стабильности к окислению за счет входящих

в них природных антиоксидантов. В результате были выбраны 3 растительных масла с ЖК-составом, представленным на табл. 1.

Таблица 1.

Жирнокислотный состав растительных масел, используемых в эксперименте [6].

ПНЖК	Содержание ПНЖК в масле, входящем в купаж, мас.%		
	Соевое масло	Кунжутное масло	Подсолнечное масло
олеиновая ($C_{18:1}$)	14-27	37-42	14 – 39
линолевая ($C_{18:2}$) ω6-группа	47-56	39-47	42 – 66
α-линоленовая ($C_{18:3}$) ω3-группа	5-14	0,2	0,2
ω6:ω3	5,5:1	215:1	270:1

Рафинированное дезодорированное соевое масло, являющееся базовым маслом «купажа», имеет в своем составе значительное количество линоленовой жирной кислоты (кислота ω-3 группы), что позволяет получить сбалансированный по ω-3 и ω-6 ЖК-составу продукт. Нерафинированное кунжутное масло, входящее в состав «купажа», содержит в своем составе уникальные антиоксиданты – сезамол и сезамин, которые могут предохранять смесь от окисления. Сезамол (3,4-метилендиоксифенол) и его производное сезамин - вещества фенольной природы, обуславливающие высокую стойкость к окислению масел при хранении [7, 8]. Кроме того, в составе кунжутного масла присутствуют токоферолы, основным изомером которых (97%) является стабильный к высоким температурам γ-токоферол [8], а сезамол и сезамин проявляют значительный синергетический эффект по отношению к токоферолам при торможении масел [7]. В качестве 3-го компонента мы использовали рафинированное дезодорированное подсолнечное масло с целью снижения стоимости купажа при одновременном сохранении стабилизирующей функции кунжутного масла, а также дополнительного обогащения смеси токоферолами.

Содержание биологически активных веществ в выбранных маслах показаны на таблице 2.

Таблица 2.

Биологически активные вещества выбранных растительных масел [6].

Наименование вещества	Кунжутное	Соевое	Подсолнечное
Токоферолы, мг%, в том числе:	50-114	90-100	42-116
α	37,6	5-13	92,7
β	37,6	-	7,8
γ		37-59	
δ	24,8	27-57	
Каротиноиды, мг%	-	-	0,42-0,47
Стеролы%	0,19-0,33	0,35-0,57	0,25-0,53
Сезамол, %:		-	-
свободный	0,001-0,019	-	-
связанный	0,006-0,440	-	-
Сезамин, %	0,09-1,22	-	-

Для точного расчета состава купажа массовые доли масел рассчитываются из необходимости получения заданного соотношения ПНЖК (ω6:ω3 = 9-10 : 1). В результате было найдено рациональное соотношение данных масел в смеси. Содержание ненасыщенных жирных кислот в данном купаже составило: олеиновая кислота – 26,1%; линолевая кислота – 50,6%; α-линоленовая кислота – 4,9%, то есть

суммарное содержание ненасыщенных жирных кислот в купажированном масле – 82 %, из них ПНЖК - 55 % при соотношении ω6:ω3 = 10 : 1.

Стойкость купажей выбранных масел к окислительной порче определяли с помощью метода ускоренного окисления [6]. Метод основан на окислении растительного масла при температуре 90 °С путем его непрерывного барботирования воздухом при перемешивании. Скорость окисления устанавливали по пероксидному числу в периодически отбираемых пробах масла. Абсцисса точки перегиба полученной кривой окисления (зависимости значения перекисного числа от времени окисления) известна как индукционный период, который характеризует устойчивость масел к окислению. Значение периода индукции определяли графически по кинетическим кривым [9, 10]. Эксперименты по исследованию стойкости к окислению образцов смесей выбранных масел проводились соответственно плану эксперимента «состав - свойство» (табл. 3) [11]. В качестве факторов приняты концентрации исследуемых масел в смеси, функция отклика - период индукции масляной смеси.

Таблица 3

Влияние состава купажа на его свойства.

№ експеримента	Концентрация исследуемых масел в смеси, об. %			Функция отклика, *y*, мин.
	x_1	x_2	x_3	
1	1	0	0	2,5
2	0	1	0	9
3	0	0	1	4,2
4	0,5	0,5	0	4,1
5	0,5	0	0,5	3,5
6	0	0,5	0,5	6
7	0,33	0,33	0,33	5,3

Обработка результатов исследования выполнялась с помощью специально разработанной на кафедре технологии жиров НТУ «ХПИ» программы. Результаты исследований приведены на рис. 1.

Рис. 1. Диаграмма зависимости периода индукции от концентрации компонентов смеси. x_1 – соевое масло; x_2 – кунжутное масло; x_3 – подсолнечное масло. Выделенный фрагмент – выбранное оптимальное соотношение концентраций в разработанном смесевом масле.

Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y=2.5\cdot x_1+9.0\cdot x_2+4.2\cdot x_3-6.6\cdot x_1\cdot x_2+0.6\cdot x_1\cdot x_3-2.4\cdot x_2\cdot x_3+27.0\cdot x_1\cdot x_2\cdot x_3.$$

Данное уравнение позволяет определять зависимость периода индукции смеси масел от соотношения его компонентов.

Из экспериментальных данных следует, что период индукции смесевого масла увеличился до 4,6 часов, т.е. в 2,5 раза по сравнению с базовым соевым маслом в

чистом виде. Таким образом, смешивая масла в выбранном соотношении, можно не только получить пищевой продукт улучшенного качества, но и увеличить сроки его хранения. Кроме того, рассматривая стоимостные характеристики выбранных масел, необходимо отметить, что цена «купажа» находится в пределах 20-25 грн./литр, что более чем на порядок ниже по сравнению с вышеуказанными смесевыми маслами отечественного производства.

Выводы

Разработанный продукт сбалансирован по жирнокислотному составу; обогащен биологически активными веществами, в том числе антиоксидантами сезамолом и сезамином; имеет срок годности в 1,8 раза превышающий срок годности базового растительного масла в чистом виде; имеет привлекательную для производителей стоимость.

Список литературы: 1. Основы биохимии. Учебн. для ун-тов по спец. «Биология» / Под ред. А.А. Анисимова. – М.: Высшая школа, 1986. – 550с. **2.** *М.М. Мельникова* Основы рационального питания. Учебно-методическое пособие / М.М. Мельникова, Л.В. Косованова. – Новосибирск, 2000 г. – 103с. **3.** Жиры и масла в детском питании. *Конь И.Я., Шилина Н.М.* Масла и жиры, 2006, №8, с.15. **4.** Торговый дом «WJ Group». О продукции. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:/www.wjtrade.ru. **5.** Потребительское общество АРГО. Украинский Информационный центр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:/www.argo-shop.com.ua. **6.** Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. – Том V. – Ленинград, 1969г. – 502с. **7.** *Canfield L.M* Sesame seed is a rich source of dietary lignans. J. Amer. Oil Chem. Soc. 2006, 83, №8, с. 718-723. **8.** Kochhar S.P. Stabilization of Frying Oils with Natural Antioxidative Components. Eur. J. Lipid. Sc. Technol., 2000, v.102, N 8/9. **9.** Руководство по методам исследования, технохимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности/ под ред. В.П. Ржехина, А.Г. Сергеева. – Том I. – Ленинград, 1967г. – 466с. **10.** Жиры животные и растительные. Метод определения устойчивости к окислению (метод ускоренного окисления): ГОСТ Р 51481-99 (ИСО 6886-96). – М.: Издательство стандартов, 2000 г. – 8 с. **11.** Бондарь А.Г. Планирование эксперимента в химической технологии / Бондарь А.Г., Статюха Г.А. - Киев: "Вища школа" - 1976. – 183 с.

Поступила в редколлегию 13.06.2009

УДК 664.644.2:547

М.П. ГОЛОВКО**,** проф. к.вет.н. (ХДУХТ),
Н.В. ВЕРЕШКО**,** доц., к.т.н. (ХДУХТ),
О.Г. ШИДАКОВА-КАМЕНЮКА**,** ст. викл., к.т.н. (ХДУХТ),
І.С. РОГОВИЙ**,** асп. (ХДУХТ),
М.М. ЧУЙКО**,** асп. (ХДУХТ)

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ НАПІВФАБРИКАТУ КІСТКОВОГО ХАРЧОВОГО В ТЕХНОЛОГІЯХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ З ОГЛЯДУ НА ВПЛИВ ДОБАВКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

В статье приведены результаты исследований влияния полуфабриката костного пищевого (ПКП) на технологические свойства пшеничной муки и перспективные направления использования добавки в технологиях мучных изделий. Установлено, что добавление ПКП в концентрациях более 5% к массе муки снижает способность пшеничной муки к образованию клейковинного каркаса, а также ослабляет клейковину.

Ключевые слова: полуфабрикат костный пищевой, кальций, клейковина.

У статті наведено результати досліджень впливу напівфабрикату кісткового харчового (НКХ) на технологічні властивості пшеничного борошна та перспективні напрямки використання

добавки в технологіях борошняних виробів. Встановлено, що додавання НКХ в концентраціях понад 5% до маси борошна дещо знижує здатність пшеничного борошна до утворення клейковинного каркасу, а також послаблює пружні властивості клейковини.

Ключові слова: напівфабрикат кістковий харчовий, кальцій, клейковина.

The authors of this article studied the changes of bread-making properties of wheaten flour with the semi-finished bone food product (NKH) and present the test results of this study. They also present the future using of wheaten flour with the semi-finished bone food product (NKH) in pastry and flour foods. The study has found that the adding of more than 5 % of NKH to the flour makes gluten tacky and reduces the gluten network of the wheaten flour.

Key words: the semi-finished bone food product, calcium, gluten.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо, що нестача кальцію в організмі сприяє виникненню близько 150 хвороб, в тому числі рахіту, остеопорозу, порушенню розвитку кістяка і зубів, підвищує ризик серцево-судинних захворювань [1,2,3]. Кальцій нормалізує кисле середовище організму, надає йому лужності, що запобігає розвитку багатьох хвороб [4,5].

Аналіз структури харчування населення економічно розвинених країн, у тому числі України, примушує характеризувати його як кризове відносно забезпеченості мікронутрієнтами (зокрема кальцієм) [6], що викликає необхідність примусового збагачення найбільш вживаних продуктів харчування на ці складові. Перспективним об'єктом для збагачення є вироби з борошна (макаронні, хлібобулочні, кондитерські), які на сьогоднішній день посідають суттєвий відсоток в раціоні людини [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами збагачення борошняної продукції на кальцій займаються як вітчизняні так і закордонні вчені. Зокрема, у Великобританії з метою збагачення хліба на кальцій у нього додають харчову крейду, яка містить до 98% карбонату кальцію. Але внесений кальцій засвоюється лише на 16…17% [8]. Можливе використання в технології борошняних виробів глюконату кальцію [9]. В Росії розроблений покращувач «Пектинова суміш», до складу якого входить цитрат кальцію, пектини, аскорбінова кислота та ферменти [10].

В Україні віддається перевага збагаченню харчових продуктів кальцієм за рахунок не хімічних препаратів, а, головним чином, молочних продуктів та вторинної молочної сировини – сироватки та її концентратів [11,12,13].

Перспективною сировиною, що містить легко засвоюваний кальцій є харчова кістка. Крім кальцію в легкозасвоюваній формі ($Ca_3(PO_4)_2$, $CaCO_3$, CaF_2,$CaCl_2$) кістка містить солі магнію ($Mg(PO_4)_2$) та майже всі амінокислоти.

Тому продукти переробки харчової кістки є перспективною сировиною для застосування у технологіях харчових продуктів [14,15,16,17].

Мета та завдання статті. Основною сировиною для виготовлення борошняної продукції є борошно. Вирішальним фактором, що характеризує хлібопекарські властивості борошна, та відповідно, напрямок його використання є якість клейковини. Внесення до тіста різних добавок може послаблювати або підсилювати хлібопекарські властивості клейковини. Метою дослідження було встановлення впливу напівфабрикату кісткового харчового (НКХ) на якість клейковини пшеничного борошна для виявлення в яких технологіях борошняних виробів можливо його застосовування. Дослідження проводилися на модельних системах (вода-борошно). Для виготовлення модельних зразків тіста використовували борошно вищого ґатунку з сильною (зразок борошна №1) та середньою клейковиною (зразок борошна №2). НКХ додавали у кількості 0…15% від маси борошна. У якості контролю служив зразок без добавки. Дослідженню підлягали наступні показники: кількість сирої клейковини, її пружність (деформація стиснення), здатність до розпливання та розтягання кульки

клейковини. Відмивання клейковини та визначення її якісних показників проводили за стандартними методиками.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження показали, що у разі невисокого вмісту НКХ якість клейковини майже не змінюється. Відзначено, що під час збільшення частки НКХ в усіх досліджуваних зразках дещо зменшується вихід сирої клейковини (рис. 1).

