

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

# **ВІСНИК**

## **НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

*Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"*

**№ 7(1050)2014**

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків  
НТУ «ХПІ», 2014

Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ „ХПІ» – 2014р. - №7 (1050) –220 с.

## **Державне видання**

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України**

**КВ №5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською та російською мовами.

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

### **Координаційна рада:**

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);

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

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

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

техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.;

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

наук, проф.; В. В. СПІФАНОВ, канд. техн. наук проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.; П. О. КА-

ЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.; С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук,

проф.; В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф.; В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г. В. ЛІСА-

ЧУК, д-р техн. наук, проф.; О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст.

наук, проф.; П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.; В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.; М. І. РИЩЕН-

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

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

### **Редакційна колегія серії:**

**Відповідальний редактор:** Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.

**Відповідальний секретар:** А. І. Бондаренко, доцент, К. О. Костик, канд. техн. наук.

**Члени редколегії:** Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.;

В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепиков, д-р техн.

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

Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; Н. Н. Олександров, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон.

наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р. Д. Сит-

нік, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Терзіян, д-р техн. наук, проф.; В. І. Тошинський, д-р техн. наук,

проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.

У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях» включений у довідник періодичних видань бази даних «Ulrich's Periodicals Directory» (New Jersey, USA)

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ”

Протокол № 1 від «07» лютого 2014 р.

©Національний технічний університет „ХПІ”, 2014

**О. В. ГРИГОРОВ**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., НТУ «ХП»;  
**А. О. ОКУНЬ**, асистент, НТУ «ХП»

## КАБЕЛЬНИЙ КРАН НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

У статті розглядаються технічний рівень та можливість застосування нової конструкції кабельного крана, використання якої призводить до зменшення енерго- та ресурсовитрат, а також зниження собівартості крана за рахунок усунення механізму пересування візка (не використовується тяговий канат), усунення підтримок та механізму підймання вантажу, переміщення якого здійснюється за рахунок сили тяжіння.

**Ключові слова:** кабельний кран, механізм пересування, несучий канат, крановий візок.

**Вступ.** Відомі різноманітні конструкції кабельних кранів [1, 2], але вони мають схожі конструкційно-компонувальні рішення, за якими візок з вантажем пересувається по гнучкому шляху – несучому канату, який закріплюється на кінцевих опорах, підймання виконується підймальним канатом, а пересування візка – тяговим канатом. Несучий, підймальний та тяговий канати, об'єднані підтримками, складають систему канатів. Недоліками розглянутих конструкцій є значна складність конструкції і собівартість крана, а також затрати на монтажні, експлуатаційні та ремонтні роботи.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** З розпадом Радянського Союзу в Україні та загалом на пострадянському просторі із занепадом промисловості, видобувної галузі та енергетики, пішли у небуття гігантські будівельні проекти, на кшталт будівництва ГЕС та пов'язаних з ними гребель та шлюзів, прокладання доріг у гірській місцевості, захоронення відходів на значних площах та ін. Це саме ті об'єкти, де використання кабельних кранів не має альтернативи.

Не дивно, що Україна не розвиває такий засіб підйомно-транспортної техніки, як кабельний кран, незважаючи на те, що мала передовий досвід впровадження та експлуатації кранів кабельного типу ще 20 років тому.

Проте у світі удосконаленню та розвитку кранів кабельного типу приділяється значна увага, зокрема, у таких розвинених країнах як Німеччина («ThyssenKrupp Fördertechnik»), Австрія («Doppelmaier Garaventa Group», «LCS Cable Cranes»), США, Італія («Poma»), Китай та Японія, де за останні десятиріччя тенденції кранобудування сконцентрувалися навколо систем керування кабельним краном та мобільності кранових систем (створення кранів ведеться під конкретні випадки виробництва, немає серійного випуску моделей, а тільки деяких основних вузлів) [3, 4, 5].

**Невирішені частини загальної проблеми.** На сьогодні існує багато випадків, коли застосування кабельних кранів не має альтернативи, наприклад, для обслуговування великих виробничих площ, при будівництві ГЕС, гребель та дамб з великим прогоном (кабельні крани можуть покривати відстань у 1–1,5 км), при будівництві у гірській місцевості, для ліквідації катастроф найвищої складності, для захоронення відходів та ін. Недоліки існуючих конструкцій кабельних кранів, а саме: значна складність, енерго- та ресурсозатрати, а також велика собівартість монтажних робіт та обслуговування, ускладнюють впровадження кранів кабельного типу.

**Мета дослідження.** Розглянути технічний рівень та можливість застосування нової конструкції кабельного крана для деяких випадків підйомно-транспортної галузі.

**Матеріали досліджень.** Перший відомий кабельний кран з'явився близько 1860 р. та використовувався для транспортування лісу. Проте, ще індіанці племен Південної

Америку використовували принцип переміщення вантажів за допомогою несучого каната (ліани). Вони переправляли вантажі та пасажирів через високі провалля, використовуючи принцип перепаду висот.

Кабельні крани застосовуються на будівництві в тих випадках, коли на невеликій по фронті ділянці зосереджується великий обсяг робіт, або при необхідності проводити роботи у важкодоступних умовах, наприклад при будівництві гребель гідроелектростанцій, де великі обсяги робіт поєднуються зі складними умовами виробництва, на будівництві опор мостів, при обслуговуванні складів сипучих матеріалів. В умовах промислового будівництва кабельні крани застосовуються при складних ремонтних роботах – зміні перекриттів над діючими цехами або при виконанні ремонтних робіт, коли відсутні шляхи для подачі конструкцій [6]. Кабельні крани, які використовують на складах, у мостовому і гідротехнічному будівництві, виготовляються на спеціальних заводах і є складними і дорогими механізмами. Опорами для таких кранів слугують сталеві вежі. Кабельні крани, які застосовують для ремонтних робіт, порівняно прості і здебільшого виготовляються силами монтажних організацій. Як опори для таких кранів використовуються мачти, укріплені відтяжками [7].

Конструкція кабельного крана нормального типу складається з двох нерухомих або рухомих опор, між якими натягнуто несучий канат. Несучим канатом за допомогою тягового каната пересувається вантажний візок, підймання і опускання вантажу здійснюється за допомогою підймального каната. На одній з опор тяговий канат обгинає обвідні блоки, а на протилежній опорі за допомогою напрямних блоків відводиться на тягову лебідку, створюючи замкнене коло. Підймальний канат одним кінцем навивається на барабан підймальної лебідки; інший кінець його закріплюється на вантажному візку або на опорі, протилежній тій, на якій встановлена лебідка. Для зменшення прогину підймального і тягового канатів використовують підтримки. Керування кабельним краном здійснюється з поста керування, який розташовується на одній з опор, або з місця, звідки представляється кращій огляд майданчика, який обслуговується краном [1].

У залежності від можливості переміщення кабельні крани поділяються на нерухомі та пересувні. Недоліками як вітчизняних, так і закордонних конструкцій є значні складність, енерго- та ресурсозатрати, а також велика собівартість монтажних робіт та обслуговування.

Нами запропоновано нову конструкцію кабельного крана, принцип дії якої заснований на пересуванні візка під дією власної ваги. В основу запропонованої конструкції покладено задачу зменшення енерго- та ресурсовитрат, зменшення складності конструкції самого крана (спрощення) при виготовленні та експлуатації, що призведе до зменшення собівартості крана та експлуатаційних витрат. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що у відомій конструкції кабельного крана, що складається з опор, між якими натягнуто несучий канат, котрим переміщується крановий візок із захватним органом, електродвигунів та редукторів, встановлених на опорах, згідно новій конструкції опори мають ходові гвинти та напрямні, вздовж яких переміщуються повзуни (гайки) із закріпленими за допомогою муфт кінцями несучого каната, яким пересувається крановий візок під дією власної ваги.

Кінематична схема крана, показана на рис. 1, складається з двох пересувних або стаціонарних опор та містить два механізми обертання гвинта 1 і 2, які складаються з електродвигунів 3 і 4 та редукторів 5 і 6 та поєднуються з двома ходовими гвинтами 7 і 8 та повзунами (гайками) 9 і 10. Рух повзунів 9 і 10 відбувається вздовж напрямних 11 і 12. До повзунів (гайок) 9 і 10 кріпиться за допомогою муфт несучий канат 13, яким пересувається крановий візок 14 для переміщення вантажів. Знизу ходові гвинти 7 і 8 сполучаються з підп'ятниками 15 і 16, а згори – з конічними підшипниками 17 і 18.

Механізми обертання гвинтів 1 і 2 складаються з електродвигунів 3 і 4 та редукторів 5 і 6 ( $\varphi_{дв1}$ ,  $\varphi_{дв2}$ ) та приводять в обертання ходові гвинти 7 і 8 ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ), які з'єднані знизу з під'ятниками 15 і 16 та згори – з конічними підшипниками 17 і 18.

Кабельний кран працює таким чином. Обертання ходових гвинтів призводить до пересування повзунів (гайок) 9 і 10 у вертикальній площині вздовж напрямних 11 і 12.  $\varphi_{дв1}$ ,  $\varphi_{дв2}$ ,  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  – приведені до осі обертання переміщення відповідних ланок. Несучим канатом 13, який кріпиться за допомогою муфт до повзунів (гайок) 9 і 10, пересувається крановий візок на визначену відстань  $x_{візка}$  та висоту  $h_{візка}$ . Крановий візок переміщує вантаж за рахунок перепаду висот між опорами. Переміщення кранового візка 14 відбувається під дією сили тяжіння за рахунок пересування повзунів (гайок) 9 і 10 на різну висоту  $h_1$  і  $h_2$ .

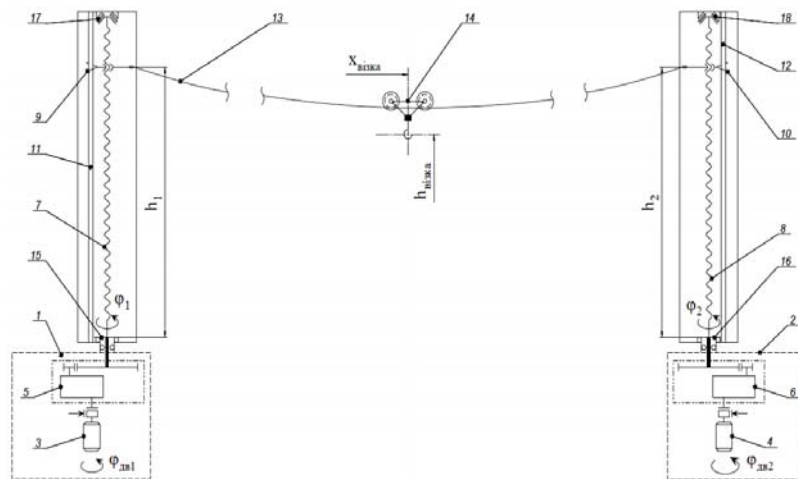


Рис. 1 – Кінематична схема запропонованого кабельного крана

На рис. 2 представлена схема можливих положень візка кабельного крана: положення 1 відповідає стану спокою вантажу; положення 2 – переміщенню вантажу до лівої опори; положення 3 відповідає місцю розвантаження, або завантаження. Доцільно використання пересувних опор на рейкових шляхах. За рахунок пересування крана у горизонтальній площині обслуговується більша площа. Опори повинні закріплюватися розпірками для підтримки стійкості конструкції (рис. 3).

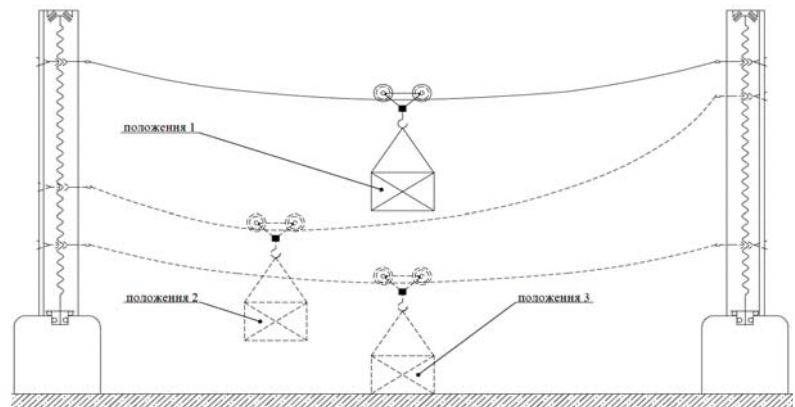


Рис. 2 – Схема можливих положень візка кабельного крана

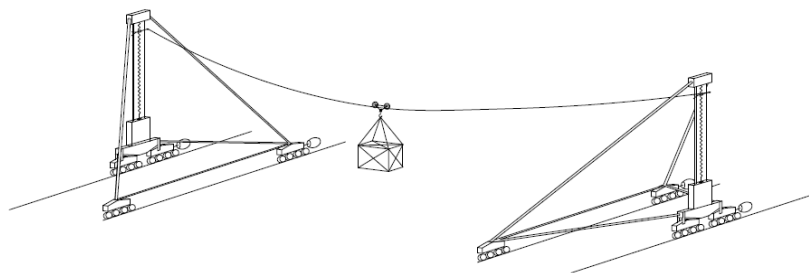


Рис. 3 – Пересувні опори кабельного крана

Керування та точне позиціонування вантажу досягається за допомогою системи керування через датчики положень повзунів та візка кабельного крана.

**Висновки.** Таким чином, за допомогою запропонованої конструкції кабельного крана здійснюється зменшення енерго- та ресурсовитрат, а також зниження собівартості крана за рахунок усунення механізму пересування візка (не використовується тяговий канат), усунення підтримок та механізму підймання вантажу. Переміщення вантажу здійснюється за рахунок сили тяжіння.

Сьогодні, як і півстоліття тому, використання кабельних кранів виправдане, а подекуди не має альтернативи. Крім складів, лісобірж, будівництва гребель в горах і на рівни-

ні, запропоноване технічне рішення може використовуватися не тільки в стаціонарних, але і на мобільних спорудах, наприклад, кораблях у відкритому морі для перевантаження вантажів, у гірській місцевості для транспортування лісу та ін. Внаслідок швидкого монтажу запропоноване технічне рішення може використовуватися при ліквідації наслідків значних руйнівних катастроф, на кшталт Чорнобильської, та ліквідації значних за розмірами районів забруднення, наприклад, радіаційного.

**Список літератури:** 1. *Барат И. Е.* Кабельные краны [Текст] / *И. Е. Барат, В. И. Плавинский.* – М. : Машиностроение, 1964. – 340 с. 2. *Куйбида Г. Г.* Кабельные краны [Текст] / *Г. Г. Куйбида.* – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с. 3. *Graziano G.* Cable Cranes are Still Up to Date [Текст] / *G. Graziano // Papers of the O.I.T.A.F. Congress.* – San-Francisco, 1999. – 195–200 p. 4. O.I.T.A.F. Seminar 2013 "Operation of Ropeway Installations in Exceptional Operating Conditions: Experience and Contemplate Measures" (April 11, 2013, Innsbruck, Austria) [Текст]: Papers. – Innsbruck, 2013. – 208 p. 5. O.I.T.A.F. Seminar 2012 "Safety of Transportation by Rope: Legal Issues and Practical Experience" (April 25, 2012, Grenoble, France) [Текст]: Papers. – Grenoble, 2012. – 216 p. 6. *Graziano G.* Dam Construction: The Cable Crane Way [Електронний ресурс] / *G. Graziano // International Water Power & Dam Construction.* – 2000. – Режим доступу: <http://www.waterpowermagazine.com/features/featuredam-construction-the-cable-crane-way/>. – Назва з екрана. 7. *Kazama K.* Dam Concrete Automatic Transfer System / *K. Kazama, E. Takahashi, M. Nakao // Proceedings of the 13th ISARC.* – Tokyo, 1996. – 597–606 p.

*Надійшла до редколегії 25.11.2013*

УДК 621.8

**Кабельний кран нової конструкції / Григоров О. В., Окунь А. О.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.3-6. – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459

В статье рассматриваются технический уровень и возможность применения новой конструкции кабельного крана, использование которой даст уменьшение энерго- и ресурсозатрат, а также снижение себестоимости крана за счет устранения механизма передвижения тележки (не используется тяговый канат), устранения поддержек и механизма подъема груза, перемещение которого осуществляется за счет силы тяжести.

**Ключевые слова:** кабельный кран, механизм передвижения, несущий канат, крановая тележка.

**New construction of cable crane/ O. V. Grigorov, A. O. Okun** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.3-6. Bibliogr.:7. ISSN 2079-5459

The article deals with the technical level and application possibility of new cable crane construction, the use of which will reduce energy and self-cost by eliminating the carriage travel mechanism (not used tracking rope), cable supporting devices and the cargo hoist mechanism, cargo movement takes place by gravity.

**Keywords:** cable crane, travel mechanism, track rope, trolley.

УДК 621.86

**О. В. ГРИГОРОВ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

**О. В. СТЕПОЧКИНА**, аспірант, НТУ «ХПІ»;

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ПЕРЕДВИЖЕНИИ КРАНОВ МОСТОВОГО ТИПА В СРЕДЕ MS EXCEL**

В статье обосновывается целесообразность создания программы, предназначенной как для исследовательских, так и для инженерных расчетов перекосных нагрузок кранов мостового типа. Предложен подход к решению важной части программы, которая связана с моделированием остова мостового крана как статически неопределенной системы в среде MS Excel.

© О. В. ГРИГОРОВ, О. В. СТЕПОЧКИНА, 2014

**Ключевые слова:** перекося крана, краны мостового типа, ходовые качества кранов, математическая модель, MS Excel.

**Постановка проблемы.** Движение крана сопровождается поворотами и деформациями конструкции в горизонтальной плоскости. Наиболее распространенный и хорошо изученный вид деформаций – перекося (забегание опор), однако известны и другие, например, смещение вбок. При этом конструкция подвергается действию дополнительных нагрузок; имеют место повышенный уровень энергопотребления, износ и усталостные повреждения колес, рельсов и других дорогостоящих элементов.

Силы перекося, действующие на конструкцию, принято считать направленными вдоль рельсов. Пары боковых сил, приложенные в зонах контакта колес с рельсами, являются реакциями на перекосяные силы. Боковые (осевые) силы принято использовать в качестве основной характеристики ходовых качеств и напряженно-деформированного состояния крана. Общее представление о характере нагрузок, действующих при передвижении, дают графики изменения боковых нагрузок ( $R_{1,2,3,4}$ ), действующих на колесо

козлового крана, приведенные на рис. 1. Подобные результаты получены многими исследователями. Обращает на себя внимание переменность нагрузок; наличие выраженных пиков, соответствующих, предположительно, изменениям состояния системы рельс-колесо-кран. Наиболее сильные толчки могут возникать

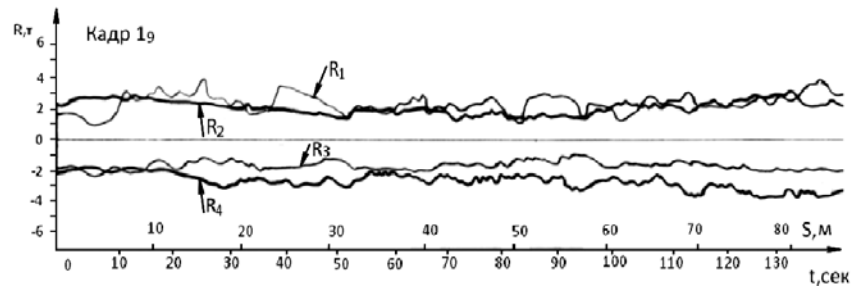


Рис. 1 – [4] Оциллограмма поперечных нагрузок, действующих на колеса при движении крана типа КС 50-42 Змиевской ГРЭС

при срывах сцепления, вхождении в контакт реборд (также при прерывании этого контакта), переездах стыков рельсов и т.д. Эти нагрузки в значительной степени зависят от геометрии крана, характеристик двигателей, особенностей системы питания и управления приводом, точности установки колес, прямолинейности рельсов, состояния их поверхности, скорости передвижения.

Основными факторами, сдерживающими изучение крана в движении, являются разнообразие конструкций, широкий диапазон параметров, а также наличие взаимного влияния отдельных процессов. Явления, сопровождающие передвижение кранов, привлекает внимание нескольких поколений специалистов. Накоплен значительный объем информации. Это экспериментальные, теоретические и нормативные данные. Актуальной задачей является установление корректного и рационального соответствия между этими 3-мя информационными областями. Далее рассмотрены аспекты математического моделирования движущегося крана. Обосновывается целесообразность выбора программной среды MS Excel и возможности такого подхода с точки зрения преодоления разрыва между теоретическими работами и инженерными расчетными методиками.

**Анализ последних достижений.** В работах, выполненных до 1980г., рассматривалось установившееся движение кранов без учёта внешних возмущений, математические модели были исключительно аналитическими. Первоначально, кран рассматривался как жёсткое тело с возможностью бокового смещения и поворота в горизонтальной плоскости. В дальнейшем были выполнены многочисленные уточняющие экспериментальные и теоретические работы. На сегодняшний день наиболее полная математическая модель передвижения для четырехколесных мостовых кранов средней грузоподъемности, подтвержденная натурными испытаниями, предложена Н. А. Лобовым [2]. Были учтены: ус-

тановочный перекося колес; неравенство тяговых усилий приводов и сил сопротивлений противоположных сторон крана; влияние на боковые нагрузки ударов при прохождении стыков рельсов.

Впервые было последовательно рассмотрено движение с учётом периодических возмущающих воздействий. Определены собственные частоты и параметры затухания, предложены характеристики нагрузок и потерь мощности.

На основе экспериментальных и теоретических исследований разработаны инженерные методики расчета, принятые в качестве отраслевых норм и стандартов [5, 6].

**Нерешенные части общей проблемы.** Существующие теории имеют высокую степень преемственности. Традиционно, теоретические работы предыдущего поколения становятся основой инженерных расчетных методик следующего поколения, которые в конечном итоге принимаются в качестве стандартов. Уточнения распространяются, преимущественно, на эмпирические коэффициенты, что обеспечивает лаконичность и четкий физический смысл выражений, описывающих наиболее важные эффекты, что является достоинством подхода. При этом, чаще всего, требуется статистическая обработка эмпирических данных. Однако неизбежным следствием является потеря части информации, и сужение области применения методики. Например, невозможно учесть схему отклонений от прямолинейности конкретного рельсового пути. Поэтому для решения широкого круга задач, связанных с оптимизацией условий эксплуатации действующих кранов, требуются новые подходы, направленные на объединение исследования и инженерного расчета; прежде всего, программирование. Попытка снятия отмеченных ограничений предпринята в приложениях к РТМ 24.090.07-85 «Нормы расчета стальных конструкций мостовых кранов г.п. свыше 50 т», где приведены системы уравнений движения крана. Однако алгоритм решения отсутствует.