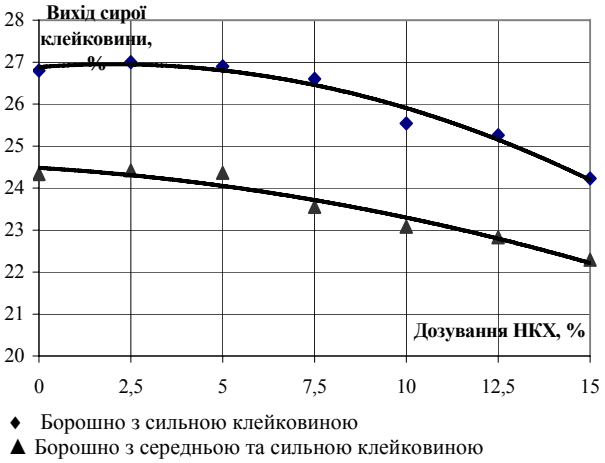


Рис. 1. Вплив НКХ на вихід сирої клейковини

У разі додавання НКХ до 5% вихід сирої клейковини як для борошна з сильною так і для борошна зі середньою клейковиною майже не змінюється (в межах чутливості методу). При максимальному вмісті НКХ зменшення виходу сирої клейковини для борошна з сильною клейковиною становить 10%, а для борошна зі середньою та сильною клейковиною – 8,7% відносно контрольних зразків. Отримані результати свідчать, можливо, про зменшення водневих зв'язків у білкових макромолекулах та часткову втрату ними властивостей зв'язувати та утримувати воду. Можливо це пов'язано з наявністю у складі НКХ жирів (11,0%). Відомо, що жири з'єднуються з білками за місцем неполярних груп і блокують взаємодію гідрофільних сполук з водою, внаслідок чого погіршується здатність клейковини до утворення міцної тривимірної структури.

Пружні властивості клейковини з обох зразків борошна в присутності НКХ наведено на рис. 2. При додаванні НКХ у кількості 0...5% до маси борошна змін показнику деформації стиснення на ВДК не відбувається, а при збільшенні концентрації добавки він дещо погіршується.

Для борошна із середньою за силою клейковиною значення цього показнику підвищується з 85 од. приладу у контрольному зразку до 91,1 у зразку з використанням 15% НКХ, тобто на 7,2%. У разі застосування борошна з сильною клейковиною зростання пружності становить відповідно 15,8% (з 65,6 до 76,0 од. приладу).

З експериментальних даних щодо дослідження здатності клейковини до розтягання та розпливання видно, що внесення НКХ у кількості понад 5% в процесі приготування тіста досить вагомо послаблює клейковину борошна, причому цей вплив більше помітний для борошна з сильною клейковиною – зокрема за максимального дозування НКХ здатність клейковини цього зразка до розтягання збільшується в 1,7 рази, в той час як для зразка №2 значення цього показника збільшується лише в 1,4 рази (рис. 3).

Тобто послаблення клейковини відбувається більш активно для борошна, в якому вона спочатку була сильнішою.

Оцінка здатності клейковини до розпливання корелює з цими даними (рис. 4).

У зразках з 15% НКХ для борошна з сильною клейковиною показник здатності до розпливання більше ніж в зразку без добавки на 8,9%, для зразку з середньою за силою клейковиною ця різниця складає 6,5%.

Аналіз результатів досліджень свідчить про те, що незалежно від початкових технологічних властивостей клейковини, додавання НКХ в концентраціях понад 5%

дещо знижує здатність пшеничного борошна до утворення клейковинного каркасу, послаблює пружні властивості клейковини.

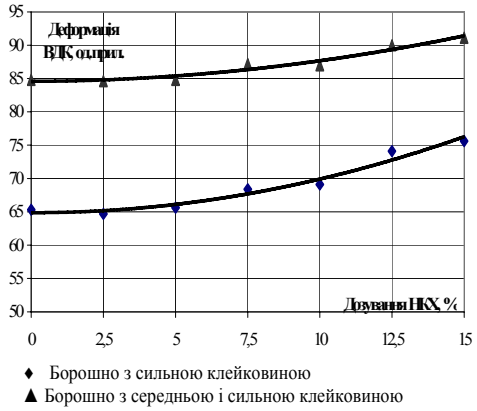


Рис. 2 Вплив НКХ на пружні властивості сирої клейковини

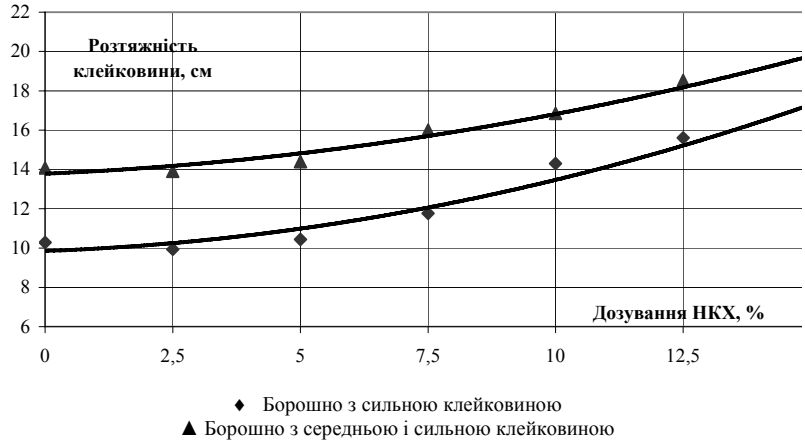


Рис. 3. Вплив НКХ на здатність клейковини до розтягання

Введення добавки у кількості до 5% не має на властивості клейковини майже ніякого впливу, що робить можливим використання НКХ в технологіях будь-яких борошняних виробів, навіть в тих, які потребують використання борошна з сильною клейковиною (макаронного, листкового, дріжджового, заварного, прісного).

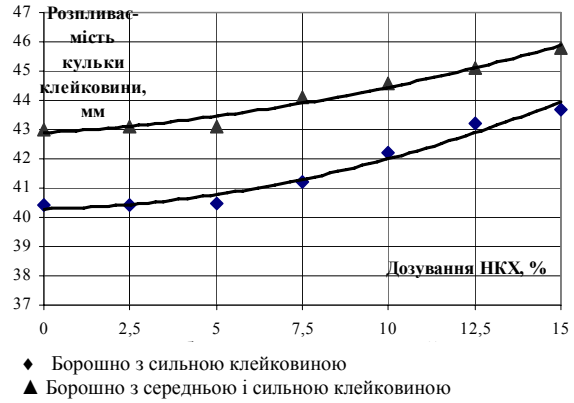


Рис. 4 Вплив НКХ на здатність клейковини до розпливання

Зважаючи на високий вміст в НКХ кальцію (до 15%), доцільним є його введення в харчові системи у максимальній кількості без погіршення споживчих властивостей кінцевого продукту.

Послаблення клейковини борошна є позитивним чинником для виготовлення пісочного, бісквітного або пряникового тіста, тобто тих виробів, які потребують пластичних видів тістового напівфабрикату.

Спектр застосування НКХ в технологіях борошняних виробів досить широкий за умов грамотного підбору його концентрацій.

Список літератури: 1. *Matkovic V, Kostial K.* et al. Bone status and fracture rates in two regions of Yugoslavia // Am. J. Clin. Nutr. – 1979. – 32. – P. 540-549. 2. *Sandier R. B.. Slemenda C.* et al. Postmenopausal bone density and milk consumption in childhood and adolescence // Am. J. Clin. Nutr. – 1985. – 42. – P.270-274. 3. *Matkovic V., Ilich J. Z.* Calcium requirements for growth: Are current recommendations adequate? // Nutr. Rev. – 1993. – 51. – № 6. – P. 171-180. 4. *Филлипова И.* Кальций – ионы здоровья // СПб: ИД «ВЕСЬ», 2003. – 128 с. 5.*Baron J. A., Beach M.. Mandel J. S.* Calcium supplements for the prevention of colorectal adenomas //N. Engl. J. Med. – 1999.– 34.– P. 101-107. 6. *Спиричев В. Б.* Сколько витаминов человеку надо. − М., 2000. − 185 с. 7. *Лапушенко О.В.* Завдання державного санітарно-епідеміологічного нагляду у забезпеченні державної політики в галузі харчування населення // Проблеми харчування. – 2003. – №1. – С. 5–7., Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – К. – 2002. – № 4. – С. 16. 8. *Игорянова Н.Я., Шухноов А.Ф., Спиричев В.Б.* и др. Обогащение пшеничной муки высшего и первого сорта витаминно-минеральной смесью//Вопросы питания. – 1994, №5. – с.5-8. 9. *Голенков В.А., Корячки на С.Я., Кладко О.Ю.* Исследование различных кальцийсодержащих добавок на

свойства теста и качество хлеба // Изв.вузов. Пищ.технол. Краснодар, 2000. – с.21. 10. *Троицкий Б.Н., Письменный В.В., Черкашин А.И.* Обогащене хлебобулочных изделий кальцием // Хлебопечение России. – 2005. – №3. – С. 14. 11. *Беляев М.И., Коршунова А.Ф., Дейниченко Г.В.* Пищевая ценность полуфабрикатов теста для выпечки на основе молочного белка // Известия вузов. Пищевые технологии. – 1989. – № 4. – С. 30. 12. *Голденко Г.В.* Использовние молочной сыворотки в кондитерском производстве// Молочная промышленность. – 1993. - №2. – С.16-18, 32. 12. *Жидков В.Е., Лодыгина В.Л., Бородина Н.В.* и др. Перспективы использования молочного белка в производстве кондитерских изделий // Известия вузов. Пищевые технологии. – 1997. - № 1. – С.36-37. 13. *Головко Н.П.* Технология нетрадиционного пастообразного полуфабриката из пищевой кости и его использование в производстве кулинарных изделий // Зб.наук.праць «Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв», ХДАТОХ. – Харків, 1999. – С. 117-119. 14. ТУ У15.1-01566 330-159-2004 Напівфабрикат кістковий харчовий. Технічні умови. – Харків, 2004. – 17 с. 15. *Черевко О.І., Головко Н.П., Серік М.Л., Подворчан Д.Є., Головко Т.М.* Проблема дефіциту сполук кальцію в харчуванні людини та шляхи її вирішення // Матеріали V міжнар. науково-практичної конференції «Валеологія: Сучасний стан, напрямки та перспективи розвитку» 12-14 квітня 2007. – Харків, 2007. – Т.2 – С.188-192. 16*Черевко О.І., Головко Н.П., Серік М.Л., Подворчан Д.Є., Головко Т.М.* Актуальність використання харчової кістки у технології кулінарної продукції // Матеріали міжнар. науково-практичної конференції «Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання, організація і економіка». – Донецьк: ДонНУЕТ, 2007. – С.40-41.

Поступила в редколлегию13.06.2009

УДК 665:37

ДЕМИДОВ І.М., докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»**,**
КРАМАРЕНКО А.О., НТУ «ХПИ»

ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАР ОКИСНЕННЯМ СОНЯШНИКОВОГО ФОСФАТИДНОГО КОНЦЕНТРАТУ

Фосфоліпіди є якісними поверхнево-активними речовинами (ПАР), що широко застосовуються в харчовій промисловості у комплексі з іншими емульгаторами. У статті розглянуто технологію одержання ПАР з підвищеними емульгуючими властивостями на базі соняшникового фосфатидного концентрату, що є ефективними при створенні прямих та зворотних емульсій без додавання інших ПАР.

В Україні відсутня індустрія поверхнево-активних речовин (ПАР). Всі ПАР, що використовує вітчизняна харчова промисловість є імпортного походження. Тому актуальною є задача розробки технології одержання ефективних ПАР на базі соняшникових фосфатидних концентратів (ФК), які у великих об’ємах випускає вітчизняна олійно-жирова промисловість.

ФК як такі є якісними емульгаторами [1, 2]. Однак вони недостатньо ефективні для підтримання стійких емульсій, особливо емульсій першого типу, тому їх використовують в комплексі з іншими емульгаторами, найчастіше, моно- і дігліцеридами олій [3]. Для одержання на основі ФК ефективних ПАР, які б можна було використовувати без додавання інших емульгаторів необхідно підвищити гідрофільні властивості ФК.

З цією метою соняшниковий ФК стандартного складу [4] піддавали окисненню в лабораторній установці, що складалась з реакційної колби, в якій підтримувалась підвищена температура завдяки застосуванню обігріваючого кільця та контактного термометру; контакт з киснем здійснювався при застосуванні компресору, якій

продував повітря через реакційну масу та, водночас, здійснював перемішування. Одержували реакційну масу, що відрізняється підвищеним вмістом карбонільних груп.

В залежності від умов досліду змінювали температуру – від 70 до 90°С, тривалість проведення процесу – від 5 до 8 годин, кількість пероксиду бензоїла (ініціатора вільно радикальної реакції окиснення) – від 0 до 0,004 %.

Отримані продукти окиснення показали більшу емульгуючу активність порівняно з неокисненими.

Для встановлення оптимальних технологічних параметрів процесу одержання окиснених фосфоліпідних емульгаторів був складений повний факторний експеримент для трьох факторів: Х1 – тривалість окиснення, °С; Х2 - температура, годин; Х3 - кількість пероксиду бензоїла, (табл. 1). Параметр відгуку – стійкість модельної емульсії, %, що перевірялась за стандартною методикою для прямих емульсій [5].

Склад модельної емульсії: олія - 65%, вода - 31%, кількість емульгатору - 4%. Емульсію готували в гомогенізаторі при 4000 об/хв. протягом 5 хв.

Таблиця 1

Матриця планування експерименту

№	X_0	Тривалість окиснення, год. X_1		Температура, ºС X_2		Концентрація пероксиду бензоїла, % X_3		Розшарена емульсія,%
		умов.	год.	умов.	ºС	умов.	%	
1	+1	-1	5	-1	70	-1	0	100
2	+1	+1	8	-1	70	-1	0	100
3	+1	-1	5	+1	90	-1	0	7,7
4	+1	+1	8	+1	90	-1	0	20
5	+1	-1	5	-1	70	+1	0,004	6,8
6	+1	+1	8	-1	70	+1	0,004	5,2
7	+1	-1	5	+1	90	+1	0,004	0
8	+1	+1	8	+1	90	+1	0,004	0

В результаті обробки результатів ПФЕ згідно з [6] визначили рівняння регресії, що виявилось адекватним та, з урахуванням коефіцієнтів, що випали:

$$y = 29{,}962 + 23{,}038x_2 + 26{,}96x_3 + 20{,}038\ x_2x_3 \qquad (1)$$

Аналіз отриманого рівняння дозволяє зробити висновок про те, що значимими факторами в заданому діапазоні значень є температура й наявність пероксиду бензоїлу. Фактор Х1 виявився не значимим у даному діапазоні параметрів, тому провели додаткові дослідження і встановили оптимальну тривалість окиснення – 4 години (на базі зразків окисленого впродовж 1, 2, 3, 4, 5 годин ФК готували емульсії зазначеного вище складу та перевіряли їх стійкість за методикою [5], одержали 100%-во стійкі емульсії за допомогою ФК, окисленого впродовж 4 і 5 годин).

Одержаний за визначеними оптимальними параметрами окиснення (температура – 90 °С, тривалість процесу 4 години, наявність пероксиду бензоїла в кількості 0,004%) емульгатор є більш ефективним за соняшниковий ФК, оскільки емульсії, одержані в однакових умовах з соняшниковим ФК розшаровувались на 14%, а з окисненим ФК не розшаровувались.

Для встановлення змін у складі ФК, що відбулись при його окисненні були визначені їх деякі якісні показники (табл. 2).

Для визначення того, чи саме фосфоліпіди є емульгаторами у окисненому ФК проводилось окиснення окремо олії та фосфоліпідів по зазначеній методиці. Якість одержаного емульгатору перевіряли так само. Окиснена олія при наступному складі модельної емульсії: олія - 65%, вода - 31%, кількість емульгатору - 4% не проявила

емульгуючої здатності – після перевірки емульсії на стійкість за тією ж методикою, що і раніше, вона розшарувалась на 100%.

Таблиця 2

Деякі якісні показники окиснених емульгаторів

Показники	Початковий ФК	ФК, окиснений впродовж			
		1 година	2 години	3 години	4 години
Пероксидне число, ммоль ½ О/кг	15,9	4,1	5,8	6,1	6,6
Кислотне число, мг КОН/г	20,2	18,7	22,0	27,3	36,5
Ефірне число, мг КОН/г	132	168	214	251	254
Карбонільне число, мг КОН/г	0	0,81	0,90	0,97	1,03
Йодне число, %J_2	81,7	75,4	68,8	67,2	63,7
Анізідинове число	17,8	23,8	26,3	28,7	30,2

Був вивчений вплив вмісту фосфоліпідів у ФК на стійкість одержаних модельних емульсій (табл. 3). При окисненні ФК зі вмістом фосфоліпідів 65% і вище в'язкість реакційної маси значно підвищувалась, що не давало можливості контактувати з киснем повітря у всьому об'ємі реакційної маси, в результаті окиснення такого ФК практично не відбувалося, що й видно з даних табл. 3. Стійкість емульсії перевірялась при вмісті окисненого емульгатору – 3 %.

Таблиця 3

Залежність стійкості емульсії, одержаної з використанням окиснених емульгаторів від вмісту в емульгаторах фосфоліпідів

№	Вміст фосфоліпідів у окисненому емульгаторі, % у перерах. на стеароолеолецитин	Стійкість емульсії, % нерозшареної емульсії
1	40,0	52
2	45,5	59
3	50,9	72
4	55,6	98
5	60,1	100
6	65,3	87
7	70,4	61

Таким чином, найбільш ефективним є емульгатор, одержаний з ФК, в якому вміст фосфоліпідів становить ~ 60 %.

Одержаний емульгатор, як і соняшниковий ФК, є досить темного кольору, що не є гарним показником. Тому для широкого використання емульгатору бажано знизити їх колірне число.

Знебарвлення проводилось пероксидом водню 33 %-вої концентрації. Пероксид водню вводився поступово невеликими порціями для запобігання виникнення піни. Знебарвлення відбувалось протягом однієї години при 80°С при повільному перемішуванні.

Колірне число початкового ФК становить 18 мг J_2/100 $см^3$, окисненого – 17 мг J_2/100 $см^3$. При знебарвленні окисненого ФК 1 %-м 33 %-го пероксиду водню за описаних умов колірне число зменшилося до значення 7 мг J_2/100 $см^3$ (жовтий колір),

при знебарвленні 3 %-ми 33 %-го пероксиду водню до значення 5 мг J_2/100 $см^3$ (світло-жовтий колір).

Сучасним вимогам промисловості щодо кольору емульгатору задовольняє ФК зі значенням колірного числа - 8 мг J_2/100 $см^3$ (згідно з аналізом показників продукції фірм Солае, Дегусса, Миелуна, Каргилл, АДМ, Райсленд, Лодерс-Крокланд), тому доцільно проводити знебарвлення при додаванні 1% 33%-го пероксиду водню за описаних умов.

Дані щодо підвищеної ефективності одержаного емульгатору були перевірені в науковій лабораторії УкрНДІОЖ УААН. Доведено, що розроблений емульгатор не поступається по ефективності свого пливу при одержанні маргаринів емульгатору, що широко використовується в харчовій промисловості – Danisco Dimodan (в основі – моно- та дігліцериди олій) та зберігає значення фізико-хімічних показників твердих маргаринів на рівні, що того вимагає діюча нормативна документація.

Для того, щоб остаточно утвердити розроблений емульгатор як харчовий необхідні дослідження у відповідних установах Мінздраву України.

Список літератури: **1.** *Тимофеенко Т.И.* Научно-практические основы конструирования продуктов фосфолипидной природы для функционального питания: автореф. дис. на пол. науч. степ. доктора техн. наук : спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / *Т.И. Тимофеенко*. – Краснодар, 2000. – 35 с. **2.** *Артеменко И.П.* Научно-практические основы применения подсолнечных активированных фосфолипидов в пищевой промышленности: автореф. дис. на пол. науч. степ. доктора техн. наук : спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / *И.П. Артеменко*. – Краснодар, 2002. – 35 с. **3.** Руководство по технологии получения и переработки растительных масел и жиров : в 6 т. – Л. : ВНИИЖ, 1975 – (АН СССР). Т. 3., книга первая. – 1975. – 789 с**.** **4.** СОУ 15.4-37-212: 2004. Концентрати фосфатидні. Технічні умови. **5.** Майонези. Правила приймання та методи випробовування : ДСТУ 4560:2006. – [Чинний від 2007-04-06]. – К., 2007. – 16 с. (Держспоживстандарт). **6.** *Бондарь А.Г.* Планирование эксперимента в химической технологии / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха. - К.: Вища школа, 1976. – 184 с.

Поступила в редколлегию13.06.2009

УДК 664.3:547

А.П. МЕЛЬНИК, докт. техн. наук;
О.М. ГЕТМАНЦЕВ, аспірант, НТУ “ХПІ”, м. Харків

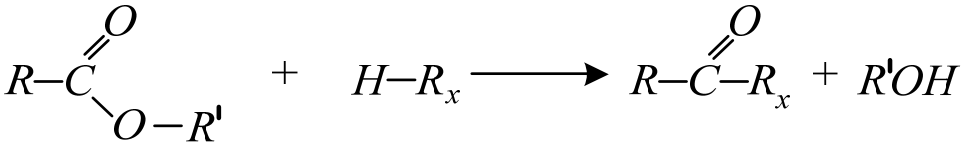
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ АМІДУВАННЯ БДЖОЛИНОГО ВОСКУ

Досліджено характеристики бджолиного воску. Розглянута реакція взаємодії діетаноламіну з бджолиним воском при мольному відношенні реагентів 1:1 в інтервалі температур 473 – 513 К протягом двох годин. Визначено порядок реакції та основні термодинамічні параметри.

Composition of beeswax was investigated. Reaction of interaction of beeswax with diethanolamine with molar ratio 1:1 under temperature range 473-513K during two hours was examined. Order of reaction and basic thermodynamic parameters were determined. Adsorptive ability of obtained products of reaction was investigated.

Продукти на основі восків знаходять широке застосування в різних галузях виробництва як сировина, так і як допоміжні матеріали [1]. Вони мають велике значення у виробництві пакувальних матеріалів, друкарських фарб, фармації, парфумерній галузі та при одержанні змащувальних матеріалів [1,2]. Зокрема відомо,

що в косметичних засобах використовують суміші восків з жирними спиртами в складах губних помад, туші для вій і т.п. В Україні відсутні необхідні для цих виробництв жирні спирти і поверхнево-активні речовини. Разом з цим відомо [3,4], що при взаємодії ефірів гліцерину і жирних кислот з амінами утворюються азотовмісні поверхнево-активні речовини, але відсутні дані щодо взаємодії амінів з восками, які за своєю природою є високомолекулярними естерами. Амідування, наприклад діетаноламіном восків, можно відобразити наступною реакцією:



де R - $-C_{31}H_{63}$;
R_x - $-N-(CH_2-CH_2-OH)_2$;
R' - $-C_{16}H_{33}$.

Продуктами цієї реакції є поверхнево-активні діетаноламіди жирних кислот, жирні спирти, які знаходяться у присутності залишків восків. Тому дослідження такої реакції, яка дозволить отримувати суміші зразу трьох компонентів є актуальними.

В зв'язку з цим мета роботи полягає у вивченні кинетики реакції взаємодії діетаноламіну (ДЕА) з бджолиним воском, як моделі рослинних восків.

В дослідженні використано бджолиний віск з наступними характеристиками: вміст вологи – 0,54 %, молекулярна маса (М) – 701,3 г/моль, ефірне число – 81 мг КОН/г, кислотне число – 15,1 мг КОН/г, температура топлення – 72°С.

Реакцію досліджено за змінами концентрації аміну при температурі 473 – 513 К в реакторі ідеального змішування, який обладнано обігрівальним елементом, автоматичним підтриманням температури з похибкою ± 0,2ºС, шляхом відбирання зразків реакційних мас через заданий проміжок часу. Поточні концентрації вихідного аміну визначено титруванням зразків реакційних мас 0,1 Н соляною кислотою [5]. Концентрації аміну, який вступив у реакцію перераховано у ступінь його перетворення в аміди.

Кінетичні залежності ступеня перетворення ДЕА в аміди при мольному відношенні реагентів 1:1 приведено на рис. 1.

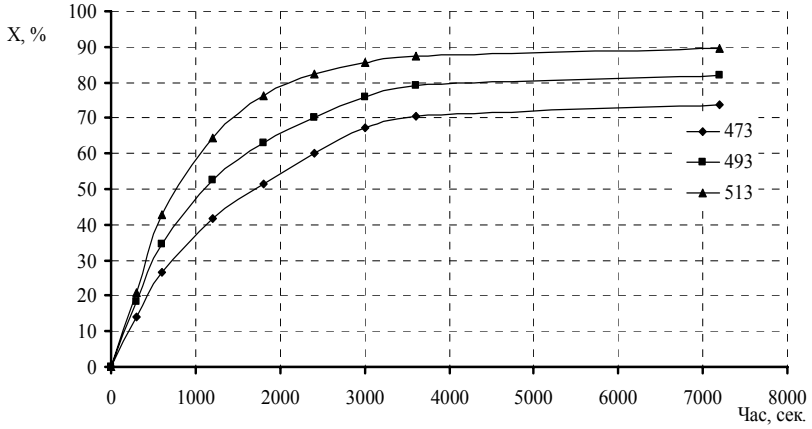


Рис. 1 – Залежності ступеня перетворення X діетаноламіну в реакції з восками від температури і часу реакції

З одержаних залежностей з'ясовано, що ступінь перетворення аміну плавно зростає впродовж ~1 години протікання реакції при всіх досліджених температурах. Подальше збільшення часу реакції до 2 годин приводить до зміни ступеня перетворення всього на 2 – 3 %. В той же час збільшення температури на 20ºС зумовлює збільшення ступеня

перетворення на ~10 %. Досягнута в таких умовах ступінь перетворення становить ~90%.