Математическая модель крана в движении должна удовлетворять дополнительным требованиям полноты и наглядности представления данных, развитого интерфейса, легкости задания геометрии остова крана и параметров механизмов и т.д..

Модель должна обеспечить следующие возможности:

– Учет схемы отклонений рельсов от прямолинейности; схемы отклонений расположений колес, изменения параметров, характеризующих сцепление колес с рельсом, конкретных характеристик двигателей и других параметров, относящихся к исследуемому крану (по желанию, должно быть возможным использование осредненных значений).

– Расчеты нагрузок, действующих на кран и подкрановые пути повышенной точности; оптимизация конструкции на этапе проектирования;

– Рассмотрение последствий нештатных ситуаций, например, движение на одном приводе в ремонтную зону при отказе второго привода, односторонний удар в буфер и др.;

– Оптимизация запасов мощности при замене приводов на новые (недостаточный запас мощности, как и излишний запас, вызывают дополнительные нагрузки);

– Исследование эффективности применения систем ограничения перекося, например, синхронизации движения противоположных опор или применение датчиков состояния элемента конструкции от боковой поверхности рельса

– Решение проблем, связанных с эксплуатацией конкретного крана с учётом его конструктивных особенностей, схемы рельсового пути, измеренных отклонений колёс, наиболее вероятного расположения тележки при передвижении, и т.д. Применение программы при обследованиях кранов с целью оценки его состояния.

**Основной материал.** Использование программы для инженерных расчетов возможно при соблюдении ряда требований, во многом традиционных. Прежде всего, должна быть обеспечена простота и наглядность выкладок, важна также открытость кода,



распространенность языка программирования, низкая стоимость. Наиболее сложной задачей является достижение компромисса с исследовательскими возможностями, которые также должны быть значительными.

При моделировании крана в движении требуется учет процессов, имеющих различную природу, в их взаимодействии. Модель должна включать параметры, характеризующие геометрию и кинематическую схему привода. Задачи такого рода (построение параметризуемых моделей с учетом характеристик отдельных приводов, динамики, упругих свойств конструкции и контактных явлений) являются приоритетным направлением развития прикладных программных сред. Однако разработка такой модели отличается повышенной трудоемкостью [8], а соответствующие приложения (CosmosWorks, Ansys, Abaqus, Nastran и др. в наиболее дорогих модификациях) имеют высокую стоимость и предназначены для работы на высокопроизводительных компьютерах.

Возможно использование более дешевых программ, например, «Универсальный Механизм». Эта программа предназначена для расчетов объектов железнодорожного транспорта. Такой подход представляется естественным, поскольку применение для кранов фундаментальных результатов, полученных в железнодорожной отрасли – многолетняя традиция. Однако негативной стороной такого подхода является игнорирование специфики кранов (существенно меньшая скорость передвижения, большие нагрузки на колеса, широкая колея и т. д.). Если первоначальные исследования строились на базе родственной отрасли, то для поздних характерна большая степень независимости, что является следствием постепенного уточнения методик. Возможно также гибридное моделирование, с использованием нескольких приложений (CosmosWorks, Ansys, Abaqus, Nastran в менее дорогих модификациях, Универсальный Механизм, MathCad и др.), однако он отклонен ввиду известных проблем, связанных с организацией взаимодействия различных сред на программном уровне.

Рассмотренные выше подходы не удовлетворяют основному требованию: доступности для конечного пользователя. Альтернативой является использование среды MS Excel. В этом случае обеспечен низкий уровень стоимости, наглядность представления данных, возможность программирования на встроенном языке VBA (важнейшая особенность – отладка кода в рабочем режиме). Эти качества особенно ценны для решения задачи, имеющей комплексную природу. Одним из мотивов выбора среды был успешный опыт использования Excel для решения сложных задач САПР, связанных с хранением, обработкой данных и их переносом в графическое приложение, например Autocad [3]. Основным недостатком этого подхода является отсутствие встроенных моделей физических явлений, которые приходится разрабатывать «с нуля».

Последовательность решения задачи представлена на рис. 2, где обозначено:  $X_{ij}, Z_{ij}, V_{sj}, a_{ij}$  – координаты, скорость и ускорение точек, соответствующих осям ходовых колес в момент времени  $t_j$ .

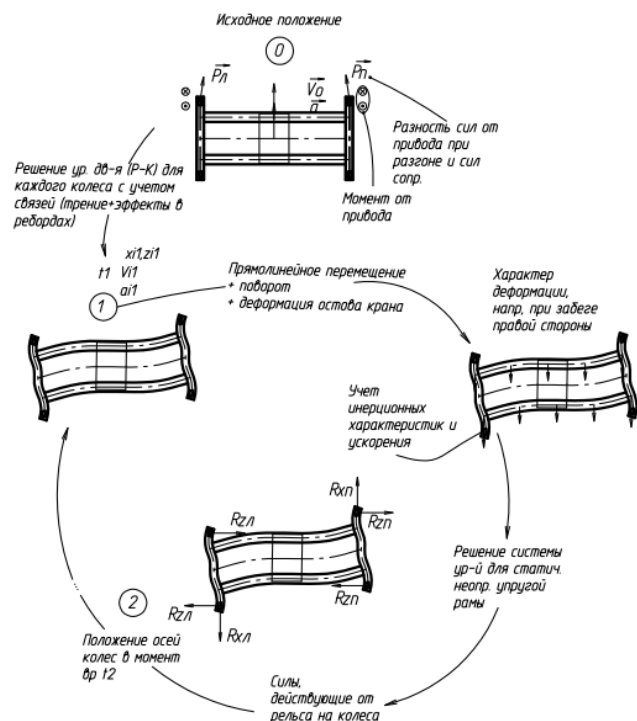


Рис. 2 – Последовательность решения системы уравнения движения крана

Рассмотрим один из наиболее сложных моментов – моделирование упругой конструкции остова мостового крана. В настоящее время нами завершается разработка модуля, учитывающего поведение упругой металлоконструкции крана,

имеющей степень статической неопределимости конструкции – шесть. Пример упругой металлоконструкции крана с указанием ее разбиения на элементы и точки приведен на рис. 3. На этом рис. показана эквивалентная система для шести раз статически неопределимой металлоконструкции мостового крана, где лишние неизвестные усилия заменены единичными силами  $\bar{X}_i = 1$ . Для упрощения, внешние силы приложены к системе точно, что позволяет вычислить интеграл Мора для перемещений  $\Delta_{iP}$  и  $\delta_{ik}$  (систему канонических уравнений на рис. 4, пример решения которой показан на рис. 5) по способу Верещагина.

Данные задаются и обрабатываются в следующей последовательности. Сначала автоматически составляется, а затем решается система канонических уравнений метода сил (рис. 4), с использованием специального языка описания модели. Геометрия моста определяется при помощи точек, соединённых в элементы.

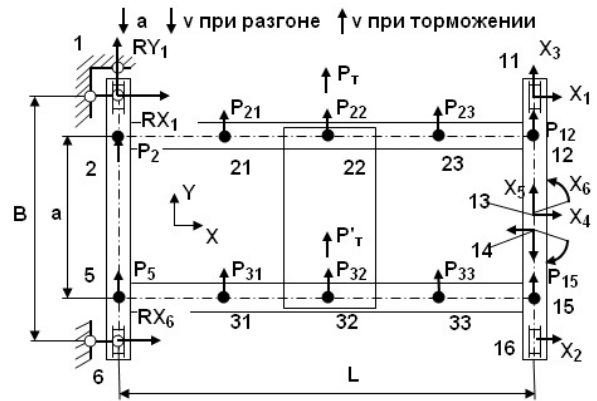


Рис. 3 – Подмодель упругой металлоконструкции крана и ее разбиение на элементы и точки

Система уравнений											
$\delta_{11} \cdot X_1 + \delta_{12} \cdot X_2 + \delta_{13} \cdot X_3 + \delta_{14} \cdot X_4 + \delta_{15} \cdot X_5 + \delta_{16} \cdot X_6 = \Delta_1 - \sum \delta_{1j} \cdot P_j$											
$\delta_{21} \cdot X_1 + \delta_{22} \cdot X_2 + \delta_{23} \cdot X_3 + \delta_{24} \cdot X_4 + \delta_{25} \cdot X_5 + \delta_{26} \cdot X_6 = \Delta_2 - \sum \delta_{2j} \cdot P_j$											
$\delta_{31} \cdot X_1 + \delta_{32} \cdot X_2 + \delta_{33} \cdot X_3 + \delta_{34} \cdot X_4 + \delta_{35} \cdot X_5 + \delta_{36} \cdot X_6 = \Delta_3 - \sum \delta_{3j} \cdot P_j$											
$\delta_{41} \cdot X_1 + \delta_{42} \cdot X_2 + \delta_{43} \cdot X_3 + \delta_{44} \cdot X_4 + \delta_{45} \cdot X_5 + \delta_{46} \cdot X_6 = \Delta_4 - \sum \delta_{4j} \cdot P_j$											
$\delta_{51} \cdot X_1 + \delta_{52} \cdot X_2 + \delta_{53} \cdot X_3 + \delta_{54} \cdot X_4 + \delta_{55} \cdot X_5 + \delta_{56} \cdot X_6 = \Delta_5 - \sum \delta_{5j} \cdot P_j$											
$\delta_{61} \cdot X_1 + \delta_{62} \cdot X_2 + \delta_{63} \cdot X_3 + \delta_{64} \cdot X_4 + \delta_{65} \cdot X_5 + \delta_{66} \cdot X_6 = \Delta_6 - \sum \delta_{6j} \cdot P_j$											
Решение системы уравнений											
$0,03 \cdot X_1 + 0,00 \cdot X_2 - 0,33 \cdot X_3 - 0,08 \cdot X_4 - 0,32 \cdot X_5 - 0,03 \cdot X_6 = 0,00 + 0,16 \cdot P_j = 1,61E-01$											
$0,00 \cdot X_1 + 0,03 \cdot X_2 + 0,01 \cdot X_3 + 0,08 \cdot X_4 - 0,32 \cdot X_5 - 0,03 \cdot X_6 = 0,00 + 0,16 \cdot P_j = 1,61E-01$											
$-0,33 \cdot X_1 + 0,01 \cdot X_2 + 7,18 \cdot X_3 + 1,05 \cdot X_4 + 8,48 \cdot X_5 + 0,54 \cdot X_6 = 0,00 - 6,52 \cdot P_j = -6,52E+00$											
$-0,08 \cdot X_1 + 0,08 \cdot X_2 + 1,05 \cdot X_3 + 0,53 \cdot X_4 + 0,00 \cdot X_5 - 0,00 \cdot X_6 = 0,00 + 0,00 \cdot P_j = 2,78E-17$											
$-0,32 \cdot X_1 - 0,32 \cdot X_2 + 8,48 \cdot X_3 + 0,00 \cdot X_4 + 16,96 \cdot X_5 + 1,07 \cdot X_6 = 0,00 - 13,03 \cdot P_j = -13,03E+01$											
$-0,03 \cdot X_1 - 0,03 \cdot X_2 + 0,54 \cdot X_3 - 0,00 \cdot X_4 + 1,07 \cdot X_5 + 0,10 \cdot X_6 = 0,00 - 0,70 \cdot P_j = -0,70E-01$											
Обратная матрица											
84,04	-12,35	1,80	10,27	-0,90	21,58						
-12,35	84,04	-1,80	-10,27	0,90	21,58						
1,80	-1,80	1,18	-1,80	-0,59	0,00						
10,27	-10,27	-1,80	8,33	0,90	0,00						
-0,90	0,90	-0,59	0,90	0,46	-1,71						
21,58	21,58	0,00	0,00	-1,71	40,14						

Рис. 4 – Система канонических уравнений метода сил и обратная матрица для ее коэффициентов

Затем на основе исходных данных на рабочем листе автоматически формируются расчётные таблицы, генерируются ссылки расчётных формул. При этом, прежде всего, распознаются точки закрепления и рассчитываются соответствующие реакции. Далее, для каждой точки определяются действующие на неё моменты сил, а также продольные и поперечные силы. Предварительно составляются схемы влияния, которые фиксируются на листе в виде специальных формул, содержащих ссылки на влияющие отрезки. Находится «путь передачи нагрузок» к точке слева (рис. 6).

Программа отдаёт предпочтение более короткому пути. Таким же образом определяются моменты во всех точках. Затем для всех

**Заданные перемещения**

$\Delta_1 =$	0,00 м
$\Delta_2 =$	0,00 м
$\Delta_3 =$	0,00 м
$\Delta_4 =$	0,00 м
$\Delta_5 =$	0,00 м
$\Delta_6 =$	0,00 м

**Проверка**

Решение		$\Delta_i - \sum_j \delta_{ij} \cdot P_j$
$X_1 =$	-3,563E+00 кН	-5,8E-16
$X_2 =$	-3,558E+00 кН	3,1E-16
$X_3 =$	-1,664E-03 кН	0,0E+00
$X_4 =$	2,530E-03 кН	2,2E-16
$X_5 =$	-9,785E-01 кН	0,0E+00
$X_6 =$	1,191E+00 кН	0,0E+00

Рис. 5 – Пример решения системы канонических уравнений при исходных данных  $P_{22} = 2$  кН;  $P_{32} = -2$  кН

элементов, образованных соединёнными парами точек, строятся эпюры моментов (для каждой силы отдельно). Предложено правило знаков, удобное с точки зрения составления алгоритма построения эпюр. Учитывается последовательность перечисления точек элементов при их задании и направления силовых потоков к рассматриваемой точке эпюры. В качестве примера, на рис. 6 показаны 2 варианта силовых потоков к одной из точек модели (точка № 31).

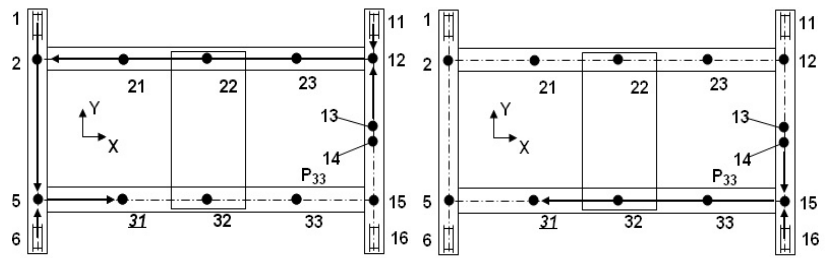


Рис. 6 – Силовые потоки к точке № 31 от сил, приложенных в остальных точках модели

Эпюры перемножаются методом Верещагина (формула трапеций) и суммируются. Полученные величины представляют собой

коэффициенты линейной системы уравнений  $\delta_{ik}$  и  $\Delta_{iP}$  (рис. 5).

$$\Delta_{iP} = \sum \left[ \int_S \frac{\bar{M}_i \cdot M_P ds}{EJ_y} + \int_S \frac{\bar{N}_i \cdot N_P ds}{EF} + \int_S k \cdot \frac{\bar{Q}_i \cdot Q_P ds}{GF} \right];$$

$$\delta_{ik} = \sum \left[ \int_S \frac{\bar{M}_i \cdot \bar{M}_k ds}{EJ_y} + \int_S \frac{\bar{N}_i \cdot \bar{N}_k ds}{EF} + \int_S k \cdot \frac{Q_i \cdot Q_k ds}{GF} \right],$$

где  $M_P, N_P, Q_P$  – усилия, вызванные системой внешних сил  $\sum P$ ;

$\bar{M}_i, \bar{N}_i, \bar{Q}_i$ ;  $\bar{M}_k, \bar{N}_k, \bar{Q}_k$  – усилия, вызванные единичными силами  $\bar{X}_i = 1$ ;  $k$  – коэффициент, зависящий от формы сечения;  $G$  – модуль сдвига;  $E$  – модуль упругости;  $F$  – площадь поперечного сечения;  $J_y$  – момент инерции относительно вертикальной оси для поперечных сечений конструкции моста.

Можно отметить, что не существует принципиального различия между традиционным методом решения упругой задачи и методом балочных конечных элементов [7]. Отказ от составления сложных матриц и частичный перенос действий в логическую часть на этапе генерации расчетной схемы, позволяет существенно упростить результирующую матрицу, что имеет принципиальное значение для повышения быстродействия на этапе расчета.

**Выводы:** Разрабатывается программа, предназначенная для моделирования процесса передвижения кранов мостового типа. Программа должна быть применимой в равной степени для исследований, а также для расчетов вновь разрабатываемых и находящихся в эксплуатации кранов с учетом особенностей конструкции, схемы пути и расположения колес. Это должно обеспечить повышенное качество результирующих данных, а также расширить возможности анализа нештатных ситуаций, возникающих на практике.

**Список литературы:** 1. *Абрамович И.И.* Исследование механизмов передвижения козловых кранов гидротехнических сооружений / *И.И. Абрамович* // Труды ВНИИПТМАШ. – 1964. – № 8(50) – С. 28–45. 2. *Лобов Н.А.* Разработка основ динамики передвижения кранов по рельсовому пути и методов повышения ресурса работы крановой системы.: Дис. докт. техн. наук: 05.05.04.-М.: 2005. 3. *Шаргород А.Ю., Ложкин Г.В.* Применение электронных таблиц для автоматизации управления данными САД-систем / *А.Ю. Шаргород, Г.В. Ложкин* // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2012. – Выпуск 158 – С. 15-17. 4. *Степочкин Л.М.* Исследование перекосов двух козловых кранов с жесткими опорами конструкции проектной конторы «Теплоэнергомонтаж» и создание методики расчета на перекосы.: Отчет по научно-исследовательской работе. – Харьков.: 1968. – С.85. 5. СТО 24.09-5821-01-93 Краны грузоподъемные промышленного назначения. Нормы и методы расчёта элементов стальных конструкций. 6. ОСТ 24.090.72 - 83. Нормы расчета стальных конструкций мостовых и козловых кранов. - М., 1983. - 92 с. 7. *Ильин В.П.* и др. Численные методы решения задач строительной механики: Справ. пособие / *В.П. Ильин, В.В. Карпов, А.М. Масленников*; Под

общ. ред. В.П. Ильина, – Мн.: Выш. шк., 1990. – С. 132-135. 8. Mc Kenzie, K., 2007, “The Numerical Simulation of Wheel Loads on a Electric Overhead Travelling Crane”, Masters Degree Thesis, Department of Civil Engineering, University of Stellenbosh.

*Поступила в редколлегию 25.12.2013*

УДК 621.86

**Инженерные и информационные аспекты решения задачи о передвижении кранов мостового типа в среде MS EXCEL/ Григоров О. В., Степochкина О. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.6-12. – Бібліогр.: 8 назв. ISSN 2079-5459

У статті обосновується доцільність створення програми, призначеної як для дослідницьких, так і для інженерних розрахунків перекісних навантажень кранів мостового типу. Запропоновано підхід до вирішення важливої частини програми, пов'язаної із моделюванням остову мостового крану як статично невизначеної системи у середовищі MS Excel.

**Ключові слова:** перекіс крану, крани мостового типу, ходові якості кранів, математична модель, MS Excel.

**Engineering and information aspects of the movement of bridge type cranes problem solution in the MS EXCEL environment / O.V. Grigorov, O.V. Stepochkina** // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.6-12. Bibliogr.:8. ISSN 2079-5459

Expediency of creation of the program intended both for research, and for engineering calculations of skew loadings due to the cranes of bridge type locates in article. Approach to the decision of important part of the program which is connected with modeling of the crane bridge as redundant frame in the environment of MS Excel is offered.

**Keywords:** crane skew, bridge type cranes, running qualities, mathematical model, MS Excel.

УДК 658.512:658.52.011.56

**О. Л. КОНДРАТЮК**, канд. техн. наук, доц., УПА, Харків;  
**А. О. СКОРКІН**, асистент, УПА, Харків

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ДРІБНОСЕРІЙНОЇ ЗБОРКИ СКЛАДНИХ МАШИНОБУДІВНИХ ВИРОБІВ**

Проведені дослідження системи дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів з метою вирішення питання оптимізації організаційно технологічної та технічної підготовки складального виробництва.

**Ключові слова:** Виробництво, модель, збирання, семантична мережа

**Вступ.** Сучасне індустріальне виробництво характеризується складними машинобудівними виробами. У всьому обсязі операцій, складання становить найбільший обсяг, при цьому найбільш часті з'єднання по циліндрових поверхнях, різьбові з'єднання і з'єднання по плоских поверхнях. Рівень механізації та автоматизації тут дуже низький (близько 10 %) тому заздалегідь передбачити яким буде трудомісткість складального процесу для такого роду виробів досить важко, якщо заздалегідь не змоделювати його. Продуктивність праці в дрібносерійному складальному виробництві складних машинобудівних виробів також опиняється залежною від суб'єктивних чинників, а її рівень має тенденцію до періодичної зміни. Ефективність складального процесу визначається наступними складовими: якістю зборки; продуктивністю системи зборки; витратами на реалізацію складального процесу. Управління цими параметрами реалізується на етапах конструкторської підготовки виробу, технологічної підготовки виробничого процесу, організаційної і технічної підготовки процесу зборки.

© О. Л. КОНДРАТЮК, А. О. СКОРКІН, 2014

**Мета роботи.** Формування сукупності умов підвищення ефективності збирання складних машинобудівних виробів в умовах дрібносерійного виробництва стало основною метою цієї роботи.

**Основний зміст системи дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів.** Практично усі технічні завдання, що вирішуються шляхом маніпуляцій з предметом виробництва, мають на увазі зміну числа його ступенів свободи. При цьому треба враховувати, що предмет машинно-ручних операцій втрачає їх на користь свободи з тією технічною системою, в яку він включений. Тому ступінь свободи об'єкту машинно-ручної роботи є базовим у визначенні усіх технічних властивостей системи обробки, а, отже, подібність між функціональними характеристиками робітника і використовуваними їм технічними об'єктами відкриває доступ до них для подальшого використання і корекції.

На робочому місці (рис. 1) можуть бути розміщені: основне технологічне устаткування, допоміжне устаткування (транспортні засоби; складальні стенди, різноманітні вантажопідйомні пристрої і тому подібне), технологічне оснащення (збиральний і вимірювальний інструмент, різноманітні пристосування та технічна документація), організаційне оснащення (виробничі меблі, тара, засоби сигналізації, зв'язку, освітлення, захисні і запобіжні пристрої та засоби по охороні праці і техніці безпеки). Час складання виробів в системі дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів (СДЗ СМВ) визначає технологічний операційний час (норму часу), необхідний для виконання робіт при проведенні технологічної операції.

Час складання залежить від ряду чинників: виду і номенклатури виконуваних технологічних переходів, як основних, так і допоміжних; кількості одночасно зібраних виробів і проведених операцій і, у зв'язку з цим, може бути класифіковано по ряду конструкторсько-технологічних ознак.

Ключовою в цьому плані є організаційна структура системи зборки структуру якої можна визначити за допомогою виразу (1).

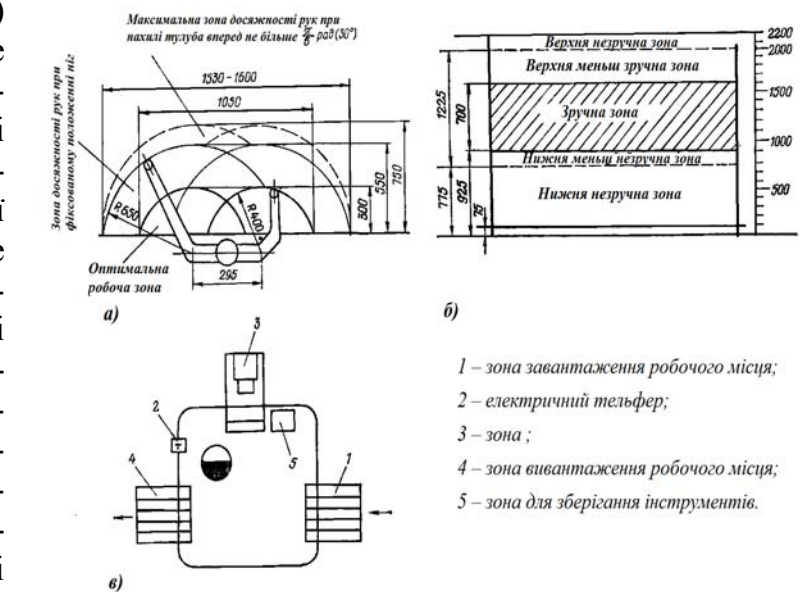


Рис. 1 – Планування робочого місця збиральника при вазі вузла більше, ніж 16 кг. а – ергономічна зона рухів в горизонтальній площині; б – ергономічна зона рухів в вертикальній площині; в - планування робочого місця збиральника

$$\left[ x_7(x_4\{d, v, m\}) \otimes_{\min(A, N, T, C)}^{x_5, x_6} \{x_1, x_2, x_3\} \right] \Rightarrow x_7(x_4\{B\}), \quad (1)$$

де:  $\{x_1, x_2, x_3\}$  - елементи системи складання: робоче місце складальника, система транспортування виробу, система складування виробу;  $x_5$  - технологічна операція складання (ТОС);  $x_6$  - технологічний процес складання (ТПС);  $x_7(\dots)$  - партія виробів (ПВ);  $x_4\{\dots\}$  - стани партії виробів (СПВ);  $\{d, v, m\}$  - деталі, вузли та допоміжні матеріали, з яких складається вироб ( $d, v, m$ ), вироб (В);  $\min(A, N, T, C)$  - критерії формування організаційно-технічних та технологічних рішень, що застосовуються в процесі функціонування скла-

дальної ділянки: робота з'єднання (А), потужність енергетичної установки обладнання, що витрачена на процеси зборки та транспортування (N), час складання і транспортування вузла (Т), приведені витрати на створення і підтримку виробничої системи в працездатному стані (С); ⊗ - позначення взаємодії елементів складальної системи; ⇒ - позначення перетворення елементів складального процесу.

*Динамічна модель процесу проектування зборки.* Математичне моделювання дозволяє розкрити функції проектування через функції опису станів, які в процесі проектування утворюють послідовність, і функції переходу від одного стану до іншого (рис. 2). При цьому процес зборки характеризується зміною складу виробу, який підкоряється закономірностям взаємного положення деталей і їх поверхонь в тривимірному просторі. Порядок зборки визначається властивостями виробу: усі деталі обмежені в переміщеннях по усіх напрямках; одні деталі закривають доступ до інших; кожна деталь орієнтована відносно іншої.

Таким чином, динамічна модель дозволяє визначити простір зміни стану і основні множини, та характер зміни, таким чином основний закон перетворення одного стану в інше. У загальному випадку, динамічна модель оцінює завдання проектування в головному, а саме: динамічна модель дозволяє визначити основну властивість, що характеризує процес проектування; крім того, через цю властивість виражається поняття зміни, через яку може бути виражена зміна будь-якого об'єкту проектування технології машинобудування.

Наявність загальної основної властивості дає можливість різнохарактерні елементи, що беруть участь в завданнях проектування, представити як єдине змінюване ціле.

*Інформаційна модель процесу проектування зборки* характерна трьома етапами перетворень (рис 3.). На першому етапі розглядаються будь-які впорядковані пари деталей. Розглянуті інформаційні моделі представляють завдання проектування у вигляді послідовності математичних завдань проектування інформації з вказівкою для кожного завдання початкових і отримуваних великих кількостей. Інформаційна модель дозволила розглянути порядок перетворення інформації при рішенні завдань. Кожен етап перетворення в інформаційній моделі представлений Декартовим добутком, що означає

необхідність визначення надалі умов (функцій, процедур) формування підмножин з елементів розглянутих Декартових добутків. Інформаційна модель дозволила виявити основні математичні категорії завдання (множини і існування стосунків). Таким чином, інформаційна модель стає необхідним етапом для побудови формальної схеми рішення задачі, що поставлена.

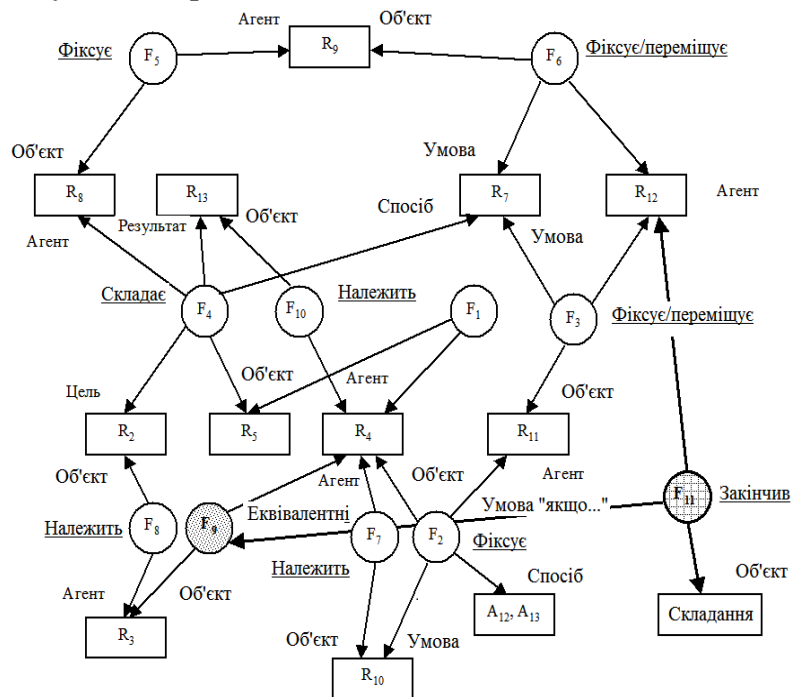


Рис. 2 – Семантична мережа зв'язку функціональних характеристик СДЗ СМВ з її станами



Логіко-лінгвістична модель процесу проектування зборки. Для семантичної мережі сформовано низку правил у вигляді логіко-лінгвістичних моделей, які визначають стан елементів системи збірки, а так само переходу з одного стану в інший. Зрештою логіко-лінгвістична модель дає опис затверджень технології в математичній формі за допомогою логічних функцій, що виражають технологічні взаємодії через класи взаємодій.

Розглянуті властивості конструкції виробу, необхідні для вирішення завдань автоматизації конструювання і проектування процесів зборки.

Враховуючи інформаційну, семантичну і логіко-лінгвістичну моделі процесу зборки, була розроблена узагальнена структура системи імітаційного 3D моделювання складального процесу, яка реалізується на 3 - вимірних моделях його елементів, переходів системи з одного стану в інший. Вона є моделлю монітора який забезпечує опитування стан кожного з елементів тих, що входять в систему зборки і перевіряє наявність умов переходу елементів з одного стану в інший до тих пір, поки умова зборки вузла в цілому не буде виконана.

Таким чином, узагальнену модель системи 3D моделювання зборки вузла можна представити у вигляді опису станів її елементів в різні моменти часу на допустимій множині станів (2), метою якої є досягнення екстремального значення цільової функції Н відповідно до структурної модель. критеріїв ХС

$$\Sigma = \{T, X, U, \Omega, Y, G, H, G\} \quad (2)$$

де: Т - множина моментів часу, на яких аналізується виробнича система;

Х - множина станів елементів виробничої системи (робоче місце складальника, транспортна система, склад);

U - вхідні дії на робочому місці складальника (РМС), у транспортній системі (ТС), на складі (С) (команди на збірку, завантаження, розвантаження та ін.);

W - множина допустимих вхідних дій на РМС, у ТС, на С;

Y, G - миттєві значення реакцій на РМС, у ТС, на С на допустимі вхідні дії;

G - моделі перетворення вхідних сигналів РМС, ТС, С, СС у вихідні;

H - вектор миттєвих станів системи складання (СС):

**Висновки.** В ході проведених досліджень створено алгоритми і імітаційні логіко-лінгвістичні моделі структурно-параметричного синтезу системи дрібносерійного збирання складних машинобудівних виробів, які засновані на об'єктно-орієнтованому підході та цілеспрямованому пошуку і оцінці варіантів структур і параметрів не потокових систем дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів.

**Список літератури:** 1. Балабанов А. Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. [Текст]/ А. Н. Балабанов // М.: Изд-во стандартов, 1992. - 464 с. 2. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения. [Текст]/ Б. М. Базров //М. Машиностроение, 2005. - 736 с. 3. Кондаков А. И. САПР технологических процессов. [Текст]/ А. И. Кондаков //М.Издательский центр «Академия», 2007.-272с. 4. Аверченков В. И. Основы построения САПР. [Текст] / В. И. Аверченко, В. А. Камаев //Учебное пособие. Волгоград, Изд. ВПИ, 1984. - 120 с. 5. Аверченков В. И. Автоматизация отработки деталей на технологичность конструктивных форм. [Текст] / В. И. Аверченко, В. А. Шкаберин // Международный

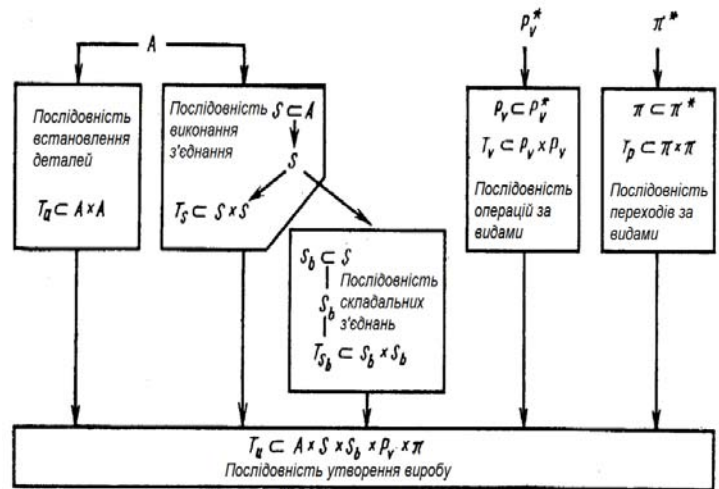


Рис. 3 – Інформаційна модель процесу проектування зборки

научно-техн. конф. "БАЛТТЕХМАШ-98": Материалы конф. Калининград, 1998. - 30-31 с. **6. Замятин В. К.** Технология и оснащение сборочного производства машино и приборостроения. [Текст]/ В. К. Замятин // Справочник Машиностроение, 1995. – 608 с.

*Надійшла до редколегії 11.01.2014*

УДК 658.512:658.52.011.56

**Закономірності функціонування системи дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів/ Кондратюк О. Л., Скоркін А. О.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.12-16. – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459

Проведенные исследования системы мелкосерийной сборки сложных машиностроительных изделий с целью решения вопроса оптимизации организационно технологической и технической подготовки сборочного производства.

**Ключевые слова:** Производство, модель, сборка, семантическая сеть

**Regularities system functioning small series assembling complicated mechanical engineering products/ O. L. Kondratiuk, A. O. Skorkin** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.12-16. Bibliogr.:6. ISSN 2079-5459

Studies of small-scale assembly of complex engineering products to address the issue of optimization of technological and organizational technical training assembly production.

**Keywords:** Manufacturing, model assembly, semantic network

УДК 622.245.3

**А. Р. ЮРИЧ**, канд. техн. наук, доц., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

## **ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ**

В статті пропонується підхід до оцінки напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колони в процесі буріння, за допомогою спеціального пристрою та коригування їх параметрів.

**Ключові слова:** буріння свердловин, компоновка низу бурильної колони, профіль стовбура свердловини.

**Вступ.** На даний час переважна більшість родовищ України перебувають в довготривалій експлуатації і знаходяться на завершальній стадії розробки, яка характеризується високим ступенем обводненості та вироблення запасів. Першочергова реалізація чергу активних запасів призвела до збільшення частки важковидобувних покладів, і ця тенденція зростає. Це викликано насамперед, складними гірничо-геологічними умовами буріння та відсутністю адаптивного до них техніко-технологічного забезпечення. Незважаючи на це, єдиним способом реалізації таких проектів залишається спорудження похило-скерованих і горизонтальних свердловин складних просторових профілів. При їх бурінні важливу роль відіграє стійкість стінок стовбура свердловини, яка залежить від режимів прокачування та якості промивальних рідин, конструкції, режимів спуску і обертання бурильної колони (БК), інтенсивності виконання спуско-підймальних операцій. Форма поперечного перерізу стовбура свердловини, локальні його викривлення, жолобні виробки і каверни на стінках [1] часто стають причинами заклинювань, затяжок та прихоплень БК, передчасного її зношування та причиною втрати проектної траєкторії буріння через неспроможність компоновок низу бурильної колони (КНБК) [2, 3] забезпечити долоту необхідну траєкторію руху. При бурінні свердловин одним із основних режимно-технологічних параметрів, що впливає на ефективність руйнування гірських порід, напружено-деформований стан БК, відхиляюче зусилля на долоті є осьове навантаження на

© А. Р. ЮРИЧ, 2014



долото. Визначення його величини в процесі буріння забезпечує пристрій під назвою “гідролінійний індикатор ваги” (ГІВ), який характеризується дуже низькою точністю вимірювання, поганою працездатністю та інформативністю. За кордоном на сьогодні використовують спеціальне глибинне обладнання – телеметричні системи, які на відміну від ГІ-Ва, містять модулі визначення осьового навантаження на долоті безпосередньо в умовах вибою. Проте їх використання у поєднанні з вітчизняним буровим обладнанням ускладнюється низькою техніко-технологічних проблем, усунення яких можливе лише шляхом проведення модернізації бурових комплексів, зокрема системи очистки бурових розчинів, контролю їх реологічних параметрів, привідних систем бурових доліт тощо. Крім того їх використання є неефективним також з економічних міркувань, оскільки затрати на обладнання та інженерний супровід при виконання робіт є суттєвими і при незначних дебітах довгоочікуваними.

**Мета роботи.** Розроблення надійних, простих у використанні конструкцій технічних засобів для оцінки напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колони та визначення фактичного осьового навантаження на долото.

**Опис конструкції пристрою.** Для поєднання зарубіжного досвіду по контролю режимно-технологічних параметрів буріння і вітчизняного бурового устаткування було запропоновано компромісне рішення, яке передбачає використання пристрою [4] для безпосереднього вимірювання згинального моменту в нижній частині БК і перерахунку за ним осьового й радіального зусиль на долоті.

Основними конструктивними вузлами розробленої конструкції, згідно (рис. 1), є: корпус 8, верхній 6 і нижній 18 перевідники, ствол 7, втулки 9, 10 і 12, пластина 21, гідролінійний канал 19, пластина з м'якого металу 20, круговий паз 22, сідло 13, кульковий замок 14, корпус вузла сприйняття зусиль 15, циліндри 2 і 23, поршні 1 з гідролінійними отворами 3, кріпильні елементи 16, 28, корпус вузла реєстрації зусиль 11, плунжери 24, пера 25, гідролінійні отвори 26, пружини 27, кришка 29, болти 30, трубопроводи 4, корзина 17, металева кулька 5.

Для роботи з пристроєм необхідно в БК закинути металеву кульку 5, яка, опустившись до вибою сяде, на сідло 13 і перекриє його промивальний канал. Надалі, при включеному буровому насосі відбувається перетікання бурового розчину через канали 19 у простір між стволом і рухомими втулками що спричиняє повздовжнє переміщення втулок 10 і 12 вздовж ствола 7.

Під дією згинального моменту у свердловині ствол пристрою 7 зміщується у поперечному напрямі відносно корпуса 8 і діє на поршні 1, які передають навантаження на пера 25, що відкреслюють на металевих пластинах 22 лінію (у вигляді подряпини). Зважаючи на те, що стріла прогину корпуса пристрою в стовбурі свердловини не перевищує одного міліметра, для її масштабування конструкцією передбачено зменшення діаметрів поршнів реєструючих циліндрів в 4 рази по відношенню до сприймаючих циліндрів.

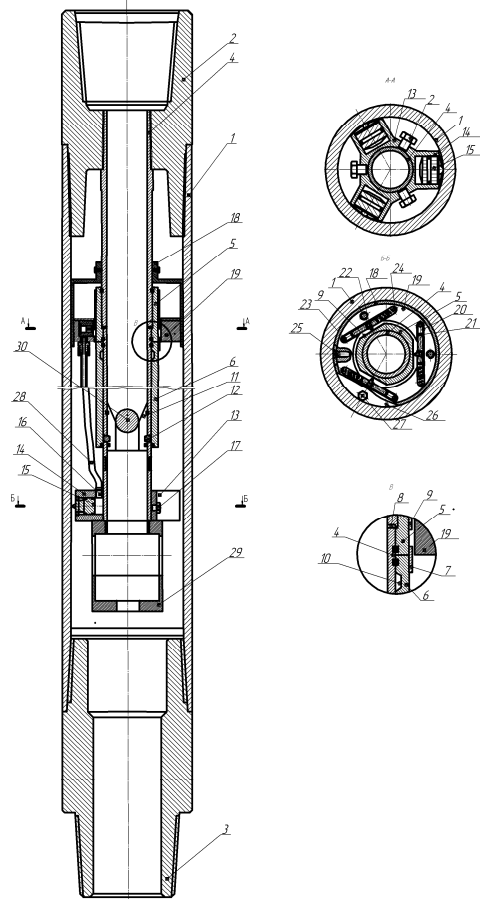


Рис. 1 – Принципова схема конструкції пристрою для вимірювання зусиль в бурильній колоні [4]

**Встановлення технічних характеристик пристрою.** З метою побудови тарувальної характеристики пристрою змонтовано лабораторний стенд (рис. 2). Для проведення досліджень корпус приладу монтується в основі стенду, щоб його середина співпадала з вершиною внутрішньої конусної поверхні основи. Один кінець корпусу опирають на реакційну опору, таким чином щоб забезпечити горизонтальність встановлення корпусу, яку контролюють за допомогою рівня. На іншому кінці корпусу монтується навантажувальний вузол. Він складається з гідравлічного домкрата та динамографа стискання, за показами якого фіксують значення прикладеної поперечної згинаючої сили. Прогин корпусу приладу фіксують за допомогою мікрометра, що закріплений на штативі.

Для оцінки адекватності отриманих результатів проведено теоретичний розрахунок балки згідно з основними принципами опору матеріалів. Тарувальні криві отримані двома методами зображені на рис. 3.



Рис. 2 – Загальний вигляд лабораторного стенду для побудови тарувальної характеристики

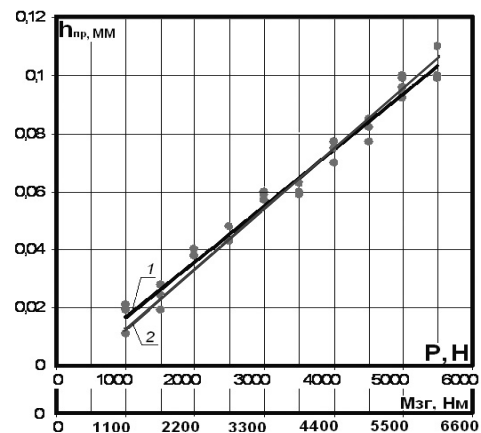


Рис. 3 – Результати тарування корпусу пристрою: 1 - розрахункова крива, 2 - експериментальна крива

**Методика використання пристрою в промислових умовах.** Промислові дослідження проводяться безпосередньо під час буріння в такій послідовності:

- 1) При поточній заміні долота пристрій включається до складу БК.
- 2) По завершенні додання долотом у БК вкидають металеву кульку.
- 3) По ГВУ виставляють необхідне осьове навантаження на долото.
- 4) Включають буровий насос і стежать за показами манометра.
- 5) Стрибок тиску на ньому засвідчить спрацювання пристрою і фіксування величини прогину.

6) Надалі проводиться підйом БК, від'єднання пристрою від неї і його розкомплектування з метою зняття та обробки записів.

7) Залежно від зайнятої позиції пристрою у стовбурі свердловини можливі різні варіанти розташування самописців у площині згину: (рис. 4, а) відображає одну лінію, (рис. 4, б, в) – дві.

8) При отриманні в результаті вимірювання лише однієї лінії (рис. 5, а) дійсний прогин пристрою буде визначатися за змасштабованим значенням віддалі між нульовою і отриманою відмітками на пластині.

9) Аналогічно, як і в попередньому випадку, при отриманих двох кривих на фіксуючих пластинах, для визначення його дійсного значення та кута  $\delta$ , згідно (рис. 5), використовується наступна система рівнянь:

$$\begin{cases} A_1 N = h_1 = A_2 A_1 \sin(\alpha_1) = h_{np} \cos(\delta) \\ B_1 M = h_2 = B_2 B_1 \sin(\alpha_2) = h_{np} \sin(\delta - 30^\circ) \end{cases} \quad (1)$$

де  $B_1 M$  і  $A_1 N$  – максимальні значення прогинів за результатами вимірювання.

10) Згідно з графіком (рис. 3) за величиною прогину  $h_{np}$  визначають згинальний момент в січenni Б-Б, (рис. 1) і проводять перерахунок компоновки за відповідними математичними моделями [5, 6]. У результаті, отримуємо фактичні відхиляючої і осьової сили на долоті, реакції на опорно-центруючих елементах.