Встановлено, що залежності (рис. 1) лінеаризуються згідно [6] в координатах реакцій другого порядку Kt = f (τ) (рис.2) з коефіцієнтами апроксимації (R^2) > 0,99.

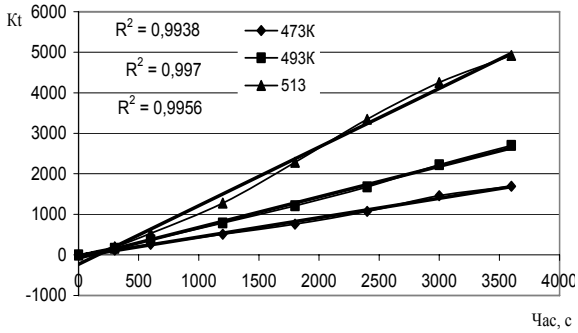


Рис. 2 – Залежність Kt від часу для реакції взаємодії восків з діетаноламіном

Тому можна стверджувати, що досліджувана реакція є реакцією другого порядку. За кутом нахилу прямих до осі τ визначено константи швидкості реакції. На основі знайдених констант швидкостей реакції розраховано термодинамічні параметри – енергію активації, ентальпію, ентропію, які наведено у табл. 1.

Одержані результати свідчать про те, що константи швидкості реакції взаємодії ДЕА і воску змінюються в межах $4{,}27\cdot10^{-2}$ – $14{,}45\cdot10^{-2}$, що свідчить про те, що ця реакція протікає повільніше, ніж реакція взаємодії ДЕА з триацилгліцеринами соняшникової олії [3,4].

Таблиця 1

Константи швидкості та термодинамічні параметри для реакції взаємодії воску з діетаноламіном

Температура (Т), К	Константи швидкості реакції, $k\cdot10^{-2},\cdot c^{-1}$	E_a, кДж/моль	H_a, кДж/моль	S_a, Дж/моль·К	k_o
473	4.77	40,91	-5,82	-205,66	1338,10
493	7.54				
513	14.45				

Продукти, які отримані за реакцією амідування бджолиного воску при температурах 473 – 513 К досліджено як емульгатори у системі олія-вода при їх концентраціях 0,25; 0,5; 1 % у порівнянні з моноацилгліцеринами пальмової олії (МГД) з $t_{пл.}$ = 65 С. (рис. 3)

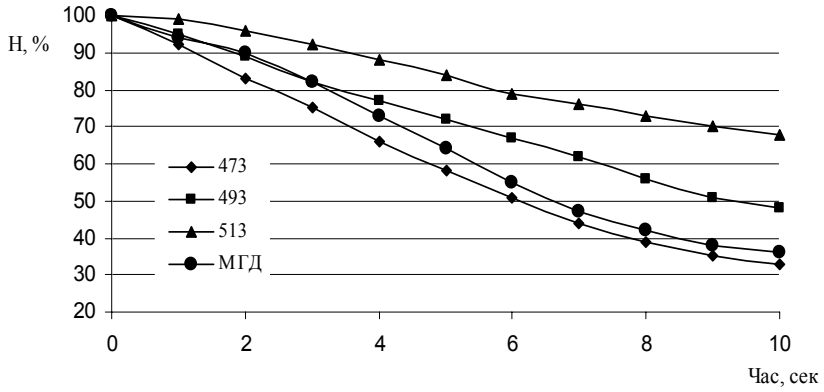


Рисунок 3 – Залежність висоти емульсії від часу для продуктів реакції у порівнянні з МГД пальмової олії.

З рис. 3 видно, що продукти реакції, які одержані при температурах 493 та 513 К є більш ефективними емульгаторами, ніж моноацилгліцерини пальмової олії, а продукти, які отримані при температурі 473 К не поступаються за емульгуючою здатністю моноацилгліцеринам пальмової олії. Тому отримані продукти амідування бджолиних восків можуть бути використані як замінники воску у різних галузях.

Висновки:

1. Амідуванням бджолиного воску ДЕА отримано суміш компонентів – діетаноламідів жирних кислот, жирні спиртів і восків.
2. Дослідженням кінетики реакції амідування восків, встановлено, що максимальний ступінь перетворення спостерігається впродовж ~ 1 години.
3. Порівняння одержаних кінетичних і термодинамічних параметрів амідування восків з параметрами реакції взаємодії ДЕА з триацилгліцеринами свідчить про те, що реакція амідування восків протікає повільніше.
4. Емульгуюча здатність одержаних продуктів реакції вища ніж ніж моноацилгліцеринів.

Список літератури: **1.** *Ивановский Л.В.* Энциклопедия восков. Воски и их важнейшие свойства. – Ленинград, 1956. – С. 17 – 35. ***2*** *Локтев С.М., Кліменко В.Л., Камзолкин В.В. и др.*Высшие жирные спирт. – Москва, 1970. – С. 48 - 52. **3.** *Мельник А.П., Матвєєва Т.В.* Дослідження кінетики утворення похідних алкілкарбонамідів із жирів // Вісник ХДПУ. 1999. Вип. 33. С. 46-48. **4.** *Мельник А.П., Матвєєва Т.В.* До питання дослідження кінетики утворення похідних алкілкарбонамідів із жирів // Вісник ХДПУ. 1999. Вип. 90. С. 66-68. **5.** *Мельник А.П., Папченко В.Ю., Гетманцев А.М.* Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 10. С. 28 – 32. **6.** *Піх З.Г.* Теорія хімічних процесів органічного синтезу: Навч. посіб. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2002. – С.214 - 234.

Поступила до редколегії 00.00.2009

УДК 664.3

И.Н. ДЕМИДОВ, докт. техн. наук, проф.. НТУ «ХПИ»;
А.И. ЗЛАТКИНА, аспирант, НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ ЭТАНОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

У статті розглядається спосіб одержання харчових поверхнево-активних речовин за допомогою процесу алкоголізу. Проаналізований вплив умов проведення процесу на властивість одержуваних продуктів (зниження міжфазного натягу системи «вода – олія»).

In the article the method of receiving of food superficially active matters is examined by the process of alcoholysis. The influence of terms of leadthrough of process on property of the got products (the decline of the betweenphase pulling of the system «water – oil») is analysed.

В современных условиях развития рынка жировых продуктов использование пищевых поверхностно-активных веществ существенно возросло в последние годы. Производство пищевых ПАВ занимает значительный объем среди продуктов «малой химии» передовых стран.

До сих пор особенным спросом на предприятиях пищевой промышленности пользуются годами проверенные эмульгаторы, например, моноглицериды дистиллированные. Однако существующий процесс их получения – глицеролиз жиров с последующей молекулярной дистилляцией, – процесс технологический сложный и довольно дорогой. К тому же, в Украине на сегодняшний день нет предприятий, выпускающих этот необходимый для пищевой промышленности продукт. Все предприятия пищевой промышленности вынуждены приобретать пищевые ПАВ у зарубежных производителей по высокой цене. Поэтому поиск новых путей получения

пищевых ПАВ для условий отечественных предприятий (относительно недорогое сырье, существующее оборудование) является актуальной задачей.

На кафедре технологии жиров Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» изучается возможность получения пищевых ПАВ путем алкоголиза жиров.

Предыдущие исследования процесса алкоголиза пищевого жира с абсолютным этиловым спиртом [1] показали возможность получения веществ с содержанием моноацилглицеринов 26,1 %. Было предположено, что при увеличении количества вводимого спирта время процесса можно сократить до 2,5 – 3 часов. Был проведен эксперимент реакции алкоголиза пальмового стеарина с этиловым спиртом при мольном соотношении компонентов 1:15 (приблизительно 1:1 масс.) и температуре реакции 75º С – температуре, близкой к кипению этилового спирта (в качестве катализатора использовалась алкилбензолсульфокислота). Результаты анализа полученных веществ на содержание МАГ приведены на рисунке 1.

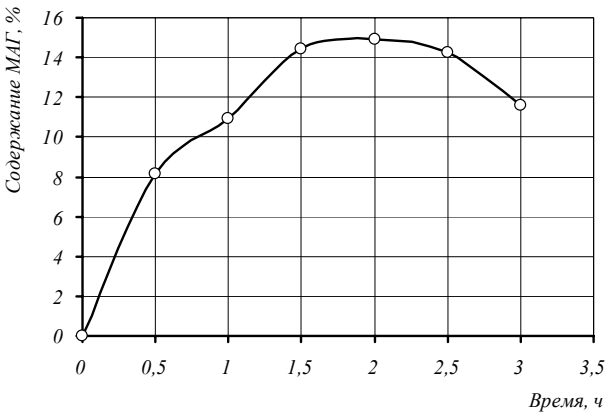


Рис. 1 – Зависимость содержания МАГ в продукте от времени проведения процесса (этанолиз при 75 ºС)

Как видно, к 2-м часам проведения реакции был достигнут максимум содержания МАГ, он составил 15 %. Это число оказалось ниже ожидаемого почти в два раза. Это может свидетельствовать о недостаточной температуре проведения процесса.

Далее было принято решение провести процесс и анализ полученных продуктов при увеличении температуры процесса (при этом компоненты брать в прежнем соотношении 1:3). Процесс алкоголиза пальмового стеарина с этиловым спитом в мольном соотношении 1:3 и температуре процесса 120 ºС проводился в металлических пробирках, которые погружались в масляную баню для поддержания необходимой температуры; реакция велась при постоянном перемешивании. Результаты содержания МАГ в продукте приведены на рисунке 2.

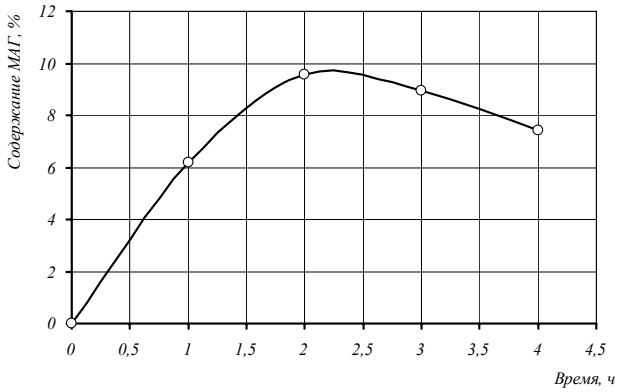


Рис. 2 – Зависимость содержания МАГ в продукте от времени проведения процесса (этанолиз при 120 ºС)

На рисунке 2 видно, что содержание МАГ в продукте в своем максимуме не превышает 10 %. Такое низкое число может быть объяснено недостаточным

количеством вводимого в реакцию этилового спирта. Однако результаты измерения межфазного натяжения системы «Вода-масло» с введением полученных образцов по модифицированной нами методике [2], которые приведены на рисунке 3, говорят о достаточно хороших поверхностно-активных свойствах полученных веществ.

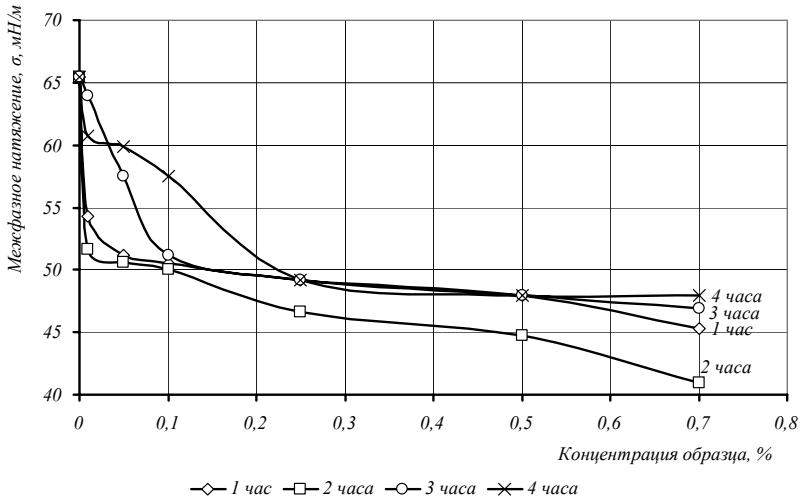


Рис. 3 – График зависимости межфазного натяжения системы «Вода – масло» от концентрации вводимых ПАВ (этанолиз – 120 ºС)

Подобное явление можно объяснить присутствием в продукте диацилглицеринов, также образующихся в ходе реакции этанолиза.