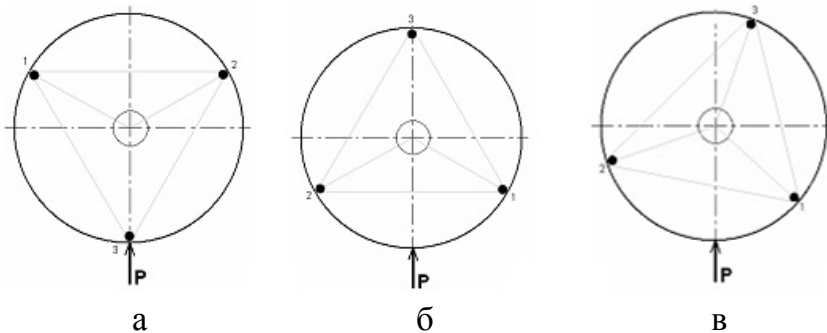


Рис. 4 – Схема розташування самописців відносно площини згину: а – один самописець в площині згину; б, в – два самописці в площині згину: 1, 2, 3 – точки запису

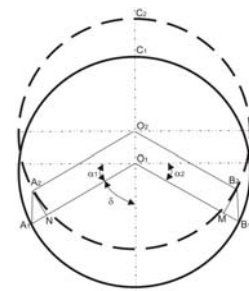


Рис. 5 – Розрахункова схема визначення максимального прогину пристрою за експериментом

**Випробування пристрою в промислових умовах.** Дослідно-промислове випробування розробленого пристрою проводилось на свердловині Микитинецька №1 ЗАТ «Газінвест» в інтервалі буріння під кондуктор на глибині буріння 274 м.

Пристрій був включений до складу КНБК: долото  $\varnothing 295,3$  мм, ОБТ32-178 – 6 м; експериментальний пристрій – 1,4 м; ОБТ32-178. У момент проведення випробування зенітний кут стовбура свердловини становив  $5^{\circ}$ , густина бурового розчину –  $1220 \text{ кг/м}^3$ ,  $P_{oc}=100 \text{ кН}$  (за ГІВ).

По завершенні експерименту пристрій було піднято з вибою, розкомплектовано і проведено інтерпретацію зафіксованих на пластинах записів (рис. 6). За ними, з використанням (1) було обчислено усереднену величину уявного прогину приладу – 1,5 мм і його дійсне значення – 0,09 мм. За тарувальним графіком (рис. 3) встановлено величину згинального моменту 4850Нм та проведено перерахунок величини дійсного осьового навантаження і відхиляючого зусилля на долоті. У результаті розрахунку встановлено фактичні значення шуканих величин, у КНБК, що складена з ОБТ32-178, ( $P_{oc}=76,4 \text{ кН}$ ,  $Q=692 \text{ Н}$ ), які на етапі проектування прийняті з значеннями 100 кН та 624 Н відповідно.



Рис. 6 – Лінії, отримані при проведенні контрольного заміру

## Висновки

1. Розроблена конструкція є працездатною і її використання в процесі буріння розширює можливості оцінки умов роботи КНБК на вибої свердловини. Зокрема визначення фактичних величин осьового та бокового зусилля на долоті, згинального моменту в КНБК, дійсної довжини стиснутої і розтягнутої частин БК, уточнення величини сил тертя між елементами компоновки та стовбуром свердловини.

2. Отримані результати свідчать про необхідність оцінки напружено-деформованого стану КНБК за результатами вимірювань на вибої свердловини.

3. Разом з тим при знятті записів виникли певні труднощі, що пов'язані з невеликими значеннями прогину. Крім того дана конструкція забезпечує проведення одноразового заміру, що є не зовсім практично. Тому подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення вузла сприйняття та реєстрації навантажень. Зокрема планується використання сучасних реєструючих датчиків інформація з яких передаватиметься в цифровому вигляді на карту пам'яті. Це дасть змогу значно підвищити інформативність заміру та про-

водити його на протязі певного часу не тільки безпосередньо при бурінні але й при спуско-підіймальних операціях.

**Список літератури:** 1. Белов В. П. Образование каверн при бурении скважин [Текст] / В. П. Белов – М.: Недра, 1970. – 150 с. 2. Калинин А. Г. Бурение наклонных и горизонтальных скважин / А. Г. Калинин, Б. А. Никитин, К. М. Солодкий, Б. З. Султанов – М.: Недра, 1997. – 651 с. 3. Султанов Б. З. Работа бурильной колонны в скважине / Б. З. Султанов, Е. И. Ишемгужин, М. Х. Шаммасов и др. - Недра, 1973. – 217 с. 4. Пат. 27621 Україна, МПК 2006 E21B19/00. Пристрій для вимірювання зусиль в колоні бурильних труб / Івасів В.М., Ногач М. М., Чудик І. І, Андрусів Я. Й., Воробель Р. В., Юрич А.Р.; заявник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – заявка №u200706854; заявл. 18.06.2007; Опубл. 12.11.2007. Бюл. №18. - 37с.: іл. 5. Юрич А. Р. Математичне моделювання положення безопорних компоновок низу бурильної колоні (КНБК) в похило-скерованому стовбурі свердловини / А. Р. Юрич // Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – №1(26). – С.40-43. 6. Моделювання компоновок низу бурильної колоні з опорно-центруючими елементами (ОЦЕ) в похило-скерованому стовбурі свердловини / А. Р. Юрич, І. І. Чудик, В. В. Грицив та ін.// Розвідка та розробка нафтових та газових родовищ. – 2008. – №2(27). – С. 51-55.

*Надійшла до редколегії 11.01.2014*

УДК 622.245.3

**Пристрій для оцінювання напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колоні / Юрич А. Р.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.16-20 . – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459

В статті пропонується підхід к оцінці напружено-деформованого стану компоновок низу бурильної колоні в процесі буріння, з допомогою спеціального пристрою і корекції їх параметрів.

**Ключові слова:** буріння скважин, компоновка низу бурильної колоні, профіль ствола скважини.

**Tool for definition of intense-deformed state of bottom assembly/ A.R. Yurych** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.16-20. Bibliogr.:6. ISSN 2079-5459

This article offered an opportunity to improve designs of SCE bottom borehole by new scientific and practical decisions aimed at clarifying the conditions of their work in well with industrial data, measured in the hollows using a specially designed device

**Keywords:** drilling, the bottom hole assembly, borehole profile.

УДК 662.9

**Н. Б. СКРИПЧЕНКО**, аспірант, НТУ «ХПІ»

## **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ДАВЛЕНИЙ ПРИ КОНТАКТЕ ТЕЛ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ ПО ПОВЕРХНОСТЯМ БЛИЗКОЙ ФОРМЫ ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ КОНТАКТНЫХ ПЛОЩАДОК**

Для случая контакта тел с близкими радиусами кривизны предложена общая постановка контактной задачи. Осуществлена параметризация задачи относительно геометрических размеров контактирующих тел. Получены значения максимальных контактных давлений и длины полуосей контактного пятна.

**Ключевые слова:** контактное взаимодействие, метод конечных элементов, контактные площадки, контакт тел близкой формы.

**Введение.** Как известно, контактное взаимодействие – один из основных способов

© Н. Б. СКРИПЧЕНКО, 2014

передачи механического воздействия между деталями машин в процессе эксплуатации [1, 2]. Для современного машиностроения характерным является широкое применение конструкций, в которых передача требуемых сложных видов движения и значительных рабочих усилий осуществляется посредством соединения деталей с первоначально точечным контактом. Это – подшипники, зубчатые зацепления, муфты, подвижные опоры и т.п. Преимуществом такого вида контактных пар является меньшая чувствительность к погрешностям базирования контактирующих тел, а также к деформациям остальной, удаленной от зоны контактирования, части тел. Во время эксплуатации между контактирующими телами возникают значительные контактные давления, во многих случаях определяющие несущую способность машиностроительных конструкций, поэтому характер распределения контактного давления зачастую является определяющим для нагрузочной способности элементов машин.

**Анализ существующих методов.** Развитие методов решения контактных задач связано как с практическими потребностями техники, так и теоретическими разработками в области математики и математического моделирования. В последнее время значительные достижения в области исследования контактного взаимодействия также связаны с прогрессом численных методов и ростом вычислительных возможностей: с одной стороны, неизменно расширяется круг инженерных приложений, в которых востребованы знания о поведении тел, пребывающих в контакте; с другой стороны, постоянно возникают новые и находят применение известные математические и численные методы, предназначенные для анализа контакта тел с учетом большего числа физико-механических процессов, связанных с этими явлениями.

Существует огромное множество методов определения контактных давлений и контактных площадок в сопряжениях контактирующих деталей, что порождает при проектировании новых изделий проблему выбора рациональной системы анализа. Каждому из методов свойственны свои преимущества и недостатки [3].

Первый результат, относящийся к механике контактного взаимодействия деформируемых тел, принадлежит Г. Герцу [4]. Его решение справедливо только для идеально упругих тел с первоначальным точечным контактом в случае, когда размер зоны контакта мал по сравнению с размерами самих тел, а поверхностное трение отсутствует.

Впоследствии были получены аналитические решения для разных типов контакта тел разнообразной формы. Разнообразны также и использованные авторами математические методы, относящиеся к целому ряду областей математической физики и функционального анализа. Такие методы (и, в частности, метод Герца) позволяют получить быстрые и точные решения задач контактного взаимодействия. Однако их применение в инженерных приложениях в значительной степени ограничено: плохо поддаются решению аналитическими методами задачи с неизвестной границей (в особенности пространственные), а зачастую они сложны математически и не пригодны для параметрического анализа. Гораздо более универсальными и гибкими являются методы, основанные на дискретизации тел и их границ. Применительно к контактным задачам наиболее часто употребляемыми являются метод граничных элементов (МГЭ) [5] и метод конечных элементов (МКЭ) [6]. Но и они не лишены недостатков. Метод граничных элементов (МГЭ) отличается сложностью применения для тел произвольной формы и из неоднородных материалов. Метод конечных элементов (МКЭ) характеризует громоздкость модели и трудоемкость определения границ зон контакта в случае их сложной формы и малости [3]. В связи с этим в работе предложено использовать все три упомянутых метода с учетом их преимуществ и недостатков. На первых этапах проектирования нужно отдать предпочтение методу Герца. С другой стороны, модель Герца имеет существенное ограничение на применение по отношению к свойствам сопряженных поверхностей, которых в значи-

тельной степени лишена модель МГЭ. И, наконец, для достижения наибольшей точности максимально подходит МКЭ (что особенно важно на завершающих этапах проектирования сложнопрофильных тел), однако при этом требуя больших вычислительных затрат.

Кроме того, существуют также и физические факторы, влияющие на выбор того или иного метода моделирования из-за особенностей исследуемого объекта. В первую очередь это следующие особенности:

- конечность размеров контактирующих тел;
- стремление сблизить формы поверхностей контакта с целью уменьшения действующего контактного давления;
- быстрое прогрессирование площадок контакта на первых этапах роста нагружающих усилий контактирующих тел, а также естественное ограничение на их размеры при конечности площадок контакта в плане;
- наличие факторов, искажающих модель контакта гладких тел идеальной формы (погрешности изготовления, базирования, влияние НДС в удаленной от зоны контакта области тела, шероховатость, микро- и макронеровности, скругления кромок и т.п).

В силу этих факторов существенно также учесть адекватность и применимость тех или иных математических моделей и методов.

**Методология исследований.** Как указывалось выше, наиболее употребляемыми являются модель Герца, МКЭ и МГЭ. Также часто применяются и другие аналитические модели [7]. При этом необходимо отметить следующие особенности:

- значимые ограничения для применимости модели Герца (соизмеримость площади пятна контакта с размерами поверхностей контакта, близость формы контактирующих тел, наличие шероховатости, микронеровностей и т.п.);
- ощутимые расхождения результатов, получаемых при использовании различных моделей и методов, что вызывает ситуацию противоречивости и сомнительности получаемых результатов расчетов, а, значит, и неопределенности при принятии решений на их основе.

Таким образом, можно констатировать значительную актуальность и важность в научном и практическом плане задачи создания адекватных, точных, оперативных методов анализа взаимодействия тел конечных размеров по поверхностям близкой формы.

В ходе изложения в работе предлагается новый подход к решению получаемых связанных задач анализа напряженно-деформированного состояния сложнопрофильных тел и синтеза сопряженных поверхностей с локальным контактом.

Данный подход состоит в том, что для решения задач анализа контактного взаимодействия привлекается общая локальная или вариационная постановка. Для дискретизации получаемых задач используются методы конечных элементов и граничных элементов, реализуемые как в универсальных комплексах типа ANSYS, так и в оригинальных программах [3]. Далее для определенного класса тел исследуется путем численного анализа влияние тел или иных факторов и параметров (см. выше). Это дает возможность, во-первых, строить аппроксимационные зависимости для определения контактных зон и контактных давлений, а, во-вторых, получать базовую информацию для оценки адекватности и точности результатов, получаемых с применением других моделей и методов. Следует заметить, что частично основные элементы математических моделей (Герц, МКЭ, МГЭ) для данных объектов описаны в [3]. В связи с этим в данной статье основное внимание будет уделено решению и анализу численных результатов, полученных при решении тестовых задач.

**Тестовая задача.** Решается задача о контакте плоского тела с частью параболоида. Расчетная схема модельной задачи представлена на рис. 1. Размеры тел:  $b = 0.015$  м,  $c = 0.01$  м. Радиусы кривизны:  $R_1 = 50$  м и  $R_2 = 5000$  м. Величина прижимающего усилия:



$F = 400$  Н. Материал:  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па,  $\nu = 0.3$ . Тела – гладкие. Напряженно-деформированное состояние симметрично относительно вертикальных плоскостей. В связи с этим рассматривается 1/4 конструкции. Дискретизация задачи осуществлялась по методу конечных элементов, реализованном в программном комплексе ANSYS Workbench. Варьируемым параметром является величина размера  $a$ , которая изменялась в диапазоне  $1,5 \cdot 10^{-2} - 0,5 \cdot 10^{-2}$  м.

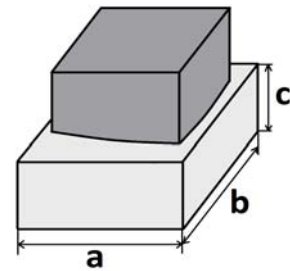


Рис. 1 – Расчетная схема модельной задачи

С использованием построенной конечно-элементной модели определялись зависимости максимальных контактных давлений  $P$  (рис. 2) и максимальных эквивалентных напряжений  $\sigma$  (рис. 3) от изменения величины стороны  $a$ .

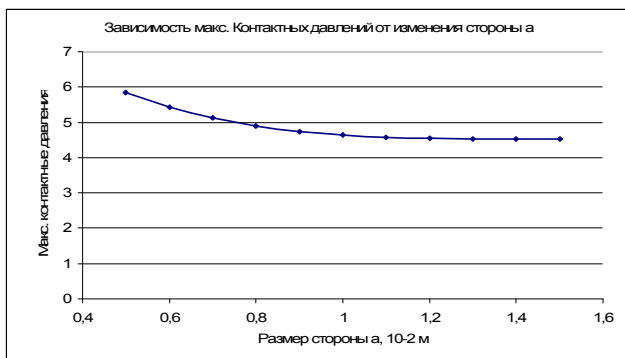


Рис. 2 – Зависимости максимальных контактных давлений  $P$  от изменения величины стороны  $a$

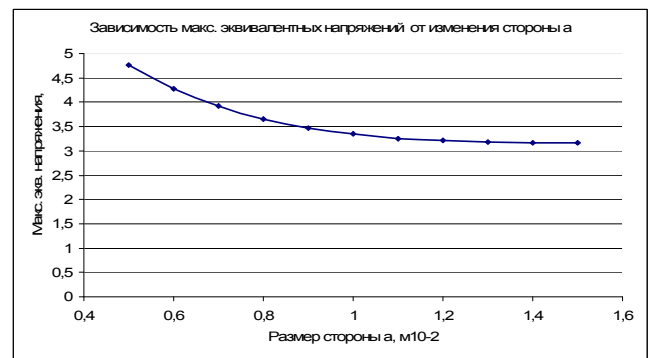


Рис. 3 – Зависимости максимальных эквивалентных напряжений  $\sigma$  от изменения величины стороны  $a$

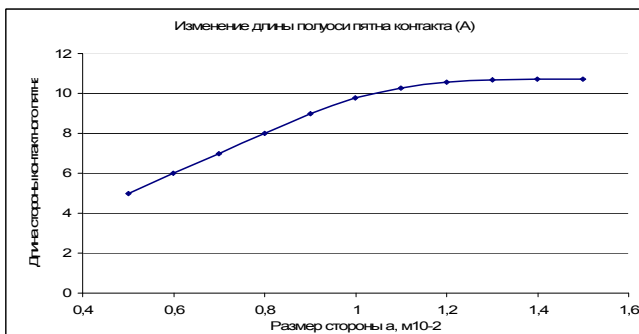


Рис. 4 – Зависимости длин сторон контактного пятна  $a'$  от изменения величины размера  $a$

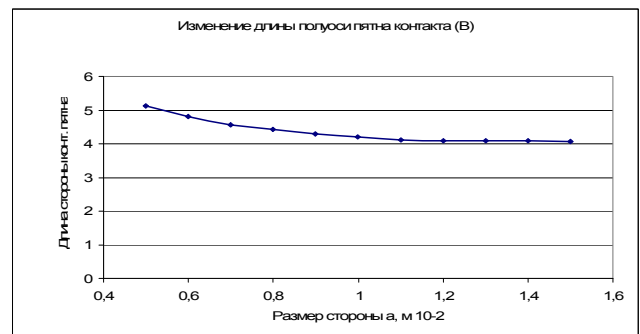


Рис. 5 – Зависимости длин сторон контактного пятна  $b'$  от изменения величины размера  $a$

Также во время проведенного исследования были получены зависимости значений длин контактного пятна  $a'$  и  $b'$  от изменения величины стороны  $a$  (рис. 4, 5). Где  $a'$  – значение длины контактного пятна, направленное вдоль варьированного размера  $a$ ,  $b'$  – вдоль размера  $b$  соответственно (рис. 1).

На рис. 6 показаны распределения контактных зон и контактных давлений. На представленных зависимостях видно, что пока пятно контакта не достигает границ тела, с уменьшением размера контактирующих площадок – контактное давление распределяется за счет увеличения размеров самого пятна.

Однако, когда пятно контакта выходит на границы контактирующих тел, резко начинают расти контактные давления и начинает расти длина контактного пятна  $b'$ .

При этом распределение контактных давлений становятся существенно отличными от герцевских. Это подтверждают полученные эпюры распределения контактного давления, представленные на рис. 7.

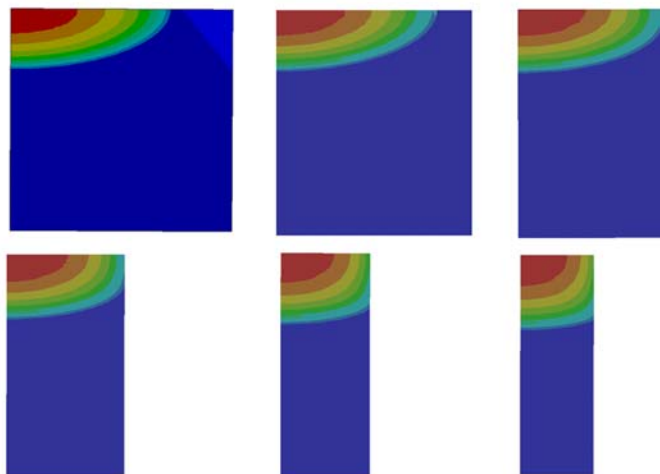


Рис. 6 – Распределения контактных зон и контактных давлений

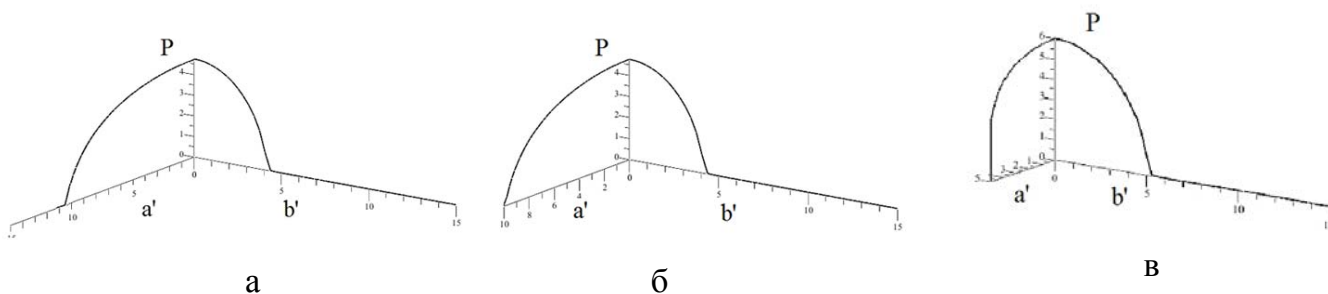


Рис. 7 – Эпюры распределения контактного давления  
(а –  $a = 1,5 \cdot 10^{-2}$ ; б –  $a = 1 \cdot 10^{-2}$ ; в –  $a = 0,5 \cdot 10^{-2}$  м)

**Выводы.** В статье описаны результаты исследования распределения контактных давлений для случая контакта тел с близкими радиусами кривизны при изменении размера тел, находящихся в контакте.

На модельных задачах проиллюстрировано, что уменьшение размера контактирующих площадок приводит к тому, что пятно контакта выходит на границы тел, а затем – начинает расти за счет увеличения длины контактного пятна  $b'$  и его распределение перестает иметь вид герцевского. В дальнейшем планируется исследование контактного взаимодействия при варьировании геометрических размеров (в плане) исследуемых тел.

**Список литературы:** 1. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. – М.: Мир, 1989. – 509 с. 2. Галин Л. А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. – М.: Наука, 1980. – 303 с. 3. Ткачук Н. Н. Анализ контактного взаимодействия сложнопрофильных элементов машиностроительных конструкций с кинематически сопряженными поверхностями: дисс. кандидата техн. наук: 05.02.09 / Ткачук Николай Николаевич. – Харьков, 2010 – 203 с. 4. Hertz H. Über die Berührung fester elastischer Körper. Math.. – 1881. – Vol. 92. – S. 156-171. 5. Крауч С. Методы граничных элементов в механике твердого тела. – М.: Мир, 1987. – 328 с. 6. Belytschko T., Liu W.K. and Moran B. Nonlinear Finite Elements for Continua and Structures – New York: J. Wiley & Sons. – 2000. – 600 pp. 7. Попов А. П. Контактная прочность зубчатых механизмов. – Николаев: НУК, 2008 – 580 с.

Надійшла до редколегії 22.01.2014

УДК 665.9

Распределение контактных давлений при контакте тел конечных размеров по поверхностям близкой формы при варьировании контактных площадок/ Скрипченко Н. Б. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 7 (1050). – С.20-25. – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459



Для випадку контакту тіл з близькими радіусами кривизни запропоновано загальну постановку контактної задачі. Здійснено параметризацію задачі відносно геометричних розмірів контактуючих тіл. Отримані значення максимальних контактних тисків та довжини напівосей контактної плями.