Далее был проведен аналогичный процесс и анализ полученных продуктов при температуре реакции 140 ºС. Результаты приведены на рисунках 4 и 5.

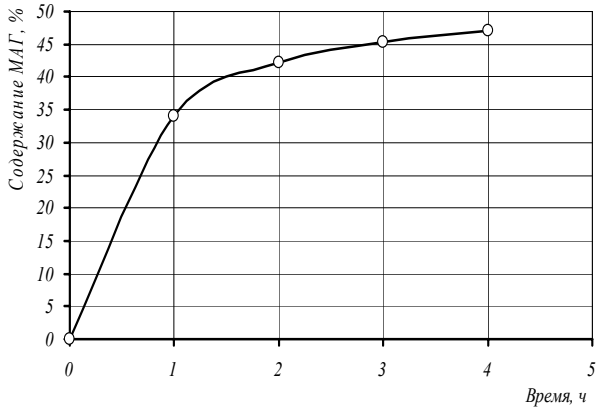


Рис. 4 – Зависимость содержания МАГ в продукте от времени проведения процесса (этанолиз при 140 ºС)

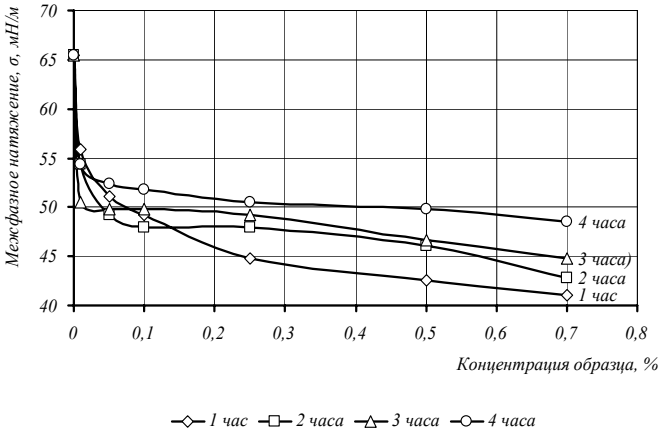


Рис. 3 – График зависимости межфазного натяжения системы «Вода – масло» от концентрации вводимых ПАВ (этанолиз – 140 ºС)

Анализируя данные, представленные на рисунках 4 и 5, можно сделать вывод о целесообразности проведения данной реакции при температуре 140 ºС всего 1 час. Образец «1 час» при наличии в нем моноацилглицеринов в количестве около 35% дает лучшее снижение межфазного натяжения системы «Вода – масло». Этот факт также можно объяснить присутствием в продукте достаточного количества диацилглицеринов, которые в комплексе с МАГ обладают поверхностно-активными свойствами, а также являются необходимыми компонентами в рационе питания человека.

Описанные процессы проводились в присутствии в качестве катализатора АБСК. В настоящий момент проведены исследования по разработке процесса получения поверхностно-активных веществ, которые могут быть применены в пищевой промышленности без предварительной очистки. Этот процесс находится на стадии патентования, поэтому в данной статье не приводится.

Выводы:

В результате проведенной работы:

- установлено влияние различных факторов (количество вводимого в реакцию этилового спирта, температуры процесса) на содержание моноацилглицеринов в продукте;
- определено поверхностно-активное свойство (снижение межфазного натяжения системы «вода – масло») продуктов алкоголиза пальмового стеарина с этиловым спиртом, полученные при повышенной температуре;
- полученные результаты свидетельствуют о возможности перехода отечественных предприятий от покупки пищевых ПАВ у зарубежных поставщиков на собственное, достаточно экономное, производство.

Список литературы: 1. *Демидов И.Н.* Использование реакции алкоголиза для получения пищевых поверхностно-активных веществ / *И.Н. Демидов, А.И. Златкина* // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2007. – № 27. – С. 87–92. **2.** *Мельник А.П.* Методические указания к лабораторной работе «Метод определения межфазного натяжения по объему капли, отрывающейся от конца капилляра» для студентов 6 курса заочного обучения специальности «Технология жиров» специализации «Технология синтетических жиров и моющих средств / *А.П. Мельник, В.И. Корх*. – Харьков: ХПИ, 1985. – 14 с.

Поступила в редколлегию 05.06.09

УДК 66.061.34

МАТЮХОВ Д. В., НТУ «ХПІ»**,**
КИСЕЛЬОВА Н. М., НТУ «ХПІ»

ВПЛИВ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ЯДРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА ТИСКОМ НА СТУПІНЬ РУЙНАЦІЇ КЛІТИННИХ СТРУКТУР

В статье предложена методика определения фактического содержания невскрытых клеток в масличном материале. Приведенные данные характеризуют способность к экстракции жмыха, полученного непосредственно из ядра подсолнечника в зависимости от условий прессования. Сделаны выводы о влиянии последних на результат экстракции.

Technique of the actual content determination of undestructed cells in oil-bearing material has been proposed in the paper. Data for characterizing of extractive ability of oil-cake, obtaining directly from sunflower kernels in dependence on pressing condition were received. Conclusions about advantages and shortcomings for each case have been done.

Постановка проблеми. На теперішній час існує ряд досліджень, [1, 2] в яких розвивається ідея використання ядра насіння соняшника [3] у процесах пресування і екстракції, які об’єднує вилучення з цього виду сировини олії. Повнота, швидкість вилучення олії разом з якістю отриманих продуктів становлять головний інтерес досліджень у даному напрямку.

Раніше [4, 5] була показана принципова можливість отримання за схемою: „пресування ядра соняшнику – екстракція” шроту із вмістом олії близько 1,5 %. Але наскільки ця цифра розкриває потенціал процесу, і в якій залежності знаходиться цей

показник від умов переробки ядра - залишається питаннями, до повного висвітлення яких ще далеко. В усіх згаданих джерелах у якості міри придатності до екстракції макухи, отриманої прямим пресуванням ядра насіння соняшника є так звана „кількість розкритих клітин", яка за прийнятими в аналітичній практиці методиками [6] може визначатися або як функція ступеню подрібнення, або за методом моментального збовтування. Жоден з цих методів не підходить для характеристики даного продукту, оскільки макуха не проходить стадію подрібнення, має відмінну від звичної структуру, а отже і вміст так званої „вільної олії". За результатами аналізів [4, 5] кількість розкритих клітин у макусі становить 70 – 86%, що не відповідає рівню залишкової олійності 2 – 4%. З робіт [7, 8] також відомо, що швидкість екстракції з нерозкритих клітин олійної сировини дуже мала: до декількох відсотків за перші години, а потім вона різко зменшується.

Мета дослідження. Запропонувати адекватну кількісну характеристику придатності соняшникової макухи до екстракції. Встановити залежності показників ефективності екстракції від тиску металевих частин пресу на соняшникове ядро та способу реалізації тиску.

Теоретичне обґрунтування ідеї. За основний постулат було взято припущення, що всі клітини олійного матеріалу в результаті пресування принципово поділяються на розкриті та нерозкриті. Приймаючи, що час ефективної екстракції з нерозкритих клітин перевищує час, необхідний для вилучення олії з розкритих як мінімум на порядок-два, приходимо до висновку, що в умовах лабораторної екстракції в межах годин можна відокремити олію, яка знаходиться у розкритих клітинах від тієї, що залишається в закритих.

За визначенням „кількість розкритих клітин" – це частка розкритих клітин від їх первинної кількості. Якщо олія по клітинах розподілена рівномірно, можемо замінити кількість клітин на кількість олії, в них. Тоді, щоб знайти кількість розкритих клітин потрібно знати кількість олії у наважці сировини і кількість олії у закритих клітинах отриманого з наважки матеріалу. Однак не завжди є можливість дослідити початкову сировину чи визначити втрати речовини матеріалу. Тому простіше перейти до кількості нерозкритих клітин у матеріалі, визначивши її як відношення вмісту олії у цих клітинах до загальної олійності матеріалу. Потрібно зауважити, що при цьому може порушуватись припущення про рівномірний розподіл в матеріалі за олією: кількість вільної олії може бути різним. Тому для макух і шротів пропонується кількість олії із закритих клітин відносити до абсолютно сухої речовини обраного продукту (знежиреної чи не знежиреної, виходячи з конкретного випадку).

Експериментальна частина. Як саме знайти кількість олії, що залишається у закритих клітинах, дає уявлення картина експерименту, представлена схемою (див. рис. 1).

Для цього ядро насіння соняшника (високоолійний сорт „Пузанок" вологістю 4%) піддавали пресуванню на лабораторному гідравлічному пресі у два способи: між металевими пластинами в один шар; в зеєрному циліндрі. Таким чином далі отримували дві серії даних, в залежності від тиску пресування. Кількість олії, виділеної після пресування, не визначалась. Мета першого етапу екстракції – у порівнянні оцінити ефективність вилучення олії у раціональних умовах. Другий етап екстракції за задумом повинен був прибрати всю олію з розкритих клітин макухи. Після чого в отриманому шроті за стандартною методикою визначалася залишкова олійність з обов'язковим розтиранням гранул чи пелюстки макухи до пилоподібного стану.

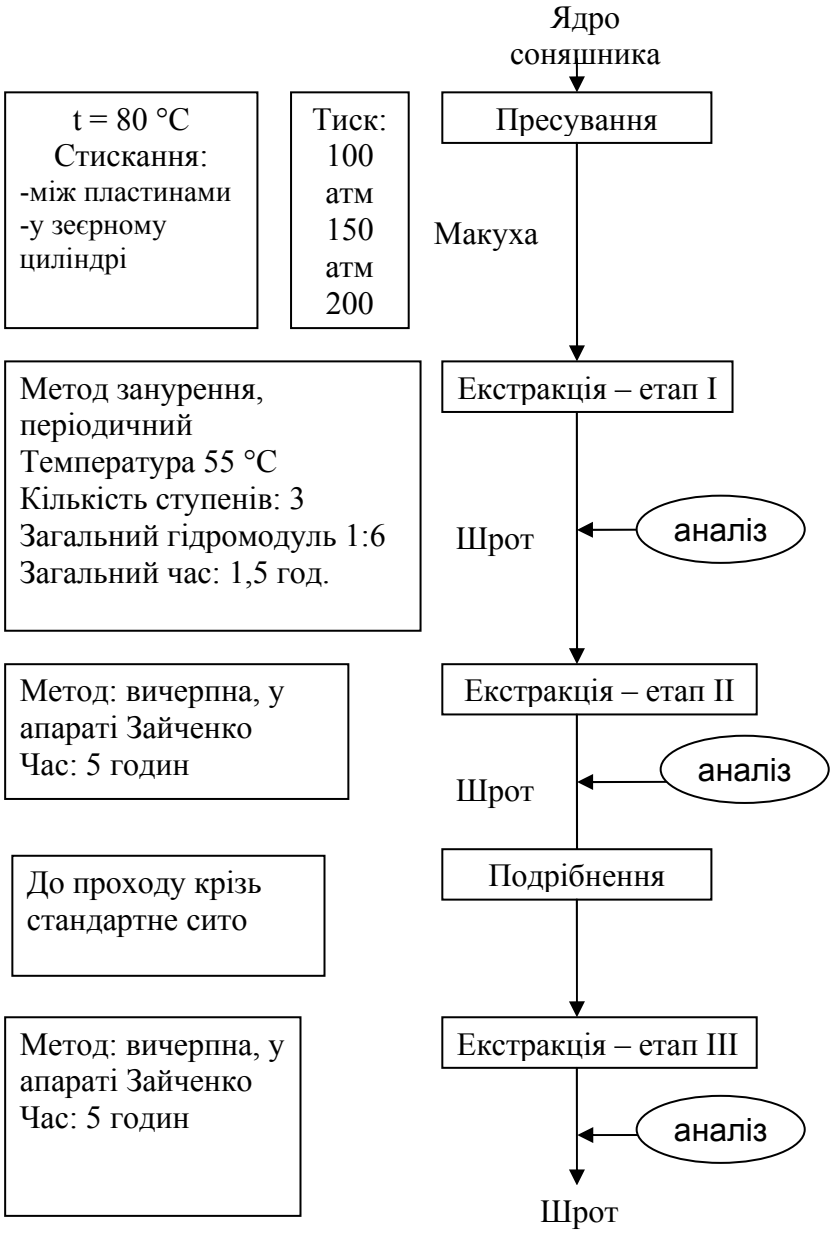


Рис. 1 План-схема експерименту

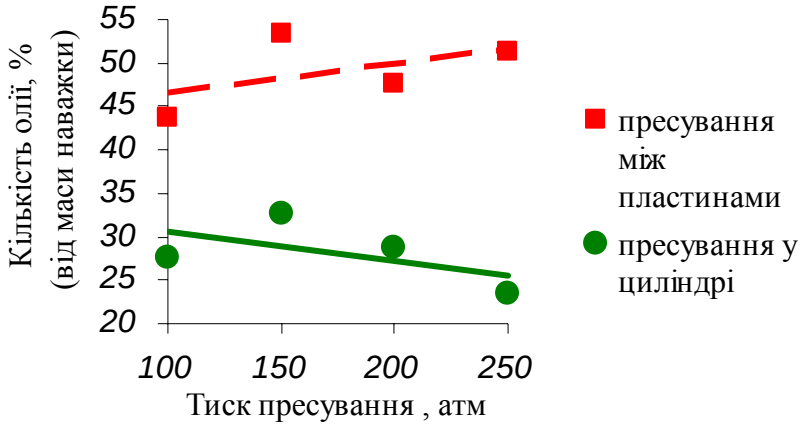


Рис. 2. - Кількість олії, вилученої з макухи екстракцією в залежності від умов пресування (етап I)

На рисунках 2 – 4 подано результати експерименту. Слід звернути увагу, що кількість екстрагованої олії відносилась до маси наважки того продукту, який

екстрагувався в перерахунку на абсолютно суху речовину. Для шроту у зв'язку з малою його кількістю вміст вологи приймався рівним нулю. Шрот підсушувався перед наступним етапом екстракції до постійної ваги.

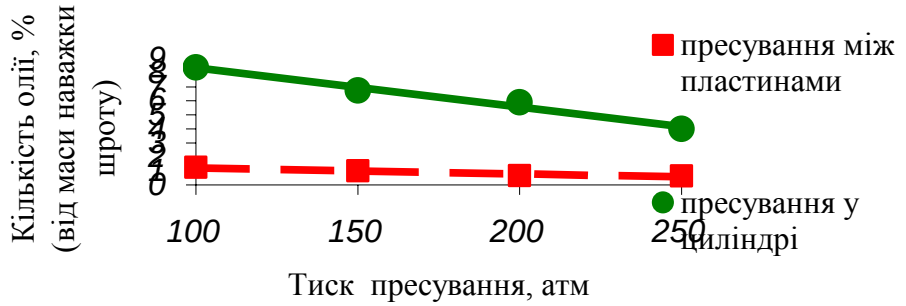


Рис. 3 - Кількість олії, вилученої зі шроту в залежності від умов пресування (етап II)

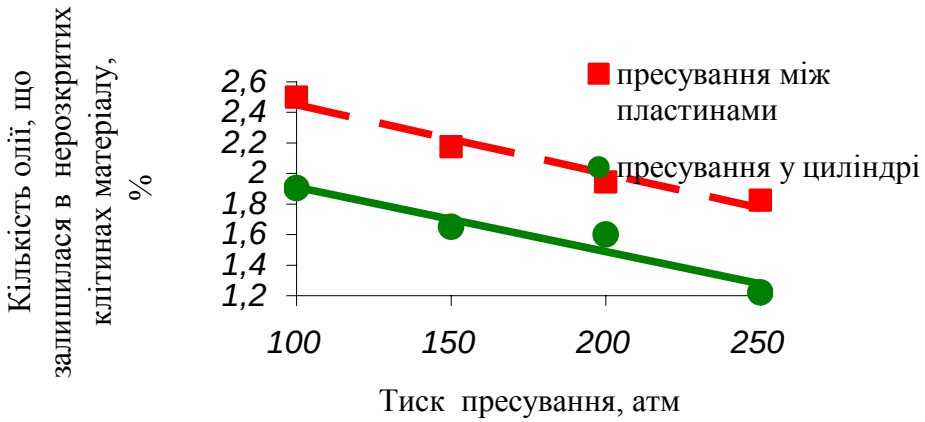


Рис. 4 - Вміст олії у нерозкритих клітинах матеріалу в залежності від умов пресування (етап III)

Обговорення результатів. Випадкові явища, такі як коливання температури під час пресування, неоднорідність маси соняшникового ядра, нерівномірна якість поверхні пластин, втрати матеріалу крізь зеєрні щілини не дозволяють з високим ступенем відтворювання визначити кількість олії, яку отримують під час першого етапу екстракції, але можна констатувати, що у таких лабораторних умовах: час – 2 години, гідромодуль 1:6, трикратна заміна розчинника (петролейний ефір) з пелюстки, отриманої пресуванням між пластинами видаляється від 45 до 52 % олії (рис.2) проти 22 – 33% - з гранул (продукту пресування у зеєрному циліндрі). Це підтверджує, що форма і структура пелюстки прямого пресування вигідніше для екстракції. Вплив тиску з огляду на розподілення результатів майже непомітний.

Олію, що проекстрагувалась на першому етапі з пелюстки можна сміливо віднести до «вільної», тобто такої, що знаходиться на макроповерхні матеріалу і для вилучення якої роль молекулярної дифузії є незначною. Це доводить рис. 3. Кількість олії, яка видаляється з пелюстки на цьому етапі незначна (від 1 до 0,5 % від маси наважки). Навпаки – кількість проекстрагованої олії з гранул під час другого етапу (вичерпної екстракції з розкритих клітин.) повільно продовжує зменшуватись в залежності від тиску пресування соняшникового ядра з 8,5 % до 4,5 %.

На рис. 4 подано результати визначення кількості олії в закритих клітинах шроту. Взяте як відношення олії закритих клітин до маси шроту, цей показник добре і наочно характеризує придатність до екстракції макухи, отриманої за відповідних умов. З рис. 4 видно, що ступінь руйнації клітин в гранулах, отриманих пресуванням в зеєрному

циліндрі, вище ніж у пелюстці. Кількість олії в закритих клітинах становить для гранул від 1,2 до 1,9 % в залежності від тиску пресування. Для того ж інтервалу тиску пелюстка містить в закритих клітинах 1,9 – 2,5 % олії.

Висновки. В результаті дослідження запропоновано нову характеристику придатності олійного матеріалу до екстракції і методику її визначення. Винайдено, що для пелюстки і гранул, отриманих безпосередньо з ядра насіння соняшника, прийнятним тиском пресування може вважатись тиск 200 – 250 атм., що відповідає рівню цього технологічного показника у сучасних, але морально застарілих шнекових пресах. Вміст олії у закритих клітинах шроту становить за цих умов від 1,2 до 2 %.

Список літератури: 1. Дослідження впливу підготовки ядра соняшнику на повноту екстракції олії // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : матеріали XVI міжнар. наук.-практ. конф., 4-6 червня 2008 р., Харків: у 2 ч. – Ч.2 / оргкомітет: *Л.Л.Товажнянський* (голова). – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 464 с. - С. 19. **2.** Дослідження екстракції олії з пелюстки ядра соняшника органічним розчинником // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : матеріали XVI міжнар. наук.-практ. конф., 4-6 червня 2008 р. Харків: у 2 ч. – Ч.2 / оргкомітет: *Л.Л.Товажнянський* (голова). – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – С. 20. **3.** *Іхно М. П.* Науково-практичні основи отримання та використання харчового безлушпинного ядра соняшника : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.18.06 «Технологія жирів, ефірних масел та парфумерно-косметичних продуктів» / М. П. Іхно. – Харків, 2007 – 30 с. : іл., табл.. – Бібліогр.: с. 24-28. **4.** Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка теоретичних основ технології нових харчових продуктів з використанням рослинних білків» / *М. П. Іхно* [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Харківський державний політехнічний університет. – Харків, 2000. – 44 с., № держреєстрації 0198U005688. **5.** Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологий новых пищевых продуктов на основе ядра семян подсолнечника – заменителя животных белков и жиров» / *Н.П. Ихно* [и др.] ; М-во образования и науки Украины, НТУ «ХПИ». – Харьков, 2003. – 87 с., № госрегистрации 0101U001800. **6.** Лабораторный практикум по технологии производства растительных масел / *В.М. Копейковский, А.К. Мосян, Л.А. Мхитарьянц, В.Е. Тарасов*. – М.: Агропромиздат, 1990. – 191 с. **7.** Исследование по экстракции масличных семян / *А. М. Голдовский* // Труды ВНИИЖ // Технология и химия производства растительных масел. – 1952. – Выпуск XIV. – 160 с. **8.** *Гавриленко, И. В*. Маслоэкстракционное производство. – М. : Пищепромиздат, 1960. – 245 с.

Поступила в редколлегию 03.06.2009

УДК 67.02:664.871:664.957

І.В. ЧОНІ, к.т.н., доцент ПУСКУ, Полтава

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПОХІДНИХ СОУСІВ НА ОСНОВІ СОУСІВ ЗАКУСОЧНИХ

У статті наведено дослідження, які дозволили розробити похідні соуси, що дає можливість розширити асортимент і регулювати енергетичну цінність раціонів.

Аналіз існуючих технологій виробництва емульсійних соусів показав основні переваги і недоліки, що мають місце в технологічному процесі виробництва соусів за використання стабілізаторів штучного походження. Доведено, що актуальним напрямком розробок є добір структуроутворювачів рослинного походження, а саме круп'яного борошна. Тому передумовою для обґрунтування рецептурного складу соусів є, насамперед, результати дослідження модельних емульсій, розроблені з урахуванням виду борошна, особливостей його підготовки до виробництва для отримання емульсій з максимальними показниками стабільності при відповідних органолептичних показниках, можливості регулювання вмісту жирового компонента. Необхідно відзначити, що загальні тенденції

сучасного харчування спрямовані на створення й споживання продукції з широким діапазоном енергетичної цінності (низько-, середньо- та висококалорійної) [1].

Проведені дослідження дозволили обґрунтувати й розробити рецептури й технологію соусів закусочних основних з використанням борошна вівсяної та перлової круп. При розробці похідних соусів використовувалися основні соуси з різним вмістом жиру, що дає можливість розширити асортимент і регулювати енергетичну цінність раціонів. Сучасні вимоги до асортименту, смакових характеристик кулінарної продукції припускають більш широкий спектр соусів. Із цією метою нами розроблено асортимент похідних соусів, формування якого здійснювалося шляхом введення наповнювачів (гарнірів), які умовно можуть бути об'єднані в наступні групи: овочеві, гастрономічні, продукти рибні, м'ясні; молочні; шоколад [2].

На підставі технологічних відпрацювань розроблено і затверджено в установленому порядку нормативну документацію ТУ У 15.8-01597997-001-2004 “Соуси закусочні з борошном злакових” та технологічну інструкцію з їх виготовлення. Технічні рішення за новизною підтверджено патентами № 3165 та №70685. Харчова цінність соусів багато в чому визначається як складом основних рецептурних компонентів, так і добавками (гарнірами), що вводяться в соус (білоквмісні компоненти, овочі і т.ін). Характеристика органолептичних показників соусів закусочних похідних наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика органолептичних показників соусів закусочних похідних

Найменування соусів	Характеристика соусів		
	Зовнішній вигляд і консистенція	Смак і запах	Колір
Для асорти-менту, що розроблено	однорідна сметаноподібна (в’язко текуча) консистенція з рівномірно розподіленими частинками наповнювачів (або без наповнювачів):	приємний, в міру солоний і гострий, без стороннього присмаку і аромату з вираженим смаком і ароматом наповнювачів:	властивий сировині, яка входить до складу, без стороннього:
“Тартар”	подрібнених маринованих огірків	маринованих огірків	з включеннями часток огірків світло кремового кольору із зеленуватим відтінком
“Грибний”	подрібнених грибів маринованих	грибів маринованих	кремовий з включеннями часточок грибів
“З копченою куркою”	подрібненого філе курки	копченої курки	кремовий з включеннями часточок курки
“З баликом”	подрібненого балику	балику сирокопченого	світло-кремового з включеннями часточок балику сирокопченого
“З сиром”	тонко подрібненого сиру твердого	сиру твердого	світло-кремового з включеннями часточок сиру
“З креветка-ми”	подрібнених креветок	креветок відварених	світло-кремового з включеннями рожевого кольору подрібнених креветок
“Сациві”	горіхів грецьких, часнику	часнику та горіхів	від світло-кремового до кремового з включенням часточок часнику та ядер горіхів
“Шоко-ладний”	часточок шоколаду	шоколаду	від світло-кремового до кремового з включенням часточок шоколаду (чорного або білого)

Похідні соуси готувалися на основі 50% соусу закусочного основного. Фізико-хімічні показники соусів закусочних похідних представлено у табл. 2.

Необхідно відмітити, що соуси – не самостійні продукти харчування, а використовуються під час приготування й реалізації страв, кулінарних виробів. Тому вміст жиру в рамках одного виду соусу створює можливість його підбору до страв у відповідності з принципами раціонального харчування [3].