**Ключові слова:** контактна взаємодія, метод скінченних елементів, контактні поверхні, контакт тіл близької форми.

**The distribution of the contact pressure in contact tel finite surfaces intimate forms and varies pads / N. B. Skripchenko // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.20-25. Bibliogr.:7. ISSN 2079-5459**

General formulation of contact problem was proposed for the bodies with the close radius. Geometric dimensions of the contact bodies was parameterized. The maximum contact pressure and the length of the semiaxes of the contact patches were obtained.

**Keywords:** contact interaction, finite element method, the contact areas, contact of close form bodies.

## УДК 693.6.002.5

**С. В. ПОПОВ**, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

**А. В. ВАСИЛЬЄВ**, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

### МАЛОГАБАРИТНІ РОЗЧИНОЗМІШУВАЛЬНІ УСТАНОВКИ

Наведені конструктивні особливості нових розчинозмішувальних установок для приготування будівельних розчинних сумішей безпосередньо на будівельних майданчиках із сухих компонентів (цемент, пісок) та води. Це суттєво здешевлює як вартість суміші, так і виконаних робіт.

**Ключові слова:** розчинозмішувальна установка, шнековий робочий орган, гідравлічний привод, механічний привод.

**Вступ. Актуальність роботи.** Зростання продуктивності праці під час виконання опоряджувальних робіт дозволить скоротити терміни будівництва, об'єми та вартість робіт, що виконуються, а також поліпшити якість будівництва. Під час виконання опоряджувальних робіт досить широко застосовуються будівельні розчинні суміші різного складу та рухомості. Засоби малої механізації, що призначені для невеликих обсягів робіт, надають можливим приготування сумішей безпосередньо на будівельних майданчиках із значним зниженням вартості останніх у 1,5-2 рази і більше [1, 2]. На жаль, на деяких будівельних об'єктах малогабаритного будівництва ми можемо ще й досі спостерігати за приготуваннями будівельних розчинних сумішей „вручну” або із застосуванням грушоподібних гравітаційних змішувачів, що не забезпечують достатньої однорідності розподілу компонентів кінцевого продукту, а також є досить трудомістким процесом для робітника. В деяких випадках будівельну розчинну суміш підвозять на будівельний майданчик у кузові самоскида. Це призводить до її розшарування і втрати технологічних властивостей, необхідності „підживлення” розчину.

Отже, впровадження високоефективних засобів малої механізації в будівництві суттєво зменшить частку людської праці та суттєво підвищить її ефективність.

Як зазначено вище, перспективним напрямком є розроблення та створення штукатурних агрегатів та установок із розчинонасосами для механізованого приготування і транспортування будівельних розчинних сумішей до робочих місць штукатурів. Існуючий модельний ряд засобів малої механізації є недостатньо широким на сьогоднішній час, а також існуючим моделям поруч із перевагами властиві також недоліки.

© С. В. ПОПОВ, А. В. ВАСИЛЬЄВ, 2014

Більшість конструкцій є ускладненими. Мають окремі приводи як для розчинонасоса, так і для змішувача (агрегат СО-180), що призводить до збільшення величини встановленої потужності при низькій ефективності використання приводних двигунів в цілому, маси і т.п. Також якість приготованої суміші є далеко не найкращою.

**Матеріали і результати досліджень.** Сьогодні у нашій державі відсутній серійний випуск малогабаритних розчинозмішувальних установок із розчинонасосами (штукатурно-змішувальних агрегатів). Застосування гідравлічного приводу робочих органів таких машин є новим та перспективним напрямом сьогодення. Це забезпечить плавність регулювання робочих процесів та підвищить ефективність та якість виконуваних робіт, суттєво зменшить рівень енергоспоживання. Розроблення прогресивної конструкції робочого органу змішувача також заслуговує уваги, так як від нього суттєво залежить якість приготування (змішування) компонентів будівельної розчинної суміші.

Лабораторією механізації ручної праці в будівництві та кафедрою технології машинобудування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка розроблена малогабаритна розчинозмішувальна установка із гідравлічним приводом УРЗ-4Г (рис. 1, 2), прототипом для створення якої слугувала розчинозмішувальна установка із механічним приводом УРЗ-3,8 (рис. 3, 4) [3].

УРЗ-4Г (рис. 1, 2) обладнується розчинонасосом із проточним плунжером РНГ-4 [4]. Основне призначення малогабаритної розчинозмішувальної установки із гідравлічним приводом – механізація процесів приготування у корпусі і транспортування трубопроводами будівельних розчинних сумішей безпосередньо до робочих місць на будівельних об'єктах. Технічна характеристика УРЗ-4Г наведена в табл. 1.

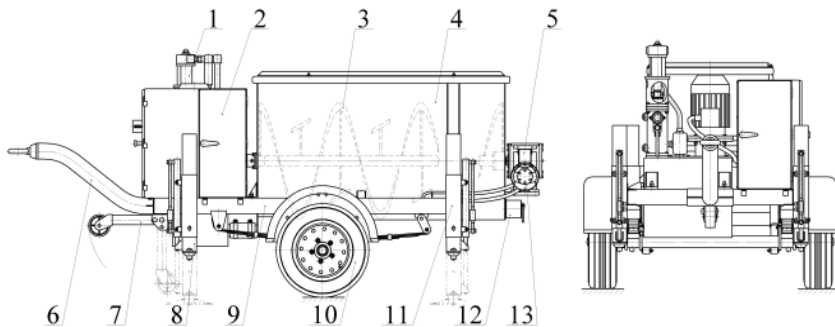


Рис. 1 - Малогабаритна розчинозмішувальна установка УРЗ-4Г із гідравлічним приводом (конструктивна схема)

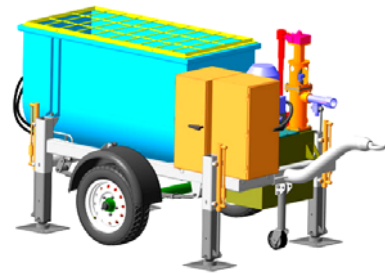


Рис. 2 - Малогабаритна розчинозмішувальна установка УРЗ-4Г із гідравлічним приводом (вигляд загальний)

Установка УРЗ-4Г містить гідравлічний розчинонасос 1, що складається з масляного насоса з баком, насосної колонки та привідного електродвигуна; пульт оператора 2 для керування приводом розчинонасоса і змішувача; шнековий робочий орган 3, що знаходиться у корпусі 4 змішувача; черв'ячний редуктор 5 марки Ч-100 для збільшення обертового моменту на валу шнека; причіпний пристрій 6, який дозволяє транспортувати установку легковим чи вантажним автомобілем у вигляді причепа; опорний ролик 7; дві виносні передні 8 та задні 11 опори для розвантаження підвіски із пневматичними колесами 10 під час робочого циклу установки; раму 9, на якій змонтовано все обладнання; затвор 12, що дозволяє здійснити швидке вивантаження готової суміші із корпуса змішувача у спеціальну тару; а також гідравлічний мотор 13 приводу шнекового змішувача. Усмоктувальний патрубок розчинонасоса з'єднаний трубопроводом із камерою-живильником, що розташована в днищі корпуса змішувача.

На рамі 1 установки УРЗ-3,8 (рис. 3, 4) закріплений корпус 2 з механічним шнековим змішувачем 3. Реверсивний привод змішувача містить електродвигун із пружнопальцевою муфтою, черв'ячний редуктор 4 і цівкову передачу 5. Наявність останньої суттєво відрізняє дану конструкцію від існуючих аналогів. Технічна характеристика УРЗ-3,8 наведена в табл. 2.

Таблиця 1 – Технічна характеристика малогабаритної розчинозмішувальної установки із гідравлічним приводом УРЗ-4Г

№ з. п.	Найменування показнику	Одиниці виміру	Значення
1	Місткість бункера змішувача	м <sup>3</sup>	0,43
2	Об'єм готового замісу	м <sup>3</sup>	0,35
3	Частота обертів змішувального вала	об/хв.	0...60
4	Рухомість будівельних розчинних сумішей, що перекачуються (ДСТУ Б В.2.7-23-95)	-	П12
5	Гідромотор: - тип - номінальна ефективна потужність	кВт	Г15-23Р 3,4
6	Гідронасос: - тип - робочий об'єм - мінімальна частота обертання	см <sup>3</sup> об/хв.	НШ-32 31,7 980
7	Електродвигун: - тип - потужність - частота обертання	кВт об/хв.	АИР100L2 5,5 2850
8	Редуктор - тип - передаточне відношення		Ч 100 31,5
9	Розчинонасос - тип - подача - максимальний тиск подачі розчину	м <sup>3</sup> /год МПа	РНГ-4 2...4 5,0
10	Габаритні розміри - довжина - ширина - висота	мм	2400 1000 1100
11	Маса	кг	600

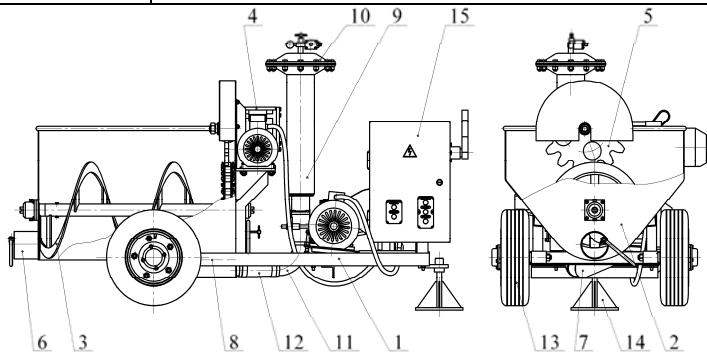


Рис. 3 – Малогабаритна розчинозмішувальна установка УРЗ-3,8 із механічним приводом (конструктивна схема)

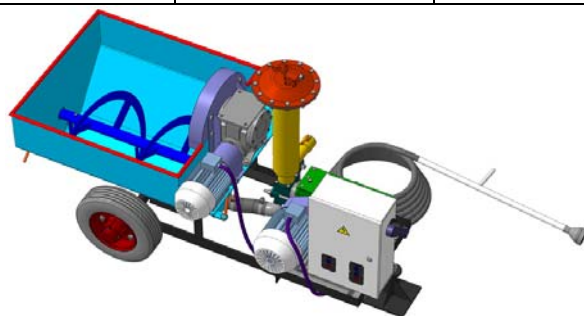


Рис. 4 – Малогабаритна розчинозмішувальна установка УРЗ-3,8 із механічним приводом (вигляд загальний)

Установки УРЗ-4Г та УРЗ-3,8 працюють наступним чином. Вмикається робочий орган змішувача. У корпус завантажуються сухі компоненти або суха будівельна суміш із

одночасною подачею необхідної кількості води. Приготована будівельна розчинна суміш видається через затвор у спеціальну тару чи за допомогою розчинонасоса трубопроводами подається до робочого місця штукатурки. При перекачуванні розчин із корпусу змішувача через камеру-живильник подається до всмоктувального патрубку розчинонасоса, а також проходить при цьому крізь змінну проціджувальну решітку (залежно від крупності фракції наповнювачів суміші). Після того як вся будівельна розчинна суміш із корпусу викачана, розчинонасос вимикають і установка готова до приготування чергової порції.

Таблиця 2 – Технічна характеристика малогабаритної розчинозмішувальної установки із механічним приводом УРЗ-3,8

№ з. п.	Найменування показнику	Одиниці виміру	Значення
1	2	3	4
1	Місткість бункера змішувача	м <sup>3</sup>	0,43
2	Об'єм готового замісу	м <sup>3</sup>	0,35
3	Частота обертів змішувального вала	об/хв.	40
4	Рухомість будівельних розчинних сумішей, що перекачуються (ДСТУ Б В.2.7-23-95)	-	П12
5	Електродвигун: - тип - потужність - частота обертання	кВт об/хв.	АИР90L4 2,2 1425
6	Редуктор - тип - передаточне відношення		Ч 100 31,5
7	Розчинонасос - тип - подача - максимальний тиск подачі розчину	м <sup>3</sup> /год МПа	РН-3,8 3,8 2,5
8	Габаритні розміри - довжина - ширина - висота	мм	2370 1020 1120
9	Маса	кг	540

**Висновки.** Розроблені малогабаритні розчинозмішувальні установки із гідравлічним та механічним приводами дають можливість механізувати роботи, пов'язані із приготуванням, транспортуванням та нанесенням на оброблювані поверхні будівельних конструкцій розчинних будівельних сумішей різної рухомості та складу, а також готувати кладочні розчини, видавати у спеціальну тару через затвор. Оригінальна конструкція робочих органів змішувачів створює рівномірний розподіл компонентів будівельної розчинної суміші в корпусі.

**Список літератури:** 1. Попов С. В. Мобільна розчинозмішувальна установка з однопоршневим розчинонасосом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец: 05.02.02 „Машини для виробництва будівельних матеріалів та конструкцій” / С. В. Попов. – Полтава, 2008. – 20 с. 2. Онищенко О. Г. Розроблення ефективного обладнання для комплексно-механізованого оштукатурювання поверхонь будівельних конструкцій / О. Г. Онищенко, С. В. Попов // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – Вип. 21. – С.3–12. 3. Пат. 29391 Україна. МПК (2006) Е 04 G 21/04. Установка для приготування і транспортування будівельних розчинів / Онищенко О. Г., Попов С. В.; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № у 2007 10540; заявл. 24.09.2007; опубл. 10.01.2008, Бюл.

№1. 4. Кукоба А. Т. Насос із гідравлічним приводом для подачі трубопроводами будівельних розчинів / А. Т. Кукоба // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) / Полт. держ. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка / Редкол.: О.Г.Онищенко (відп. ред.) та ін. – Полтава: ПДТУ, 1999. – Вип. 4. – С. 10–16.

Надійшла до редколегії 22.01.2014

УДК 693.6.002.5

**Малогабаритні розчинозмішувальні установки/ Попов С. В., Васильєв А. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.25-29 . – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459

Рассмотрены конструктивные особенности новых растворосмесительных установок для приготовления строительных растворов смесей непосредственно на строительных площадках из сухих компонентов (цемент, песок) и воды. Это существенно удешевляет как стоимость смеси, так и выполняемых работ.

**Ключевые слова:** растворосмесительная установка, шнековый рабочий орган, гидравлический привод, механический привод

**Small sized mortar-mixers/ S. V. Popov, A. V. Vasilyev**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.25-29. Bibliogr.: 4. ISSN 2079-5459

Considered design features of the new mortar-mixers for the preparation of building solutions directly on the construction sites by dry components (cement, sand) and water. This significantly reduces the cost as the cost of building solution, and the executed works.

**Keywords:** mortar-mixer, mixer screw, hydraulic drive, mechanical drive

**УДК 621.923.01**

**А. В. ВАСИЛЬЄВ**, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

**С. В. ПОПОВ**, канд. техн. наук, доц., Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка;

**О. С. КОСТЕНКО**, студент, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЧКОВОГО ШЛІФУВАННЯ**

Представлені результати теоретичних й експериментальних досліджень процесу стрічкового шліфування циліндричних деталей. Авторами отримана математична модель залежності параметра шорсткості поверхні від таких змінних факторів як зернистість стрічки, зусилля притискання стрічки й лінійна швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки.

**Ключові слова:** стрічкове шліфування, шорсткість поверхні, математичне моделювання.

**Постановка проблеми.** Шліфування з використанням інструмента на еластичній основі є відносно новим, але досить перспективним видом абразивної обробки. Обладнання для стрічкового шліфування просте за конструкцією й економічне в експлуатації. На відміну від традиційних шліфувальних верстатів воно не вимагає спеціальних пристосувань для захисту від можливого розриву кола, складних і дорогих пристосувань для балансування й виправлення інструмента, легко вбудовується практично в будь-який технологічний процес. Ці обставини роблять незаперечними переваги абразивних стрічок у порівнянні з абразивними колами в умовах енергетичного й авіаційного машинобудування при обробці складнопрофільних поверхонь із більшою кількістю галтелей і переходів таких, як лопатки парових і газових турбін, лопаті гвинтів і вентиляторів.

**Аналіз останніх досліджень і виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми.** Технологія шліфування абразивними стрічками докорінно відрізняється від

© А. В. ВАСИЛЬЄВ, С. В. ПОПОВ, О. С. КОСТЕНКО, 2014

шліфування абразивними колами або брусками [1, 2]. Основними відмінностями є кінематичні й динамічні особливості стрічково-шліфувальних верстатів і модулів, використання одношарового абразивного інструмента на еластичній основі з упорядкованим розташуванням зерен на ріжучій поверхні, можливість керування вихідними параметрами процесу за рахунок використання в складі технологічної системи опорних елементів з різними характеристиками і т.д. [3-5]. Таким чином, використання відомих теорій шліфування абразивними колами, щодо процесу стрічкового шліфування практично не можливе. Широке розповсюдження стрічкового шліфування стримується відсутністю теорії визначення раціональних галузей його використання, практичних рекомендацій і методик, необхідних для одержання необхідної точності і якості оброблених поверхонь при найменших витратах. У зв'язку із цим, найважливішою проблемою є розробка теоретичних і технологічних основ високопродуктивного шліфування абразивними стрічками [5, 6].

Таким чином, розробка теорії й методів підвищення ефективності процесу шліфування абразивними стрічками з урахуванням одержання необхідної якості виробу являє собою актуальну проблему, що має велике значення для економіки України.

**Формулювання цілей статті.** У зв'язку з вищевикладеним, метою роботи є підвищення ефективності шліфування абразивними стрічками шляхом керування параметрами контактної взаємодії інструмента із заготовкою. При вирішенні поставлених завдань проводилися теоретичні й експериментальні дослідження, оцінювалася точність і достовірність одержуваних результатів. Об'єктом дослідження є обладнання для виконання стрічкового шліфування, а також технологічний процес взаємодії нескінченної абразивної стрічки з оброблюваною заготовкою. Предметом дослідження є фізика явищ, які виникають при взаємодії абразивної стрічки з заготовкою, а також вплив параметрів і режимів роботи обладнання на показник шорсткості оброблюваної поверхні.

**Математична модель стрічкового шліфування.** При стрічковому шліфуванні з постійним зусиллям притиску ( $P_y = \text{const}$ ) основними факторами, що впливають на шорсткість поверхні, є: зернистість абразивної стрічки  $d_3$ , зусилля притискання стрічки  $F_S$  і лінійна швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки  $v_{II}$  [1]. Важливим фактором при цьому є наявність номограм для вибору приведених параметрів режиму стрічкового шліфування, щоб їх вибір у сукупності забезпечував заданий рівень шорсткості поверхні при обробці. Побудова таких номограм можлива при наявності математичної залежності (моделі) шорсткості поверхні від наведених факторів, поверхню відгуку якої можна представити як геометричне місце точок значень параметрів режиму, що відповідають одному конкретно заданому параметру  $Ra$  шорсткості поверхні [2].

Вплив параметрів режиму на шорсткість поверхні дослідники процесів різання представляють, як правило, у вигляді степеневих залежностей [3], заснованих на проведенні експериментів за методикою одно- або багатофакторного експерименту.

Кращим є багатофакторне планування експерименту [4], що дозволяє при проведенні малого числа дослідів у граничних точках області експериментування одержувати у вигляді математичних моделей вичерпний опис досліджуваного процесу.

Слід очікувати з дослідів раніше виконаних досліджень [2], що при вивченні стрічкового шліфування залежність параметра шорсткості поверхні  $Ra$  від досліджуваних факторів: зернистості абразивної стрічки  $d_3$ , зусилля притискання стрічки  $F_S$  і швидкості заготовки  $v_{II}$  буде мати вигляд:

$$Ra = C_R \cdot d_3^{\alpha_1} \cdot F_S^{\alpha_2} \cdot v_{II}^{\alpha_3}, \quad (1)$$

де  $d_3$ ,  $F_S$ ,  $v_{II}$  – змінні фактори, відповідно, зернистість стрічки, зусилля притискання стрічки й швидкість виробу;  $C_R$  – коефіцієнт, що враховує сумарний вплив неврахованих у рівнянні (1) факторів;  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  – показники ступеня при змінних факторах.

Завданням експерименту є визначення величини коефіцієнта  $C_R$  і показників ступені  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  при змінних факторах  $d_3, F_S, v_H$ .

Для цього рівняння (1) шляхом логарифмування слід привести в більш простий вид рівняння лінійної регресії, яке для 3-факторного експерименту має вигляд [4]:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (2)$$

де  $y = \lg Ra$  – логарифмічний вираз параметра шорсткості  $Ra$  (відгук моделі);  $x_1, x_2, x_3$  – змінні фактори в закодованому вигляді, відповідні до параметрів  $d_3, F_S$  і  $v_H$  відповідно;  $b_0, b_1, b_2, b_3$  – коефіцієнти регресії при змінних факторах, що є їх оцінками, значимості;  $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$  – коефіцієнти регресії, що враховують значимість взаємного впливу змінних факторів на досліджуваний процес.

Кодування змінних факторів  $x_1, x_2, x_3$  у рівнянні регресії (2) здійснюється по наступних залежностях:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{2(\lg d_3 - \lg d_{3\max})}{\lg d_{3\max} - \lg d_{3\min}} + 1; \\ x_2 &= \frac{2(\lg F_S - \lg F_{S\max})}{\lg F_{S\max} - \lg F_{S\min}} + 1; \\ x_3 &= \frac{2(\lg v_H - \lg v_{H\max})}{\lg v_{H\max} - \lg v_{H\min}} + 1; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де  $d_{3\max}, F_{S\max}, v_{H\max}$  відповідають максимальним їхнім значенням, а  $d_{3\min}, F_{S\min}, v_{H\min}$  – мінімальним значенням змінних факторів при проведенні дослідів у граничних точках області експериментування.

Після визначення коефіцієнтів регресії  $b_0, b_1, b_2, b_3$  у рівнянні (2) здійснюємо оцінку їх значимості з виключенням з розгляду незначущих коефіцієнтів. Далі здійснюємо перетворення (декодування) по залежностях (3) змінних факторів  $x_1, x_2, x_3$  з натурним їхнім вираженням як  $d_3, F_S$  і  $v_H$  відповідно. Перетворене рівняння регресії (2), у якому значення відгуку  $y$  представляє логарифмічне вираження параметра  $Ra$ , почленно потенціюємо і в результаті одержуємо шукану степеневу залежність параметра шорсткості  $Ra$  від досліджуваних факторів у вигляді виразу (1).

Стрічкове шліфування зразків з нержавіючої сталі 40X13 проводилося на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16K20, оснащеному додатковим модулем для стрічкового шліфування. Схема лабораторної установки показана на рис. 1.

Шліфувальний модуль складається з рами, на якій установлені два ролики: ведучий 3 і натяжний 4. На роликах розміщується абразивна стрічка. Заготовка 1, що шліфується, закріплюється в кулачковому патроні верстата. Зусилля притискання стрічки  $F_S$  визначається шляхом вимірювання за допомогою динамометра сили  $F$  з відомого співвідношення плечей сил  $h_F/h_{F_S}$ . За методикою проведення експерименту [4] перенесе-

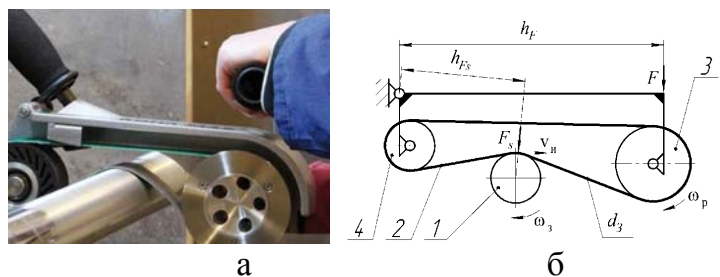


Рис. 1 – Дослідна установка: а – загальний вигляд; б – конструктивна схема: 1 – оброблювана заготовка; 2 – абразивна стрічка; 3 – ведучий ролик; 4 – натяжний ролик

початок координату центр куба (рис. 2, т.  $O$ ) і привласнимо новим осям позначення  $x_1, x_2, x_3$ , відповідні до напрямків векторів  $d_3, F_S$  і  $v_H$  відповідно. Точка « $O$ » нових координат повинна відповідати основному «нуль»-рівню. Тоді максимальні значення змінних фак-



торів  $d_3$ ,  $F_S$  і  $v_{II}$ , закодовані як  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  будуть у новій системі приймати позначення як «+1» або просто «+», а мінімальні значення – як «-1» або просто «-». На рис. 3 показана також умовно очікувана поверхня відгуку математичної моделі.

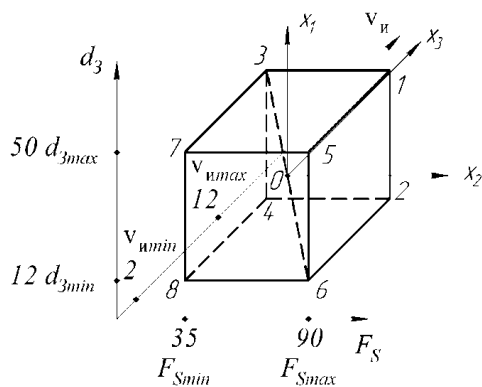


Рис. 2 – Графічна інтерпретація факторного простору

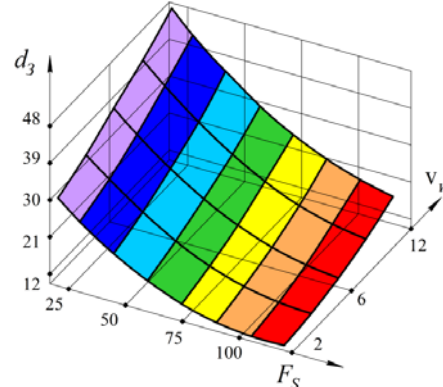


Рис. 3 – Очікувана поверхня відгуку математичної моделі

У табл.1 наведені числові значення рівнів варіювання й коди змінних факторів.

Математична модель залежності шорсткості поверхні від параметрів режиму у вигляді степеневі залежності уможливіє керування параметрами шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні в практичних умовах. Так, поверхню відгуку моделі можна представити як геометричне місце точок, що відповідають тільки одному, конкретно заданому рівню параметра шорсткості Ra, тобто

$$Ra = 4,52 \cdot 10^{-4} d_3^{0,90(0,81 - 0,8076 \lg F_S)} F_S^{0,16} v_{II}^{1,01} = \text{const.} \quad (4)$$

Таблиця 1 – Рівні варіювання й схема кодів позначень змінних факторів

Рівень варіювання	Зернистість стрічки		Зусилля притискання		Швидкість виробу	
	$d_3 \cdot 10^{-2}$ , мм	$x_1$	$F_S$ , Н	$x_2$	$v_{II}$ , м/хв	$x_3$
Основний	30	0	60	0	10	0
Верхній	40	+ 1	120	+ 1	15	+ 1
Нижній	10	- 1	20	- 1	5	- 1

При цьому у всьому факторному просторі для двох довільно обраних значень варіюваних факторів знайдеться єдине значення третього, при яким результат їх взаємодії буде перебувати на поверхні відгуку. У цьому випадку поверхня відгуку моделі можна використовувати в практичних цілях як номограма для визначення раціональних режимів стрічкового шліфування по гарантованому забезпеченню заданої шорсткості поверхні. На рис. 4 наведені номограми режимів стрічкового шліфування, розраховані по залежності (4) для гарантованого забезпечення шорсткості поверхні  $Ra \leq 2,5$  мкм (рис. 4, а),  $Ra \leq 1,25$  мкм (рис. 4, б) і  $Ra \leq 0,63$  мкм (рис. 4, в) при шліфуванні сталі 40X13.

Суть побудови номограм (поверхонь відгуку) зводиться до наступного. З розглянутих параметрів суворо фіксованими факторами є параметри шорсткості Ra і зернистість стрічки  $d_3$ , значення яких регламентовані ГОСТ 2789–73 і ГОСТ 3647–80, відповідно. Швидкість на зовнішньому діаметрі заготовки  $v_{II}$  також є не вільним фактором і залежить від технічних можливостей і прийнятої системи регулювання швидкостей у верстаті, тобто її значення також можна задавати дискретними величинами.

Таким чином, вільним фактором є зусилля притискання стрічки  $F_S$ , розрахункове значення якого визначається з умови забезпечення  $Ra = \text{const}$ . Власне, забезпечення певного зусилля притискання не являє собою якоїсь проблеми під час виконання стрічкового шліфування. Для цього отримане рівняння регресії слід розв'язати щодо параметра  $F_S$  у такий спосіб:



$$\lg F_S = \frac{\lg Ra - 0,923 + 1,542 \lg d_3 + 5,423 \lg v_H}{6,587 - 4,325 \lg d_3} \quad (5)$$

За допомогою комп'ютерного забезпечення легко автоматизувати вироблені по формулі (5) розрахунки з виводом на дисплей графічної побудови поверхонь відгуку.

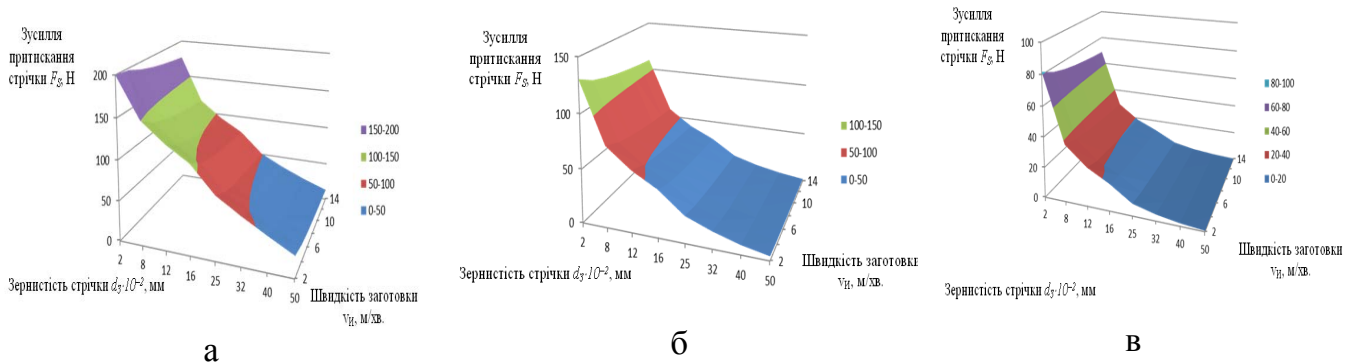


Рис. 4 – Номограми режимів стрічкового шліфування по гарантованому забезпеченню параметрів шорсткості поверхні: *a* -  $Ra \leq 2,5$  мкм, *б* -  $Ra \leq 1,25$  мкм, *в* -  $Ra \leq 0,63$  мкм

Суть користування номограмами зводиться до наступного: для прийнятих, наприклад, зернистості абразивної стрічки 25 і швидкості заготовки  $v_H = 6$  м/хв. для гарантованого забезпечення параметра  $Ra \leq 2,5$  мкм при шліфуванні необхідно забезпечити зусилля притискання  $F_S = 65$  Н (рис. 4, *a*). Для одержання в таких же умовах шорсткості поверхні  $Ra \leq 1,25$  мкм зусилля притискання повинно бути не більше 25 Н (рис. 4, *б*). Аналогічні міркування можна провести і при користуванні номограмами для фіксованих значень  $F_S$  і  $v_H$ ,  $d_3$  і  $F_S$ .

**Висновки.** Отримана математична модель залежності параметра  $Ra$  шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні. Вона є робочою для всіх точок дослідженого факторного простору з інтервалами варіювання змінних факторів: зернистості стрічки  $d_3 = 10 \dots 30$ , зусилля притискання стрічки  $F_S = 20 \dots 120$  Н й швидкості на зовнішньому діаметрі заготовки  $v_H = 5 \dots 15$  м/хв. Аналіз отриманої математичної моделі показав, що значення шорсткості поверхні при стрічковому шліфуванні в основному залежить від зернистості застосовуваної стрічки й зусилля притискання стрічки й мало змінюється залежно від швидкості виробу.

**Список літератури:** 1. Соколова Л. С. Шлифование абразивными лентами с постоянной силой прижима / Л. С. Соколова. – М.: Спутник, 2005. – 146 с. 2. Овсеевко А. Н. Математическая модель шероховатости поверхности при ленточном шлифовании гидротурбинной стали / А. Н. Овсеевко, Б. Н. Хватов // Энергомашиностроение. – 1988. – № 7. – С. 18 – 20. 3. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мецержакова. – М.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. – С. 100 – 105. 4. Адлер Ю. Р. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. Р. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Машиностроение, 1976. – 279 с. 5. Experimental Research on the Abrasive Belt Grinding Turbine Blades Material 1Cr13 Stainless Steel / H. L. Wu, Y. Huang, Z. Huang, G. J. Cheng // Key Engineering Materials. – Vol. 487 (2011). – pp. 452 - 456. 6. Research on Accuracy of Abrasive Belt Grinding / Hong Li // Applied Mechanics and Materials. – Vols. 101-102 (2012). – pp. 1101-1104.

Надійшла до редколегії 22.01.2014

УДК 621.923.01

**Підвищення ефективності стрічкового шліфування/ Васильєв А. В., Попов С. В., Костенко О. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. – № 7 (1050). – С.29-34. – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459**

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса ленточного шлифования цилиндрических деталей. Авторами получена математическая модель зависимости параметра шероховатости поверхности от таких переменных факторов как зернистость ленты, усилие прижима ленты и линейная скорость по внешнему диаметру заготовки.

**Ключевые слова:** ленточное шлифование, шероховатость поверхности, математическое моделирование

**Effectiveness increase of band grinding/ A. V. Vasilyev, S. V. Popov, O. S. Kostenko//**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.29-34. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459

In this article the theoretical and experimental results of cylindrical details band grinding are presented in details. The author’s mathematical model is about surface roughness dependence by such variables as band grain, band die hold-down pressure, billet external diameter line speed.

**Keywords:** band grinding, surface roughness, mathematical modelling

**УДК 517.958.536.72**

**О. Г. АРХИПОВ**, д-р техн. наук, зав. каф., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**С. А. РЕВЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**В. В. ІВАНЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**Л. В. КАРПЮК**, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк;

**Ю. М. ШТОНДА**, ст. викл., Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, Северодонецьк

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛІ JIS G3458 STPA22 ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Значна частина обладнання хімічної промисловості наближається до вичерпування запланованого ресурсу. Подальша його експлуатація можлива за умови відповідності механічних характеристик значенням, що закладені в нормативні документи. На прикладі дослідження характеристик міцності оцаднолегованої сталі JIS G3458 STPA22 з системи пароутворення цеху синтетичного аміаку показано можливість прогнозування змін механічних характеристик протягом тривалої експлуатації.

**Ключові слова:** умовна границя текучості, тимчасовий опір, карбіди, коагуляція.

**Вступ.** Значна кількість обладнання і трубопроводів в Україні знаходиться в експлуатації довгий час. Відомо, що внаслідок тривалої дії високих температур і агресивного середовища можуть відбуватися структурні зміни металу, а також механічних і інших характеристик металу [1-4]. Дослідження цих змін і їх врахування підвищує безпеку експлуатації і дозволяє більш оптимально планувати ремонтні роботи.

**Дослідження характеристик міцності за нормальних і підвищених температур.** Об’єктом досліджень була вибрана сталь марки JIS G3458 STPA22, з якої були виготовлені труби системи пароутворення цеху синтетичного аміаку 1-Б ПрАТ “Северодонецьке об’єднання Азот”. Сталь JIS G3458 STPA22 є конструкційною оцаднолегованою сталлю, яка використовується для виготовлення пароперегрівачів, паропроводів, колекторів, фланців, що довгостроково працюють за температур до 500°C. За хімічним складом досліджувана сталь близька до вітчизняної сталі марки 15ХМ (ГОСТ 4543-71). Система пароутворення входить в блок парового риформінгу і призначена для отримання пари під тиском не більше 109 кгс/см<sup>2</sup> (надлишкового) з температурою 480-482 °С, необхідного для парової конденсаційної турбіни з регулюючим відбором пари, яка є приводом трикорпусного відцентрового компресора азотоводневої суміші. Трубопровід пущений в експлуатацію у 1975 році. До моменту дослідження трубопровід знаходився в експлуатації

162904 години (30 років).

Механічні дослідження на розтяг велись на стандартних зразках на машині Р-5М згідно з ГОСТ 1497-84. Досліджувались лише прямолінійні ділянки труби  $\text{Ø}508 \times 44,4$  мм яка експлуатувалась за робочої температури  $485^\circ\text{C}$ . Температура випробувань складала  $20^\circ\text{C}$  і  $500^\circ\text{C}$ . Дослідження за підвищених температур проводились згідно з ГОСТ 9651-84. Установка для досліджень за підвищених температур складалася із: машини на розтяг Р-5М, трубчастої пічі з поворотною направляючою, потенціомера з термопарою типу ТХА, автотрансформатора для регулювання температури в печі. В ході експериментів розглядалися зразки виготовленні з труби, що відпрацювали 38880, 70000, 108460 і 162904 годин відповідно. Характеристики на момент початку експлуатації вибирались на основі сертифікату заводу виробника. Металографічні дослідження макроструктури металу фіксували мікроскопом МБС при малих збільшеннях (до 10 раз), а мікроструктуру вивчали на металографічному мікроскопі МИМ-8М при збільшенні більше ніж в 100 разів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Мікроструктура основного металу труб ферито-перлітна. Перліт зернистий. Сфероїзація перліту відповідає 2-3 балу. Мікропошкодження металу труб і зварних з'єднань не виявлено. Проведений аналіз вмісту карбідів в різні періоди експлуатації наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Карбідний аналіз металу вирізки труби  $\text{Ø}508 \times 44,4$  мм

№ п/п	Час експлуатації	Cr	Mo	Mn
1	Вихідний стан (Сертифікат заводу виробника)	11,3	8,3	6,5
2	38880 годин експлуатації	16,4	21,6	14,9
3	162904 години експлуатації (вирізка №1)	29,41	31,66	20,8
4	162904 години експлуатації(вирізка №2)	24,54	31,60	17,73

За результатами карбідного аналізу, з урахуванням результатів після 38880 годин експлуатації, з твердого розчину в карбіди перейшло 4,6%-7,9% хрому і молібдену. Металографічні дослідження металу вирізки проведені на шести мікрошліфах, вирізаних з двох котушок основного металу і на 9 макро - і мікрошліфів, вирізаних із трьох зварних з'єднань. Після експлуатації протягом 162904 годин виявлена сфероїзація і часткова коагуляція сфероїдів цементиту в матриці і по границях зерен. Сфероїзація перліту відповідає 2-3 балу за шкалою Е ОСТ 34 - 70 - 690 - 96. Для проведення іспитів на розтяг зразки виготовлялись з орієнтацією волокон паралельно поздовжній осі труби. Визначались тимчасовий опір  $\sigma_b$  (рис. 1а), умовна границя текучості  $\sigma_{0,2}$  (рис. 1 б), а також комплексний показник  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  (рис. 2). Установлено, що за температури випробувань  $20^\circ\text{C}$  і  $500^\circ\text{C}$  на першому етапі експлуатації матеріал досліджуваної труби підлягав зміцненню, а другий етап навпаки характеризувався певним зміцненням сталі. Спільними для характеристики міцності є їх зменшення на першому етапі експлуатації до 70000 годин роботи і певне зміцнення на кінцевій стадії експлуатації. Після 162904 годин експлуатації за температури випробувань  $500^\circ\text{C}$  величина умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$  все одно на 2% більше в порівнянні зі значенням цієї ж величини на момент початку експлуатації.

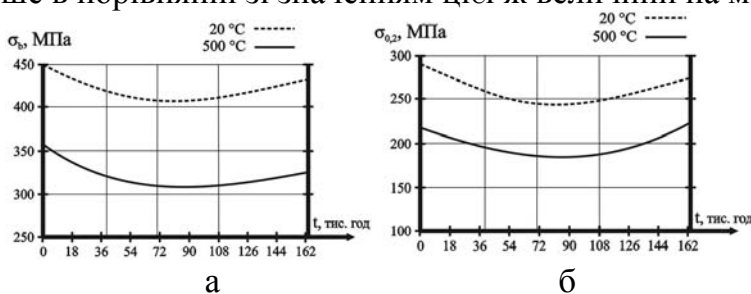


Рис. 1 – Характеристика зміни: а - тимчасового опору  $\sigma_b$ ; б - умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$

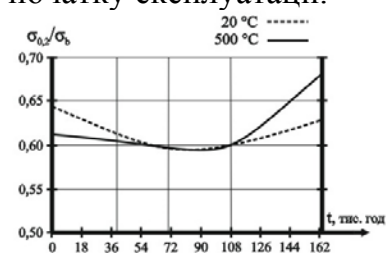


Рис. 2 – Характеристика зміни комплексного показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$

В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що зміна в часі тимчасового опору  $\sigma_b$  описується рівнянням:

$$\sigma_b = k + mt + nt^2,$$

де  $k$ ,  $m$ ,  $n$  – сталі величини;  $t$  – час, тис. год.

Значення величин  $k$ ,  $m$ ,  $n$  наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення величин  $k$ ,  $m$ ,  $n$  для рівняння тимчасового опору  $\sigma_b$ .

Температура випробування, °С	$k$	$m$	$n$
20	447,2296	-1,079321	0,0067845
500	357,4146	-1,340120	0,0083567

Умовна границя текучості  $\sigma_{0,2}$  змінюється в часі за функціональною залежністю:

$$\sigma_{0,2} = a + bt + ct^2,$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – сталі величини.

Значення величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$  наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$  для рівняння умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$ .

Температура випробування, °С	$a$	$b$	$c$
20	294,0885	-1,181072	0,0066999
500	220,6385	-0,664534	0,0051753

Комплексний показник  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  змінюється в часі за функціональною залежністю:

$$\sigma_{0,2}/\sigma_b = d + gt + ht^2,$$

де  $d$ ,  $g$ ,  $h$  – сталі величини. Значення величин  $f$ ,  $j$ ,  $p$  наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Значення величин  $f$ ,  $j$ ,  $p$  для рівняння комплексного показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$ .

Температура випробування, °С	$d$	$g$	$h$
20	0,645683	-0,0009883	0,0000065
500	0,617411	-0,0004891	0,0000043

**Висновки.** За час тривалої експлуатації виявлена сфероїзація і часткова коагуляція сфероїдів цементиту в матриці та по границях зерен. Дослідження підтвердили високу чутливість умовної границі текучості  $\sigma_{0,2}$  і показника  $\sigma_{0,2}/\sigma_b$  до змін механічних характеристик протягом тривалої експлуатації у широкому діапазоні температур. Встановлено характер змін цих характеристик протягом тридцятирічної експлуатації. Виявлені тенденції добре корелюються з результатами інших дослідників [5, 6]. Установлені закономірності змін характеристик міцності дозволяють прогнозувати їх значення на майбутнє. Для трубних сталей крім характеристик міцності унормованими величинами є характеристики пластичності і ударної в'язкості. Перехід хрому і молібдену в карбіди, що утворились на границі зерен металу, дозволяє прогнозувати принаймні зменшення ударної в'язкості. Спираючись лише на структурні зміни менш впевнено можна говорити про зміну характеристик пластичності. Отже для висновків щодо терміну подальшої експлуатації необхідно провести додаткові дослідження цих характеристик.

**Список літератури:** 1. Кеннеди А. Д. Ползучесть и усталость в металлах / М.: Металлургия. 1965. – 361 с. 2. Бугай Н. В. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования / Бугай Н. В., Березина Т. Г., Трунин Н. И. – М.: Энергоиздат, 1994. – 214 с. 3. Ильин С. И. Изменение структуры и свойств трубной стали во время длительных выдержек под нагрузкой / С. И. Ильин, М. А. Смирнов, Ю. И. Пашков [и др.] // Известия Челябинского научного центра. – 2002. – № 4. – С. 42–46. 4. Nykyforchyn H. M., Kurzydowski K. J., Lunarska E. Hydrogen degradation of steels in long term service conditions / in Book: Environment-induced cracking of materials, vol. 2 “Prediction, industrial developments and evaluations”, ed. by S. Shipilov, Elsevier, 2008. – P. 349–361. 5. Environmentally

assisted “in-bulk” steel degradation of long term service gas trunkline / *H. Nykyforchyn, E. Lunarska, O. Tsyurulnyk, et al.* // *Engineering Failure Analysis*. – 2010. – V. 17. – P. 624-632. 6. *Крижанівський Є. І., Ницифорчин Г. М.* Особливості корозійно-водневої деградації сталей нафтогазопроводів і резервуарів зберігання нафти // *Фіз.-хім. механіка матеріалів*. – 2011. – № 2. – С.11-20

*Надійшла до редколегії 22.01.2014*

УДК 517.958.536.72

**Дослідження сталі JIS G3458 STPA22 після тривалої експлуатації/ Архипов О. Г., Ревенко С. А., Іванченко В. В., Карпюк Л. В., Штонда Ю. М.** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.34-37. – Бібліогр.:6 назв. ISSN 2079-5459

Значительная часть оборудования химической промышленности приближается к исчерпыванию запланированного ресурса. Дальнейшая его эксплуатация возможна при условии соответствия механических характеристик значениям, которые заложены в нормативные документы. На примере исследования характеристик прочности низколегированной стали JIS G3458 STPA22, которая эксплуатировалась в системе парообразования в цехе синтетического аммиака, показана возможность прогнозирования изменений механических характеристик на протяжении продолжительной эксплуатации.