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники соусів закусочних похідних

Найменування соусу	Найменування показників для соусів			
	Масова частка, %		Кислотність*, %	Стійкість емульсії, %
	жиру	вологи		
“Тартар”	45,1±0,9	52,4±1,8	0,30±0,2	99,0±1,0
“Грибний”	45,2±1,0	52,0±1,6	0,18±0,1	99,0±1,0
“З копченою куркою”	55,1±1,1	35,2±1,2	0,16±0,1	99,0±1,0
“З баликом”	45,3±1,0	46,9±1,3	0,17±0,1	99,0±1,0
“З сиром”	53,4±1,2	40,0±1,2	0,24±0,2	99,0±1,0
“З креветками”	45,1±1,2	48,5±1,3	0,17±0,1	99,0±1,0
“Сациві”	49,0±1,2	43,7±1,3	0,16±0,1	99,0±1,0
“З цукатами”	45,1±1,1	49,6±1,2	0,16±0,1	99,0±1,0
“Шоколадний”	49,0±1,0	45,3±1,1	0,20±0,1	99,0±1,0
* в перерахунку на оцтову кислоту				

З урахуванням харчових звичок, національних традицій нами запропоновано рекомендації з використання розроблених соусів при виробництві та реалізації готової продукції (табл. 3).

Таблиця 3

Рекомендації з підбору соусів закусочних до страв

Найменуван-ня соусу	Групи страв						
	Овочеві страви	Страви з відваре-ної риби	Страви зі смаженої риби	Страви з відвареного м'яса	Страви зі смажено-го м'яса	Страви з мака-ронних виробів	Со-лодкі страви
“З копченою куркою”	+					+	
“Сациві”		+	+			+	
“З креветками”	+	+				+	
“Тартар”	+			+	+		
“Грибний”	+	+		+	+	+	
“З сиром”	+	+		+		+	
“З баликом”	+			+		+	
“З цукатами”				+	+		+
“Шоколадний”							+

Модельні експерименти дозволили визначити умови підготовки сировини, основний рецептурний склад стабілізуючої основи та емульсій на її основі при регульованому вмісті жирового компоненту.

Дослідження модельних емульсій з використанням борошна вівяної чи перлової круп (визначення емульгуючої ємкості, стійкості, органолептичних показників) в залежності від різних факторів (виду та концентрації борошна, умов отримання борошняної суспензії)

дозволили встановити оптимальні співвідношення борошна та води – 1:13…1:11. Доведено, що такий гідромодуль забезпечує отримання стійких емульсій за вмісту олії до 74% з органолептичними та структурно-механічними показниками, які відповідають вимогам до даної продукції.

Таким чином, виходячи з результатів дослідження модельних систем, на етапі виробництва соусу закусочного основного обґрунтовано наступну послідовність технологічного процесу соусів похідних рис. 1.

Нові види соусів розроблені з використанням недорогої та доступної сировини вітчизняного виробництва, не містить консервантів та барвників, має високу харчову та біологічну цінність. Дані соуси емульсійного типу з борошном злакових можуть бути рекомендовані для широкого кола споживачів, в тому числі для дитячого та дієтичного харчування. Якість харчових продуктів може бути оцінена з точки зору їх харчової та біологічної цінності, екологічної чистоти та характеристики мікробіологічних показників продукції, щойно приготовленої та в процесі зберігання [4]. Безпосереднім результатом впровадження науково-дослідної розробки є створення принципово нової або удосконалення існуючої продукції з метою збільшення обсягів виробництва. В кінцевому випадку результати науково-дослідної розробки зводяться до задовольняння відповідних громадських і приватних потреб соціального, екологічного та іншого характеру з мінімальними витратами праці.

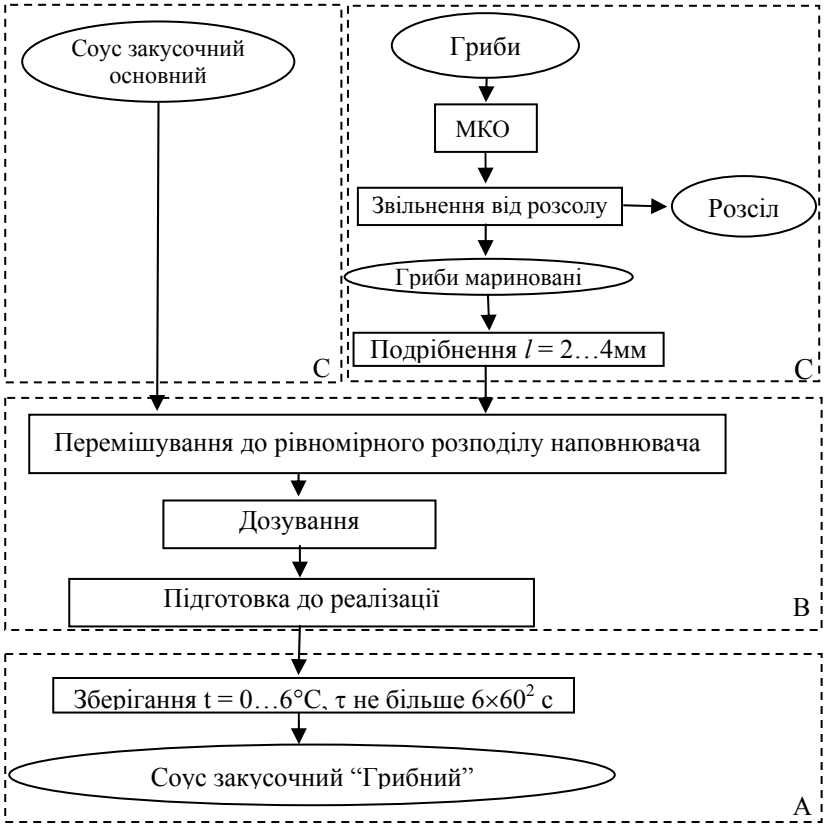


Рис. 1. Технологічна схема виробництва соусу закусочного "Грибного" на основі соусу основного на вівсяному борошні

Науково обґрунтовано та розроблено технологічну схему та рецептуру соусів похідних. Визначено закономірність формування дисперсійного складу жирової фази емульсії в залежності від виду борошна.

Список літератури: **1.** *Абдрахманова А.М.* Использование нетрадиционных наполнителей в производстве средне- и низкокалорийного майонеза. // Совершенствование технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции в современных условиях:

Материалы межд. науч.-практ. конф. Волгоград, 13-14 жовт. 1999 р.. Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. ун-та, 1999. – С.161-163. **2.** *Абрамзон А.А., Славина З.Н.* О стабильности эмульсий. // Коллоидный журнал. – 1973. – Т.35, №10. – С. 25-28. **3.** *Бахмач В., Подаревська О., Тимохін В.* Модельні емульсії для майонезів // Харчова і переробна промисловість. – 2003.– №2. – С.19-20. **4.** *Глебова Н.В.* Исследование пенообразующих свойств круп и бобовых для разработки технологии молочно-крупяных десертов: Автореф. дис. … канд. техн. наук / Оловский государственный технический университет.- Орел, 2004 – 22с.

Поступила в редколлегию 01.06.2009

УДК 664.871:6001.08

І.В. ЧОНІ, к.т.н., доцент ПУСКУ, Полтава

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНОГО ХАРАКТЕРУ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОУСІВ ВИГОТОВЛЕНИХІЗ ЗАСТУВАННЯМ БОРОШНА ЗЛАКОВИХ

В статті за допомогою математичних досліджень встановлено, неврахування нелінійного характеру залежності властивостей соусів, які містять природні речовини комплексної дії призводить до суттєвих помилок при плануванні властивостей таких соусів.

Відомо, що в основу технології виробництва продуктів емульсійного типу покладено процес отримання високодисперсних емульсій.

Емульгування – складний процес на який впливає багато факторів, в тому числі вид механічного впливу, температура, співвідношення фаз, природа емульгатора [1].

В останні роки найбільш часто в технологіях виробництва продуктів з емульсійною структурою застосовуються стабілізаційні системи, які місять полісахариди. При цьому стабілізація емульсій досягається шляхом підвищення в'язкості дисперсного середовища, що в свою чергу, покращує гідродинамічний фактор стійкості емульсій за рахунок зниження швидкості коагуляції дисперсної фази.

Комплексне використання полісахаридів у складі рослинної сировини дозволяє значно зменшити собівартість продукції, що виробляється та сприяє отриманню продукту з низькою калорійністю та підвощеною харчовою цінністю [2].

Згідно визначеної нами технологічною концентрацією досліджень перспективним є в цьому напрямку використання круп'яного борошна злакових як емульгаторів та стабілізаторів соусів емульсійного типу.

Особливості хімічного складу борошна вівсяної та перлової круп та виражена їх згущуючи здатність, яка зростає як за підвищення концентрації борошна, так і температури гідротермообробки, дозволяють спрогнозувати можливість його використання як емульгатора та стабілізатора харчових систем.

Важливим показником особливо для соусів з тривалим терміном зберігання є стійкість емульсій.

В харчовій промисловості використовуються методи лінійного програмування побудовані на основі досить простих припущень про характер функціональної залежності між параметрами процесів, що досліджуються. При виготовленні багатьох сортів, це виправдано. Проведені нами дослідження довели, що при розробленні технології з застосуванням нетрадиційних інгредієнтів з складними властивостями може привести до втрати адекватності реальних систем [3].

Але не дивлячись на певну втрату адекватності результату, в даний час є дуже велика кількість програмних засобів, які автоматизують і спрощують процес обчислень. На даний час недостатньо з'ясованим залишається питання про залежність властивостей соусів, що досліджуються від вхідних продуктів. Отже на наш погляд є

актуальним розробка методик соусів на емульсійній основі на підставі характеристик вхідних продуктів, які враховували б можливість нелінійної залежності між ними.

Кінцеві властивості соусу оцінюються в'язкістю (Паскалі), стійкістю y_2 (%) та жирністю емульсії y_3 (%), які вважаються незалежними один від одного. Ці величини розглядаються як функції параметрів продуктів, що складають основу емульсії: гідромодуля x_1 (1 : n), виду борошна x_2 та кількості x_3 ($г$) борошна.

Методика полягає в обробленні даних методом найменших квадратів, а також у побудові аналітичних виразів, які представляють функціональну залежність між параметрами, тобто:

$$\begin{aligned} y_1 &= f_1(x_1, x_2, x_3), \\ y_2 &= f_2(x_1, x_2, x_3), \\ y_3 &= f_3(x_1, x_2, x_3), \end{aligned} \qquad (1)$$

Розроблена методика апробована при обробленні даних експериментів, по дослідженню властивостей емульсій, що виготовлялися з використанням різних видів борошна злакових.

Параметр x_2 з (1) у експерименті приймав значення:

x_2 = B – «пшеничне борошно»;

x_2 = C – «перлове борошно»;

x_2 = D – «вівсяне борошно».

Такий вибір визначений тим, що процес виготовлення соусів з використанням пшеничного борошна досить добре досліджений, два інші випадки відповідають соусам, розроблення яких є предметом наших досліджень. Дані таблиці (які було опубліковане у попередніх статтях) отримані при зміні значень параметрів у межах:

$$\text{гідромодуля } 1 : x_1, \text{ де } x_1 \in [3,10], \qquad (2)$$

$$\text{маса } x_3 \in [2,8].$$

Розроблена нами методика ґрунтується на методі найменших квадратів, яке дає можливість моделювання нелінійних залежностей. Крім того цей метод відносно простий, що дозволило автору самостійно отримати формули не передбачені довідковою літературою та існуючим програмним забезпеченням [4].

Отже, з отриманих вище результатів випливає, що для функцій (1), які моделюють залежність основних властивостей емульсій від параметрів вихідних продуктів, найбільш придатними є такі гіпотези:

1. В'язкість (Па):

$$y_1 = a_{11}x_1^2 + a_{12}x_1x_3 + a_{22}x_3^2 + a_{13}x_1 + a_{23}x_3 + c \qquad (3)$$

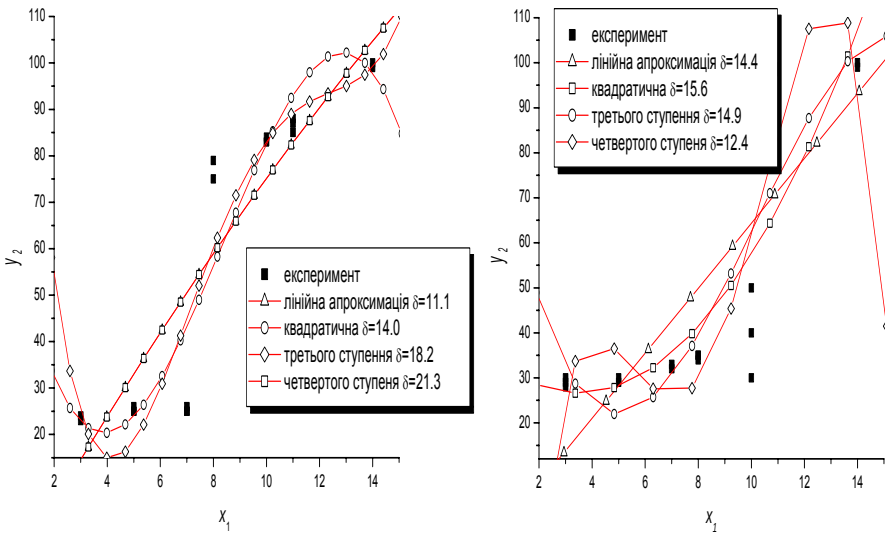
2. Стійкість емульсії (відсотки):

$$y_2 = a_2x_1^2 + a_1x_1 + b_3x_3^3 + b_2x_3^2 + b_1x_3 + c \qquad (4)$$

3. Жирність (відсотки):

$$y_3 = a_1x_1 + b_1x_3 + c \qquad (5)$$

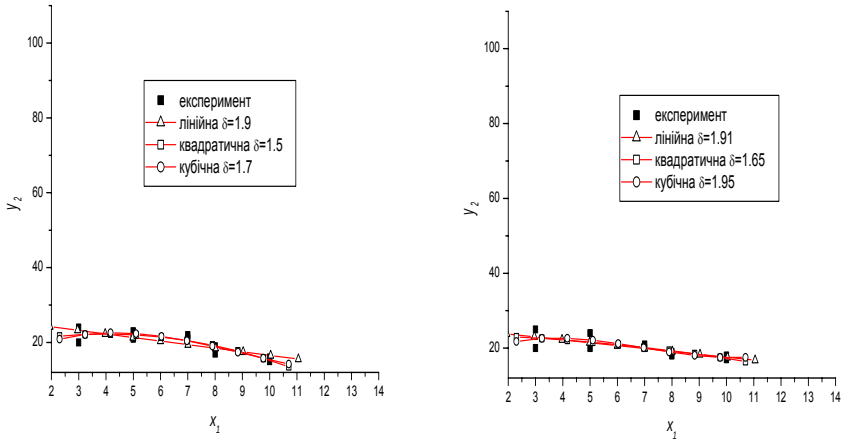
Для емульсії з використанням пшеничного борошна (x_2 = B) найбільш придатною є лінійна залежність, що показано на рис. 1.