**Ключевые слова:** условная граница текучести, временное сопротивление, карбиды, коагуляция.

**Investigation of JIS G3458 STPA22 steel after is long operation/ A. G. Arhipov, S. A. Revenko, V. V. Ivanchenko, L. V. Karpjuk, Ju. N. Shtonda**//*Bulletin of NTU “KhPI”*. Series: New desicions of modern technologies.. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.34-37. Bibliogr.: 6. ISSN 2079-5459

Considerable part of chemical industry has been in operation for a long time and is close to its service life exhausting. Its further operation is possible if mechanical and other properties correspond to the values determined by the normative documents. By investigating the strength characteristics of JIS G3458 STPA22 grade low-alloyed steel in vaporization in the synthetic ammonia workshop the opportunity of mechanical characteristics changes forecasting during the continuous operation has been shown.

**Keywords:** conditional border fluidity, temporary resistance, carbides, coagulation

УДК 621.791

**В. Г. ЛЕБЕДЕВ**, д-р техн. наук, проф., ОНТУ, Одесса;

**Н. Н. КЛИМЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ОНТУ, Одесса;

**Т. В. ЧУМАЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ОНТУ, Одесса

## **РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ ШЛИФОВАНИИ НЕКОТОРЫХ НАПЛАВЛЕННЫХ И НАПЫЛЕННЫХ НА РАБОЧИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ СТАЛЕЙ, СПЛАВОВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (Часть 1)**

Насмотрены закономерности изменения фазово-структурного состояния наплавленного или напыленного слоя на рабочих поверхностях деталей машин в зависимости от температуры шлифования.

**Ключевые слова:** наплавленный слой, напыленный слой, температура шлифования, рациональные температуры шлифования.

**Введение.** Для восстановления изношенных деталей широко используется наплавки и напыления. Наплавка — это процесс нанесения на поверхность детали слоя металла путем их обоюдного расплавления. Напыление — нанесение слоя из мелких частиц вещества на поверхность материалов и изделий в защитных или декоративных целях. Для наплавки и напыления применяются различные конструкционные материалы – углеродистые и легированные стали, а также сплавы различных цветных металлов. Кроме того, широко используется металло- и минерало-керамика. Главным недостатком, как процесса наплавки, так и процесса напыления является то, что после этих процессов необходима дополнительная высокоточная механическая обработка, в частности, в большинстве

© В. Г. ЛЕБЕДЕВ, Н. Н. КЛИМЕНКО, Т. В. ЧУМАЧЕНКО, 2014

случаев процесс шлифования. Шлифовка [4, 5] обеспечивает высокую точность деталей и чистоту их поверхностей. Однако при шлифовании создаются определенные риски потери качества поверхностного слоя из-за фазовых и структурных превращений, вызываемых высокой контактной температурой шлифования. Эта температура может вызвать так называемые шлифовочные прижоги поверхностного слоя, в результате чего износостойкость его снижается в 2 – 3 раза, во столько же раз снижается контактная прочность, создаются условия для образования и развития трещин, что в последующем приводит к быстрому износу наплавленного слоя и быстрой поломке детали.

**Цель работы.** Определение рациональной температуры шлифования как температуры, которая не вызывает изменения фазово-структурного состава поверхностного слоя шлифуемой заготовки или же наоборот, вызывает желательные фазово-структурные изменения для придания поверхностному слою детали необходимых эксплуатационных характеристик.

**Основная часть.** В настоящей работе рассматривались рациональные температуры шлифования для нескольких групп конструкционных материалов, которые охватывают значительную часть материалов, подвергающихся шлифованию.

*Первая* - самая многочисленная группа - цементируемые, улучшаемые и высокоуглеродистые стали, нелегированные, а также низко- и среднелегированные, подвергающиеся закалке и имеющие после закалки структуру мартенсита.

*Вторая группа* - азотируемые стали.

*Третья группа* - малоуглеродистые, средне- и высоколегированные стали со структурой "мягкого" / 1 / мартенсита, упрочняемые старением.

*Четвертая группа* - ферритные стали.

*Пятая группа* - аустенитные стали.

*Шестая группа* - некоторые сплавы цветных металлов, которые подвергаются шлифованию.

*Седьмая группа* – металлокерамические и минералокерамические химические соединения, наносимые напылением.

В настоящей работе рассматриваются рациональные температуры для первых трех групп материалов. Рассмотрение рациональных температур шлифования для остальных групп материалов будет продолжено в последующих статьях.

В первую группу входят цементируемые и улучшаемые стали типа I2X2H4A, сталь 45, углеродистые инструментальные стали типа У8, У10, легированные полутеплостойкие инструментальные стали, быстрорежущие стали, штамповые стали, подшипниковые стали. Все эти стали весьма чувствительны к шлифовочным прижогам и трещинам и, как правило, наибольшее число тепловых дефектов шлифования связано именно с этой группой сталей. При шлифовании закаленных сталей (цементированных и закаленных) обычно возникает задача сохранения фазово-структурного состава после шлифования. Поскольку структура таких сталей соответствует структуре отпущенного мартенсита, то рациональной температурой следует считать температуру ниже третьего превращения отпуска. Фактически температура не должна превышать температуру низкого отпуска для данной стали. Целый ряд источников показывает что эта температура [1, 2, 3] примерно на 100 °С ниже температуры третьего превращения отпуска, следовательно, в зависимости от конкретного химического состава стали и от режимов шлифования, она может быть рассчитана по выражению (1).

$$\Theta_p = \Theta_{отп3} - 100 \text{ } ^\circ\text{C} , \quad (1)$$

где  $\Theta_p$  - рациональная температура шлифования;

$\Theta_{отп3}$  – температура 3-го превращения отпуска.

При обработке шлифованием сырых сталей этой группы довольно часто



наблюдаются случаи закалки поверхности. Особенно часто это явление возникает при разрезании заготовок отрезными шлифовальными кругами. В этом случае торцы отрезанных заготовок могут закаливаться на глубину порядка 1 - 2 мм / 3 /, что при последующей обработке вызывает преждевременный износ и поломки режущего инструмента. В целях предупреждения закалки при шлифовании таких сталей необходимо, чтобы температура шлифования была ниже температуры аустенитизации.

При шлифовании закаленных и сырых заготовок, особенно мелкозернистыми кругами, возможно проводить дополнительное упрочнение поверхностного слоя / 3 /, используя температуру шлифования для закалки поверхностного слоя на заданную глубину. Структура при этом содержит большое количество пластически деформированного аустенита / 3 /, мартенсит и карбиды. Твердость этого слоя (в литературе по холодной обработке металлов его обычно называют "белым слоем") выше, чем твердость мартенсита. Для получения такого слоя необходимо на поверхности заготовки поддерживать температуру, равную точке  $A_{c3}$  или  $A_{cm}$ , а на нижней границе упрочненного слоя температуру, соответствующую точке  $A_{c1}$

Таким образом, при шлифовании сталей рассматриваемой группы в зависимости от технологических задач, рациональная температура будет

- 1 - ниже или равной температуре низкого отпуска;
- 2 - ниже точки  $A_{c1}$ ;
- 3 - равной точке  $A_{c3}$  или  $A_{cm}$ .

При определении рациональной температуры шлифования деталей, изготавливаемых из азотируемых сталей, необходимо учитывать следующее. Азотирование обычно проводят ниже температуры 591 °С. Ниже этой температуры образуется твердый раствор азота в  $\alpha$ -железе – азотистый феррит, выше этой температуры – твердый раствор азота в  $\gamma$ -железе – азотистый аустенит. Структура азотированного слоя состоит обычно из  $\alpha$  фазы и  $\gamma'$  фазы, представляющей собой твердый раствор на основе нитрида железа  $Fe_4N$  и  $\epsilon$  фазы, представляющей собой твердый раствор на основе нитрида  $Fe_3N$ . Если азотированная сталь нагрета выше температуры 591 °С, то при быстром охлаждении азотистый аустенит претерпевает сдвиговое мартенситное превращение с образованием  $\alpha'$  фазы. В азотированном слое обычно присутствуют многочисленные нитриды легирующих элементов. Высокой твердостью обладают  $\alpha'$  фазы и  $\gamma'$  фазы. Наибольшую твердость всему азотированному слою придают нитриды легирующих элементов, находящиеся в дисперсном состоянии. Если при шлифовании температура превысит диапазон 500-550 °С, то произойдет укрупнение - коагуляция и сфероидизация нитридов легирующих элементов. Это приводит к снижению твердости азотированного слоя. Рациональной температурой шлифования азотируемых сталей будет температура ниже 500-550 °С.

В третью группу включены малоуглеродистые стали со структурой "мягкого мартенсита", упрочняемые старением. Это стали мартенситно-старяющиеся - конструкционные типа 03Н18К9М5Т, 03Н16К10М10, инструментальные стали типа Н8М14К14Т0. При закалке данные стали имеют "мягкую" мартенситную структуру. Старение приводит к выделению упрочняющих фаз - интерметаллидов различных типов очень высокой степени дисперсности. Процесс старения характеризуется тем, что при повышении

температуры нагрева наблюдается некоторый температурный экстремум, который соответствует максимальным прочностным свойствам [2]. При повышении температуры вы-

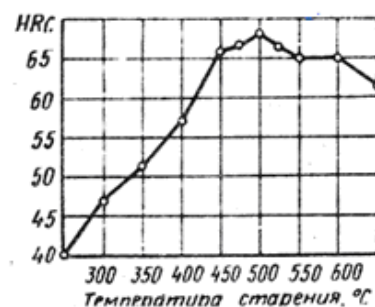


Рис. 1 – Зависимость твердости мартенситно-старяющейся стали от температуры старения [2, 4, 7]

ше этой точки происходит снижение прочностных свойств из-за коагуляции выделившихся частиц или если температура шлифования достигнет величины температуры закалки (рис. 1). Рациональные температуры шлифования указанных сталей будут температуры соответствующие температуре старения или несколько ниже

Рекомендации по рациональным температурам шлифования, материалов рассмотренных выше, даны в табл. 1.

Таблица 1- Рациональные температуры шлифования

№	Вид материала	Характерные марки	Рациональные температуры
1.	Цементируемые, улучшаемые, высокоуглеродистые стали. Нелегированные, низко и среднелегированные со структурой мартенсита после закалки а) закаленная сталь б) сырая сталь в) упрочнение поверхности	Сталь 45,У8,У10, ХВГ, Р6М5	Меньше или равная температуре низкого отпуска Ниже точки Ас <sub>1</sub> Равная точке Ас <sub>3</sub>
2.	Азотированная сталь	38ХМЮА	Ниже 500 - 550 °С
3.	Малоуглеродистые средне и высоколегированные стали со структурой “мягкого мартенсита”	08Х15Н5Д2Т, В11М7К23, 03Н18К9М5Т;03Н16К10М10 Н8М14К14Т10; 5СсФ	Ниже температуры коагуляции упрочняющих фаз

### Выводы

1. Величины температур, при которых происходят нежелательные фазово-структурные превращения, зависят от химического состава шлифуемого сплава, предшествующей термической обработки и от скорости тепловых процессов в зоне контакта круга с деталью.

2. При шлифовании практически всех конструкционных сплавов и напыляемых составов в виде температуростойких химических соединений имеется диапазон оптимальных температур, воздействие которых на шлифуемую поверхность не приводит к нежелательным ФСП или наоборот обеспечивает большую степень желательных ФСП, которые не произошли полностью во время предшествующей термообработки.

Поддержание температуры шлифования в оптимальных пределах обеспечивает получение заданных фазово-структурных характеристик поверхностного слоя, что в свою очередь обеспечивает сохранение или улучшение эксплуатационных характеристик.

3. Поддержание заданного температурного режима при шлифовании, следовательно, и направленное формирование качественных характеристик поверхностного слоя детали при обработке может быть осуществлено только за счет применения автоматических средств, работающих таким образом, что в случае наметившегося непредусмотренного повышения температуры, вызванного увеличением припуска или твердости, меняется какой-либо параметр режимов обработки, в результате чего температура шлифования остается в заданных пределах.

**Список литературы:** 1. *Лахтин Ю. М.* Материаловедение и термическая обработка металлов / *Ю. М.Лахтин*// М.; Металлургия. - 1984.- 360 с. 2. *Кидин И. Н.* Фазовые превращения при ускоренном нагреве стали / *И. Н. Кидин* // М.: Металлургия. - 1975. - 312 с. 3. *Редько С. Г.* Процессы теплообразования при шлифовании металлов / *С. Г. Редько*// Саратов: Саратовский университет, - 1962. —231 с. 4. *Чирков Т. В.* Математическое моделирование режимов резания при обработке материалов абразивными инструментами / *Т. В. Чирков* // Технология машиностроения. — 2004. — № 6. — С. 58—62. 5. *Корчак С. Н.* Теория обрабатываемости сталей и сплавов при абразивной обработке / *С. Н. Корчак*// Вестник Южно-Уральского государственного университета: Машиностроение.- 2003. — № 4. 6. *В. Г. Лебедев., Н. Н. Клименко; С. А. Аль-Аджелат.* Механизм образования прижогов при шлифо-



вани деталей из закаленных сталей./ В. Г. Лебедев., Н. Н. Клименко; С. А. Аль-Аджелат // Наукові нотатки. Науковий збірник ЛНТУ, Випуск 40, Луцьк . - 2013. с.141 – 144.7. В. Г. Лебедев, Т. В. Чумаченко. Исследование остаточных напряжений керамического слоя напыленного на валы турбин при шлифовании кругами из КНБ./ В. Г. Лебедев, Т. В. Чумаченко // Наукові нотатки. Науковий збірник ЛНТУ, Випуск 40, Луцьк - 2013.с.144 – 150

*Поступила в редколлегию 30.01.2014*

УДК 621.791

**Рациональные температуры при шлифовании некоторых наплавленных и напыленных на рабочие поверхности деталей сталей, сплавов и химических соединений/ В. Г. Лебедев, Н. Н. Клименко, Т. В. Чумаченко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.37-41. – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459**

У статті розглянуто закономірності зміни фазово-структурного стану наплавленого або напыленого шару на робочих поверхнях деталей машин в залежності від температури шліфування.

**Ключові слова:** наплавлений шар, напылений шар, температура шліфування, раціональні температури шліфування.

**Rational temperature when grinding some overlaid and deposited on the working surfaces of parts of machins of steels, alloys and chemical compounds/ V. G. Lebedev, N. N. Klimenko, T. Chumatchenko//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.37-41. Bibliogr.:7. ISSN 2079-5459**

The article considers the changes in patterns of phase-structural state of the deposited or sprayed layer on the working surfaces of machine parts, depending on the temperature grinding.

**Keywords:** deposited layer, sprayed layer, temperature of grinding, rational temperature of grinding.

*Д. А. ДЁМИН*, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРА- ТЕГИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ

В статье проанализированы технологические аспекты критериев эффективности технического перевооружения, отражающие требования к качеству продукции, выпускаемой на новом оборудовании с помощью новых технологий. Такие аспекты являются частью мероприятий по управлению качеством отливок на этапе технического перевооружения производства. Показано, как может быть использован математический аппарат теории статистических игр для выбора оптимальных стратегий технического перевооружения в условиях освоения новых технологических процессов литейного производства

**Ключевые слова:** управление, техническое перевооружение, оптимальная стратегия

**Введение.** Выбор системы рациональных мероприятий по техническому перевооружению литейных цехов – сложная задача, решение которой должно предполагать, что на этапе перевооружения производственный процесс не должен прекращаться. Непрерывность многих технологических процессов литейного производства, являющихся частью общего производственного процесса изготовления отливок, является тем фактором, который усложняет проведение технического перевооружения, требующего соответствующего финансирования. Ситуация может еще более усугубляться тем, что в условиях борьбы за заказчика службы главного металлурга предприятий должны уметь быстро осваивать новые типы отливок, не входящих в базовую номенклатуру цеха. Естественно, что решение этих задач также предполагает дополнительные затраты и от того, насколько правильно выбран вариант реализации технологического процесса, зависит величина этих затрат. Следовательно, вопросы освоения новых видов отливок, т.е. реализация всего цикла от конструкторско-технологической подготовки производства до получения готовых отливок, должна рассматриваться как составная часть мероприятий по техническому перевооружению.

**Анализ литературных данных и постановка задачи исследования.** Существует множество подходов к оценке как эффективности технического перевооружения, так и к его организации, планированию и проведению. Иногда в качестве оценки эффективности предлагают выбирать экономию от снижения себестоимости продукции, материальных затрат и дополнительно получаемую прибыль. При этом средняя за какой-либо промежуток времени эффективность производства определяется на основании показателей: продолжительности периода до начала внедрения мероприятий, продолжительности деятельности предприятия в условиях реализации мер по его техническому развитию, средней эффективности по действующему предприятию до проведения мер, направленных на техническое развитие, эффективности мероприятий технического развития [1 – 5]. Зачастую решение вопросов о техническом перевооружении требует учета специфики отрасли [6 – 8] и увязывается с возможностями самого производства – как в плане проведения его своими силами, так и в плане возможностей обойтись без него, реализуя в максимальной степени ремонтный потенциал предприятия [9 – 10]. Последний может рассматриваться как фактор, обеспечивающий альтернативу техническому перевооружению на какой-то срок. Если мероприятие по техническому перевооружению выбирается как лучшее из

различных вариантов, то в качестве его эффективности могут быть использованы показатели минимума приведенных затрат или срока окупаемости капитальных вложений. В работах [11 – 14] предлагается при выборе комплекса мероприятий по техническому перевооружению устанавливать общий критерий эффективности, экстремум которого определяет оптимальный набор комплекса. Данный критерий учитывает эффективность внедрения набора мероприятий путём логического объединения частных критериев эффективности:

$$W = \prod W_i, \quad (1)$$

где  $i$  – номер частного критерия, соответствующий процедуре отбора мероприятий по требованиям к новому внедряемому оборудованию и технологиям.

Первым шагом задаются требования к качеству продукции, выпускаемой на новом оборудовании с помощью новых технологий. Формализация этих требований имеет вид:

$$W_1 = P(A_3 / A_1 A_2), \quad (2)$$

где  $P(A_3 / A_1 A_2)$  – вероятность того, что качество продукции, выпускаемой после технического перевооружения, будет выпадать за пределы полей допуска при условии безотказной работы оборудования в момент его запуска и в заданном промежутке времени.

Вторым шагом задаются требования к обеспечению необходимой производительности:

$$W_2 = P(A_1)P(A_2 / A_1), \quad (3)$$

где  $P(A_1)$  – вероятность работоспособного состояния внедряемого оборудования в момент пуска в эксплуатацию,  $P(A_2 / A_1)$  – вероятность безотказной работы нового оборудования за заданный промежуток времени.

Третий частный критерий требует увеличения среднего времени безотказной работы оборудования и уменьшения среднего времени простоев. При этом предполагается, что за среднее время безотказной работы оборудование приносит доход  $CT$ , а за среднее время простоя производство несёт затраты  $Ct$ :

$$W_3 = \frac{\Phi}{T+t} [CT\Delta T - Ct\Delta t] - C_1 - C_2, \quad (4)$$

где  $\Delta T$  – увеличение среднего времени безотказной работы оборудования после технического перевооружения,  $\Delta t$  – уменьшение среднего времени простоев,  $T$  – среднее время безотказной работы оборудования,  $t$  – среднее время простоев,  $C_1$  – затраты на эксплуатацию, связанные с увеличением времени безотказной работы оборудования после технического перевооружения,  $C_2$  – затраты, связанные с уменьшением времени простоев после технического перевооружения,  $\Phi$  – фонд времени работы оборудования.

В случае, если предприятие получает заказ на освоение новых отливок, не входящих в базовую номенклатуру, вопрос конструкторско-технологической подготовки производства может рассматриваться как составная часть первого из названных частных критериев (2). При этом задача формулируется следующим образом: выбрать оптимальную стратегию освоения технологии новой отливки, обеспечивающую минимизацию локального критерия эффективности технического перевооружения вида (2).

**Элементы теории статистических игр, используемые в задаче минимизации локального критерия эффективности технического перевооружения литейного цеха.** Для решения сформулированной задачи предлагается использовать методы теории статистических игр [16 – 17]. При этом под стратегией природы следует понимать полную совокупность внешних условий – состояния природы  $\mathcal{S}$ , в которых специалисту, называемого далее статистиком, приходится принимать решения. Все множество таких состояний может быть обозначено как  $\theta = (\mathcal{S}_1, \dots, \mathcal{S}_m)$ . Если из существующего опыта известно

априорное распределение вероятностей  $\xi(\vartheta)$  на пространстве состояний природы  $\theta$ , то априорное распределение вероятностей  $\xi(\vartheta)$  определяется как смешанная стратегия. Задача статистика заключается в том, чтобы принять какое-то решение из множества  $(a_1, a_2, \dots, a_i)$ . Каждое из этих действий представляет собой чистую стратегию статистика. Для оценки каждого из своих возможных действий статистик допускает, что совершая действие  $a$ , он может потерпеть убыток, оцениваемый функцией потерь  $L(\vartheta, a)$

$$Q = [q_{ij}] = \begin{bmatrix} q_{11} \dots q_{1l} \\ \dots \dots \dots \\ q_{m1} \dots q_{ml} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где  $q_{ij} = L(\vartheta_i, a_j)$

Если статистику известно априорное распределение вероятностей  $\xi(\vartheta)$  на пространстве состояний природы  $\theta$ , то могут быть рассчитаны средние потери статистика, являющиеся следствием выбранного им действия

$$L(\xi, a) = \sum_{\vartheta \in \theta} L(\vartheta, a) \xi(\vartheta) \quad (6)$$

Наилучшим для статистика действием является байесовское действие  $a^*$ , минимизирующее вероятные потери

$$R^*(\xi) = L(\xi, a^*) = \min_{a \in A} L(\xi, a) \quad (7)$$

При этом учитывается существование допустимой стратегии  $\eta(a)$  – это означает, что нельзя найти ни одной стратегии  $\eta'(a)$ , лучшей, чем  $\eta(a)$ , т.е. не существует такой стратегии, для которой потери при её реализации меньше или равны, чем потери при реализации стратегии  $\eta(a)$ :

$$L(\vartheta, \eta') \leq L(\vartheta, \eta) \quad (8)$$

Допустимые стратегии можно определить из графика, отображающего S-игру: допустимыми являются стратегии, соответствующие нижней границе S-области, находящейся внутри границ:

$$S = \omega C_1 + (1 - \omega) C_2, \quad (9)$$

где  $\omega$  изменяется в диапазоне:  $0 \leq \omega \leq 1$ ,  $C_1, C_2, C_3$  задают координаты точек, отражающих возможные потери в S-игре.