а) б)

Рис.1. Наближення за різними гіпотезами залежності між стійкістю емульсії на основі пшеничного борошна від гідромодуля суміші: а) маса борошна 2 г ; б) маса борошна 5 г.

Для зображення залежності стійкості емульсії з використанням перлового й вівсяного борошна від гідромодуля найбільш придатною є квадратична залежність, а для залежності від маси борошна – багаточлен третього порядку (рис. 2,3).



а) б)

Рис.2. Наближення за різними гіпотезами залежності між стійкістю емульсії від гідромодуля при сталій масі (2 г) суміші: а) на основі перлового борошна; б) на основі вівсяного борошна

Для зображення залежності емульсії з використанням перлового й вівсяного борошна від гідромодуля найбільш придатною є квадратична залежність (рис. 2), а для залежності від маси борошна – багаточлен третього порядку (рис. 3).

Властивості емульсії на основі перлового та вівсяного борошна загалом нелінійні, чим якісно відрізняються від властивостей емульсій на основі пшеничного

борошна.

Коефіцієнти при однакових ступенях многочленів, що апроксимують залежності стійкості емульсій на основі перлового та вівсяного борошна від гідромодуля та маси вихідних продуктів мало відрізняються і ця різниця знаходиться у межах похибки обчислень. Тому, цілком припустимо будувати однакові аналітичних моделі цих властивостей емульсій, розглядаючи їх експериментальні дані як єдину сукупність [5]. Повністю результати цих досліджень будуть опубліковані в наступних виданнях.

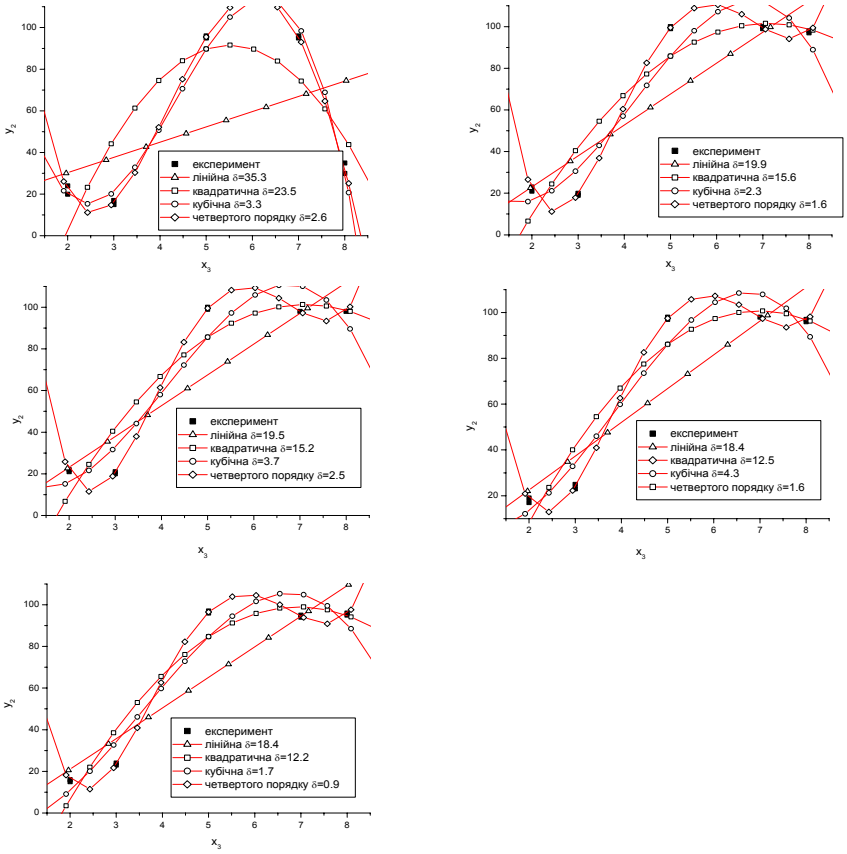


Рис.3. Наближення за різними гіпотезами залежності між стійкістю емульсії на основі перлового борошна від маси борошна: а) гідромодуль 1:3; б) гідромоду 1:5; в) гідромодуль 1:7; г) гідромодуль 1:8; д) гідромодуль 1:10.

З отриманих результатів випливає, що властивості емульсії на основі пшеничного борошна, якісно відрізняються від властивостей емульсії на основі перлового та вівсяного борошна. Це обґрунтовує необхідність побудови моделей властивостей таких емульсій, а також підтверджує новизну отриманих результатів.

Список літератури: **1.** *Абрамзон А.А., Славина З.Н.* О стабильности эмульсий. // Коллоидный журнал. – 1973. – Т.35, №10. – С. 25-28. **2.** *Артёмова Е.Н.* Динамика пенообразующих свойств овощных соков во время взбивания // Экономика и технология: Межвуз. зб. науч. тр. – М., 1996. – С.11-13. **3.** *Румшинская Л.З.* Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с. **4.** *Остапчук Н.В.* Основы математического моделирования процессов пищевых производств. – К.: Вища школа, 1991. – 367 с. **5.** *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

Поступила в редколлегию 01.06.2009

СОДЕРЖАНИЕ

Д.О. ЛАЗНЕНКО, С.В. СИДОРЕНКО
ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДУ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАТУ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЦЕНТРОВОГО МАСООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ 3

И.В. ПИТАК, В.Ф. МОИСЕЕВ
ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАБОТЫ РОТОРНОГО ВИХРЕВОГО АППАРАТА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ 9

В.В. БЕРЕЗУЦКИЙ, С.Е. ГАРДЕР., В.В.МАКАРЕНКО, РАДВАН АРАФА БИССИУНИ
АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАВМ НА ТРУБОПРОКАТНОМ УЧАСТКЕ 14

Б.В. ДЗЮНДЗЮК, Л.В. ЛАРЧЕНКО, Л.И. МАРЧЕНКО,Е.М. АНПИЛОГОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТЕКАНИЯ ТОКА С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПАСНЫХ ЗОН 20

Б.В ДЗЮНДЗЮК, Н.Л.БЕРЕЗУЦЬКА, І.І. ХОНДАК
ІНФОРМАЦІЙНО-НАВЧАЛЬНА ТЕСТУЮЧА ПРОГРАМА З ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ 26

Є.С. АЛЬОШИНСЬКИЙ, Н.В. КОЛЕСНИКОВА
НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ПРИКОРДОННИХ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ НА КОРДОНАХ З КРАЇНАМИ СНД 29

А.Е. БАРМИН
ПОЛУЧЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (СМК) И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (НК) МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ИСПАРЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ В ВАКУУМЕ (PVD) 24

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., МИЛЬЦЕВА Л.А.
ОЦЕНКА ОПТИМИЗАЦИИ САЙТОВ ПОД ЗАПРОСЫ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ 34

Е.И. СОКОЛ, А.В. КИПЕНСКИЙ, Е.И. КОРОЛЬ, В.А. ВЕРЕЩАК
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩАЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ СИНУСОИДАЛЬНЫХ МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ 39

Н.В. СТАРОБУДЦЕВА, О.А. МАЛАХОВ
ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ВАГОННИМ ПАРКОМ В СУЧАСНИХ УМОВАХ 49

А.Е. БАРМИН
ПОЛУЧЕНИЕ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (СМК) И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ (НК) МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОГО ИСПАРЕНИЯ И КОНДЕНСАЦИИ В ВАКУУМЕ (PVD) 54

В.В. ВОЛОЩУК, М.О. ВОЛЬЧЕНКО
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ПАР ТЕРТЯ БАРАБАННИХ ГАЛЬМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 59

В.С. МЕДВЕДЕВ, Д.Г. ГАЛУШКИН
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ФЛАНЦЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ. СООБЩЕНИЕ 1 67

ТРИШЕВСКИЙ О.И., ПЛЕСНЕЦОВ С.Ю.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗГИБА МЕТАЛЛА НА 180^0 И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ МЕТОДОВ 71

КИРИЧЕНКО Л.В., БЄЛІЧЕНКО О.А., МОРСЬКА А.С., ШУШЛЯКОВ А.В.
ВИХРЕВОЙ ТУРБУЛЕНТНЫЙ ПРОМЫВАТЕЛЬ 76

ВАСИЛЕВСКИЙ О.В., КУХАРЬ В.В.
ДЕФОРМИРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ КОВКИ ПОКОВОК С ВЫТЯНУТОЙ ОСЬЮ 81

Є.В. ЯЩЕРІЦИН, О.С. ТЕРЛЕЦЬКИЙ
ПРЯМИЙ ТА ПОБІЧНИЙ ВПЛИВ РОЗМІРУ ЗЕРЕН ТАНТАЛУ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ШАРУВАТИХ КОМПОЗИТІВ МІДЬ – ТАНТАЛ 87

А.П. БЕЛИНСКАЯ, Л.В КРИЧКОВСКАЯ, Т.И. ЗЕКУНОВА
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОДУКТА ПИТАНИЯ СО СБАЛАНСИРОВАННЫМ СОСТАВОМ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ 94

М.П. ГОЛОВКО, Н.В. ВЕРЕШКО, О.Г. ШИДАКОВА-КАМЕНЮКА, І.С. РОГОВИЙ, М.М. ЧУЙКО
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ НАПІВФАБРИКАТУ КІСТКОВОГО ХАРЧОВОГО В ТЕХНОЛОГІЯХ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ З ОГЛЯДУ НА ВПЛИВ ДОБАВКИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА 98

ДЕМИДОВ І.М., КРАМАРЕНКО А.О.
ОДЕРЖАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАР ОКИСНЕННЯМ СОНЯШНИКОВОГО ФОСФАТИДНОГО КОНЦЕНТРАТУ 102

А.П. МЕЛЬНИК, О.М. ГЕТМАНЦЕВ
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ АМІДУВАННЯ БДЖОЛИНОГО ВОСКУ 105

И.Н. ДЕМИДОВ, А.И. ЗЛАТКИНА
ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РЕАКЦИИ ЭТАНОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ 108

МАТЮХОВ Д. В., КИСЕЛЬОВА Н. М.
ВПЛИВ СПОСОБІВ ОБРОБКИ ЯДРА НАСІННЯ СОНЯШНИКА ТИСКОМ НА СТУПІНЬ РУЙНАЦІЇ КЛІТИННИХ СТРУКТУР 111

І.В. Чоні
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ПОХІДНИХ СОУСІВ НА ОСНОВІ СОУСІВ ЗАКУСОЧНИХ 115

І.В. Чоні
ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЛІНІЙНОГО ХАРАКТЕРУ ЗАЛЕЖНОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОУСІВ ВИГОТОВЛЕНИХІЗ ЗАСТУВАННЯМ БОРОШНА ЗЛАКОВИХ 118

Наукове видання

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск №15

Технічний редактор Т.Л. Коворотный

Відповідальний за випуск В.М. Луньова

Обл.-вид. №120-09
Підписано до друку 14.07.2007. Формат 60х84/16 Папір офсетний. Друк різографічний. Ум.-друк. арк. 8. Зам. №16

Надруковано у видавництві "Технологічний центр".
61145 Харків, вул. Новгородська За
Тел./факс (057) 750-89-90