Если статистик определил для каждого исхода эксперимента  $z \in Z$  решение  $a = d(z)$ , то при данном  $\vartheta \in \theta$  ему будут соответствовать потери

$$L(\vartheta, a) = L[\vartheta, d(z)] = L_z(\vartheta, d) \quad (10)$$

Средние потери (функция риска) могут быть определены из соотношения

$$\rho(\vartheta, d) = \sum_z L_z(\vartheta, d) \rho_\vartheta(z) \quad (11)$$

Для выбора смешанных стратегий статистик должен использовать механизм случайного выбора, задающий распределение вероятностей  $\eta(d)$  на пространстве  $D$ . Функция риска  $\rho(\vartheta, \eta)$  при применении смешанной стратегии  $\eta(d)$ , может быть получена путем усреднения  $\rho(\vartheta, d)$  по всем чистым стратегиям, входящим в данную смешанную стратегию:

$$\rho(\vartheta, \eta) = \sum_d \rho(\vartheta, d) \eta(d) \quad (12)$$

или с учётом (11)

$$\rho(\vartheta, \eta) = \sum_{z, d} L_z(\vartheta, d) \rho_\vartheta(z) \eta(d) \quad (13)$$

Как указано в работе [17], при выборе наилучшей стратегии в игре с единичным

экспериментом статистик исходит только из допустимых стратегий, которые определяются также, как и в играх без эксперимента. Введение же функции риска сводит игру с единичным экспериментом к форме, аналогичной игре без эксперимента. Именно поэтому все принципы выбора стратегии в игре без эксперимента остаются справедливыми и для игры с единичным экспериментом с той лишь разницей, что вместо минимизации средних потерь статистик должен минимизировать средний риск. Сущность минимакса в этом случае заключается в том, чтобы выбрать стратегию  $\eta(d)$ , при которой средний риск  $\rho(\vartheta, \eta)$  при наихудшем для статистика состоянии природы был бы минимален. Таким образом, выбор минимаксной стратегии  $\eta^*$  производится из условия

$$\rho(\vartheta, \eta^*) = \min_{\eta} \max_{\vartheta} \rho(\vartheta, \eta) \quad (12)$$

Для применения байесовского принципа вводится понятие ожидаемого риска  $\rho(\vartheta, \eta)$ , представляющего собой средний риск с учетом всех возможных состояний природы  $\vartheta \in \theta$  и априорного распределения вероятностей на пространстве  $\theta$ . Учитывая то обстоятельство, что при использовании байесовского принципа статистик может ограничиться применением только чистых стратегий, ожидаемый риск составляет:

$$\rho(\xi, d) = \sum_{\vartheta} \rho(\vartheta, d) \xi(\vartheta) \quad (13)$$

При этом байесовский принцип требует применения такой решающей функции  $d^*$ , при которой ожидаемый риск будет минимальным [17]:

$$\rho^*(\xi) = \rho(\xi, d^*) = \min_{\xi} \rho(\xi, d) \quad (14)$$

**Выбор оптимальной стратегии плавки в процессе технического перевооружения плавильного участка литейного цеха.** За основу проведения исследований выбран чугунолитейный цех ОАО «Кременчугский завод дорожных машин», ориентированный на выпуск чугуна и стального литья для деталей автомобильной и дорожно-строительной техники. Плавильный участок базового цеха был оснащен двумя коксовыми вагранками производительностью 6 т/ч, электродуговой печью ДЧМ-10 ёмкостью 10 т и индукционной печью ИСТ-04. Плавка чугуна для заливки разовых песчаных форм проводилась дуплекс-процессом «вагранка – дуговая электропечь». На первом этапе технического перевооружения, описанного в работах [12 – 14, 18] был проведен демонтаж вагранок и установлены три индукционные печи ИСТ1-08М5. Технологический процесс плавки стал проводиться дуплекс процессом «дуговая электропечь-дуговая электропечь» (печь ДЧМ10 использовалась и как печь для плавки, как миксер-накопитель) или дуплекс процессом «дуговая электропечь-индукционная печь». В условиях ужесточения требований экологических служб г. Кременчуга (завод находится в центре города) перед предприятием встала задача проведения технического перевооружения в плавильном отделении, целью которого являлся демонтаж электродуговой печи-миксера ДЧМ10 и перевод технологического процесса на выплавку чугуна только в индукционных печах ИСТ1-08М5. Учитывая фактическую годовую потребность в металле (чугун и сталь для базовой номенклатуры отливок и отливок, изготавливаемых по кооперации), возникла необходимость установки дополнительного индукционного канального миксера ёмкостью 6 т. Таким образом, появилась возможность реализации для выплавки чугуна дуплекс-процесса «индукционная печь-индукционный канальный миксер». Такой подход обеспечил выполнение требований по экологической безопасности плавильного участка и создал предпосылки для повышения качества чугуна. Однако, учитывая то обстоятельство, что индукционная плавка требует наличия качественной шихты, предполагающей отсутствие в ней материалов с «наследственностью» – литейных и передельных доменных чугунов – встал вопрос о выборе оптимальной стратегии плавки. Ведь реализация мероприятий по замене технологического оборудования сразу потребовала решения комплекса вопросов,

связанных с организацией обеспечения процессов плавки шихтовыми материалами. Для решения этой задачи в рамках научно-технического сотрудничества ОАО Кременчугский завод дорожных машин» и ЧП «Технологический Центр» за период 2002 – 2004 гг. был решен ряд задач организационно-технического и технологического характера, направленных на разработку комплекса мероприятий, обеспечивающих минимизацию локального критерия эффективности технического перевооружения вида (2). Для этого были использованы описанные выше элементы теории статистических игр. Учитывая требования сохранения секретности коммерческой информации, связанной с конкретными данными по организационно-техническому и технологическому обеспечению процессов плавки в литейном цехе ОАО Кременчугский завод дорожных машин», ниже продемонстрирован только принцип решения сформулированной задачи. Этот принцип продемонстрирован на примере описанной в работе [17] задачи о технологической линии с использованием понятий литейного производства. Назван он условно «задача о выборе оптимальной стратегии плавки».

В литейный цех, ориентированный на выпуск стального и чугуна, поступает шихта двух типов – с низким и высоким содержанием вредных примесей – серы и фосфора. Опыт выплавки стали и чугуна в этом цехе показывает, что в среднем поступает 60% компонентов шихты с малым содержанием серы и фосфора и 40% - с большим содержанием серы и фосфора. Для использования шихты обоих типов предусмотрены 3 различных режима плавки, отличающихся способами проведения окислительного и восстановительного периодов (при выплавке стали), процессами десульфурации и дефосфорации (при выплавке стали и чугуна). Сущность и технологии процессов десульфурации и дефосфорации основаны на знании физико-химических процессов, протекающих в расплаве заключается в следующем. Сера образует с некоторыми металлами сульфиды, причем они могут иметь как неограниченную растворимость в железе, так и не растворяться в нем практически совсем. С железом сера образует сульфид  $FeS$ , имеющий неограниченную растворимость в железе.

Целью десульфурации является выведение серы из расплава в шлак. Это достигается за счет перехода серы из активной формы (растворимой в расплаве) в пассивную (мало- и нерастворимую).

При избытке окиси кальция и высокой температуре идет следующая реакция с сульфидом железа  $FeS + CaO = CaS + FeO$ . Сульфид кальция совершенно нерастворим в металле и выделяется полностью в шлак. При плавке стали данная реакция не может пройти полностью, так как в шлаке присутствует в значительном количестве закись железа, которая вступает в реакцию с сульфидом кальция как только его содержание в шлаке увеличивается. Поэтому при высоком содержании в шлаке закиси железа в нем может находиться только немного сульфида кальция. Содержание этого соединения в шлаке возрастает по мере увеличения основности шлака.

Углерод, кремний и алюминий в значительной степени уменьшают растворимость серы в железе, повышая, таким образом, активность серы к десульфурации. Десульфурацию чугуна можно осуществлять и марганцем, который также повышает активность серы к десульфурации ( $FeS \rightarrow MnS$ ). Сульфид марганца при этом переходит в шлак. Развитие этой реакции в жидкой стали ограничено в силу того, что в сталях активность серы гораздо ниже, чем в чугунах и применение марганца для процесса десульфурации стали эффективно только в высокомарганцевых сталях (с содержанием в них марганца более 6%). Способом повышения эффективности процесса десульфурации стали является диффузионное раскисление при обработке белых шлаков порошками кокса и ферросилиция или введением в расплав плавикового шпата ( $CaF_2$ ).



Фосфор в стали находится в виде фосфида железа, окисление которого проходит по реакции  $2Fe_3P + 5FeO = P_2O_5 + 11Fe$ . Образующееся в результате этой реакции соединение  $P_2O_5$  нерастворимо в стали и переходит в шлак. Если в шлаке имеется в избытке свободная окись кальция, то в нем протекает реакция  $P_2O_5 + 4CaO = Ca_4P_2O_9$ . Образующееся в результате этой реакции соединение  $Ca_4P_2O_9$  является очень прочным и удаляется путем скачивания шлака. Если в шлаке содержится много окиси кремния, то закись железа и окись кальция соединяются с ней как с более сильным кислотным окислом, а пятиокись фосфора остается в шлаке в свободном состоянии. При повышенной температуре пятиокись фосфора  $P_2O_5$  восстанавливается углеродом, растворенном в стали, а образующийся в результате этого свободный фосфор вновь переходит в сталь  $P_2O_5 + 5C = 2P + 5CO$ .

Таким образом, основными мероприятиями по дефосфорации стали являются:

- формирование в шлаке и стали повышенного содержания закиси железа (для усиления окисления фосфора);
- формирование в стали повышенного содержания окиси кальция и незначительно содержания окиси кремния (для формирования в шлаке фосфата кальция);
- обеспечение невысокого содержания в стали углерода и марганца (с целью предотвращения восстановления фосфора из его соединений в шлаке);
- понижение температуры стали и шлака (для облегчения протекания реакции окисления фосфора и образования фосфата кальция);
- регулярное удаление шлака и наведение нового шлака (для предотвращения обратного перехода фосфора из шлака в сталь и для облегчения удаления пятиокиси фосфора в шлак).

Требуется определить оптимальную стратегию плавки, т. е. выбрать, какой из режимов плавки будет наилучшим при существующем обеспечении цеха шихтовыми материалами.

Затраты на плавку представляют собой суммарные затраты, складывающиеся из затрат на выбранный технологический режим плавки (включающих в себя, естественно, затраты на материалы) и затраты от потенциального брака отливок по причине высокого остаточного содержания серы и фосфора в сплаве вследствие неправильно выбранного режима плавки. Затраты пересчитаны в процент потерь, которые несет предприятие при выбранном режиме плавки. Процент потерь для различных режимов плавки, в зависимости от содержания вредных примесей в шихте, приведены в табл. 1. В табл. 1 приняты следующие обозначения:  $\mathcal{G}_1$  - малое количество примесей,  $\mathcal{G}_2$  - большое количество примесей,  $\xi(\mathcal{G})$  - априорные вероятности состояний природы (т. е. вероятности поступления шихты с низким и высоким содержанием серы и фосфора по опыту плавки на данном предприятии),  $a_1, a_2, a_3$  – режимы ведения плавки в зависимости от качества входной шихты,  $L(\xi, a_i)$  - процент потерь при выбранном режиме плавки.

Таблица 1 – Априорные вероятности состояний природы и потери в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

$\mathcal{G}$	$\xi(\mathcal{G})$	A		
		$a_1$	$a_2$	$a_3$
$\mathcal{G}_1$	0,6	0	1	3
$\mathcal{G}_2$	0,4	5	3	2

В первую очередь определяем допустимые стратегии статистика (роль статистика в данной задаче играет технолог).

Для этого представляем матрицу игры в виде эквивалентной S-игры на основе таблицы исходных данных (матрицы игры) (рис. 1).

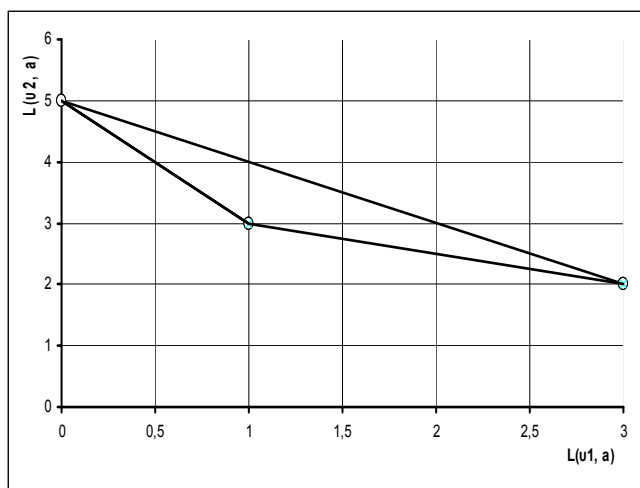


Рис. 1 – Представление S-игры в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

Определяем допустимые стратегии, для чего составляем уравнение вида (9) для нижней границы S-игры, состоящей из отрезков C1C2 и C2C3:

- для отрезка C1C2:

$$L(\vartheta_1, \eta) = 1 - \omega;$$

$$L(\vartheta_2, \eta) = 3 + 2\omega$$

- для отрезка C2C3:

$$L(\vartheta_1, \eta) = 3 - 2\omega;$$

$$L(\vartheta_2, \eta) = 2 + \omega$$

Для определения минимаксной стратегии строим зависимости  $L(\vartheta, \eta)$  от величины  $\omega$ ,  $0 \leq \omega \leq 1$  для обоих отрезков (рис. 1, 2).

Из полученных графиков определяем, что  $\max_{\vartheta} L(\vartheta, \eta)$  соответствуют верхним частям графика (линия  $\vartheta_2$  на рис. 2 и линия абс от точки пересечения графиков на рис. 3). Сравниваем возможные потери. Минимум на отрезке C1C2 достигается при  $\omega = 0$  и соответствует  $L(\vartheta, \eta) = 3$ , а минимум на отрезке C2C3 достигается при  $\omega = 1/3$  и соответствует  $L(\vartheta, \eta) = 7/3 < 3$ . Следовательно, минимаксный принцип даёт оптимальную смешанную стратегию  $\eta^* = (0, 1/3, 2/3)$ .

Определяем оптимальную байесовскую стратегию.

Для допустимых стратегий, определяемых отрезком C1C2, имеем:

$$L(\xi, \eta) = 0,6 \cdot (1 - \omega) + 0,4 \cdot (3 + 2\omega), \text{ т.е.}$$

$$L(\xi, \eta) = 1,8 + 2,0\omega$$

Для допустимых стратегий, определяемых отрезком C2C3, имеем:

$$L(\xi, \eta) = 2,6 - 0,8\omega$$

Находим, при каком  $\omega$  достигается минимум величины  $L(\xi, \eta)$  для обоих отрезков:

- для отрезка C1C2, имеем:  $\min_{\omega} L(\xi, \eta) = 1,8$  при  $\omega = 0$ , что соответствует оптимальной смешанной стратегии  $\eta = (0, 1, 0)$ ;

- для отрезка C2C3, имеем:  $\min_{\omega} L(\xi, \eta) = 1,8$  при  $\omega = 1$ , что соответствует той же самой оптимальной смешанной стратегии  $\eta = (0, 1, 0)$ .

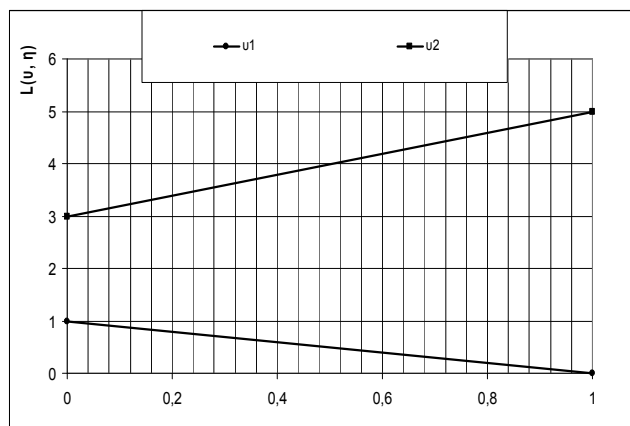


Рис. 2 – Определение оптимальной стратегии по принципу минимакса в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки (для отрезка C1C2)

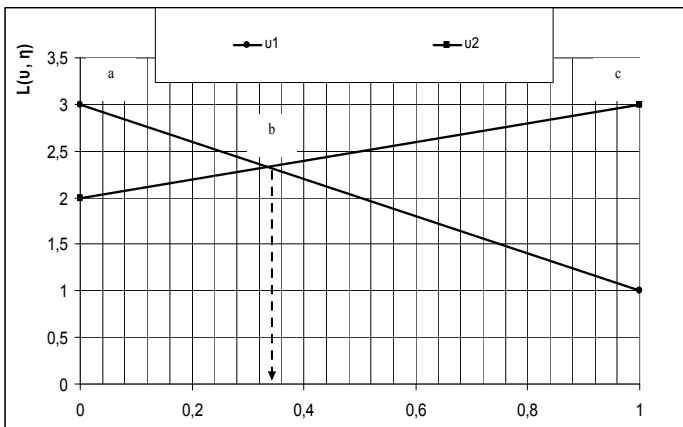


Рис. 3 – Определение оптимальной стратегии по принципу минимакса в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки (для отрезка С2С3)

Таким образом, делаем вывод о том, что байесовской стратегией является чистая стратегия a2. Это означает, что выбирая режим плавки a2, потери будут минимальными, независимо от того, какого качества шихта.

Для увеличения класса возможных стратегий статистика может провести дополнительный эксперимент, заключающийся в обработке данных серии плавки с целью определения более-менее точных данных о реальном качестве шихты.

При этом, возможны следующие результаты эксперимента: z1 – ниже допустимой нормы (можно считать, что вредные примеси отсутствуют), z2 - содержание серы и фосфора незначительно, z3 – содержание серы и фосфора высокое. Результат плавки показал, что вероятности названных состояний имеют вид, приведенный в табл. 2 (сумма значений в каждой строке таблицы должна быть равна 1, так как суммарная вероятность всех трех возможных состояний z1, z2 и z3 равна 100%).

Таблица 2. Пространство выборок результатов эксперимента в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

$\vartheta$	$\xi(\vartheta)$	$Z$		
		z1	z2	z3
$\vartheta_1$	0,6	0,6	0,25	0,15
$\vartheta_2$	0,4	0,2	0,3	0,5

Для определения решающей функции и функции риска совмещаем две таблицы исходных данных – табл. 1, 2. Результаты приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Потери и вероятности исходов эксперимента в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

$\vartheta$	$\xi(\vartheta)$	$A$			$p_\vartheta(z)$		
		a1	a2	a3	z1	z2	z3
$\vartheta_1$	0,6	0	1	3	0,6	0,25	0,15
$\vartheta_2$	0,4	5	3	2	0,2	0,3	0,5

Так как пространство исходов эксперимента состоит из трёх элементов, решающая функция имеет вид:

$$d(z) = (a_i, a_j, a_k) = d_{ijk}$$

где  $a_i, a_j, a_k$  означают решения, которые должен принять статистик при исходах эксперимента  $z_1, z_2, z_3$  соответственно. Например, решающая функция  $d_{122}$  означает, что при исходах эксперимента  $z_1, z_2$  и  $z_3$  статистик принимает решения  $a_1, a_2, a_2$  соответственно. Значения функции риска, подсчитываемые по формулам (11) для каждой решающей функции, приведены в табл. 4. Получение данных этой таблице рассмотрим на примере вычисления  $\rho(\vartheta, d_{122})$ . Согласно формулам (11), имеем:

$$\begin{aligned} \rho(\vartheta, d_{122}) &= L_{z_1}(\vartheta, d_{122})\rho_\vartheta(z_1) + L_{z_2}(\vartheta, d_{122})\rho_\vartheta(z_2) + L_{z_3}(\vartheta, d_{122})\rho_\vartheta(z_3) = \\ &= L(\vartheta, a_1)\rho_\vartheta(z_1) + L(\vartheta, a_2)\rho_\vartheta(z_2) + L(\vartheta, a_2)\rho_\vartheta(z_3) \end{aligned}$$

Учитывая, что  $\mathcal{G} = \mathcal{G}_1$   
и  $\mathcal{G} = \mathcal{G}_2$ , получаем:

$$\rho(\mathcal{G}_1, d_{122}) = 0,4;$$

$$\rho(\mathcal{G}_2, d_{122}) = 3,4$$

Функция риска в виде S-игры показана на рис. 4. На основании полученных результатов расчетов (табл. 4) и рис. 4 может быть определена минимаксная стратегия и байесовская стратегия.

Минимаксная стратегия определяется, проводя необходимые геометрические построения – определяется точку  $S_0$  пересечения луча, отложенного из начала координат под углом  $45^\circ$  и нижней границы S-игры, определяющей допустимые стратегии.

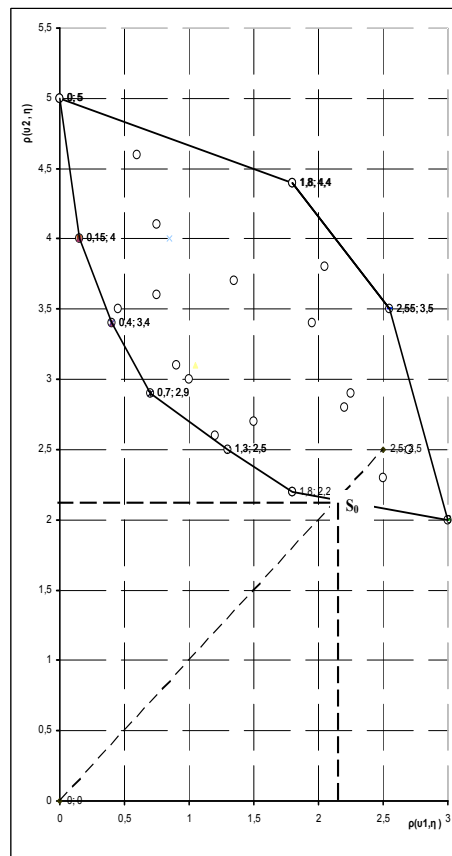


Рис. 4 – Функция риска в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

Таблица 4 – Значения функции риска  $\rho(\mathcal{G}, d)$  в задаче о выборе оптимальной стратегии плавки

$\mathcal{G}$	$d_{111}$	$d_{112}$	$d_{113}$	$d_{121}$	$d_{122}$	$d_{123}$	$d_{131}$	$d_{132}$	$d_{133}$
$\mathcal{G}_1$	0,00	0,15	0,45	0,25	0,40	0,70	0,75	0,90	1,20
$\mathcal{G}_2$	5,00	4,00	3,50	4,40	3,40	2,90	4,10	3,10	2,60
Продолжение таблицы 3.4									
$\mathcal{G}$	$d_{211}$	$d_{212}$	$d_{213}$	$d_{221}$	$d_{222}$	$d_{223}$	$d_{231}$	$d_{232}$	$d_{233}$
$\mathcal{G}_1$	0,60	0,75	1,05	0,85	1,00	1,30	1,35	1,50	1,80
$\mathcal{G}_2$	4,60	3,60	3,10	4,00	3,00	2,50	3,70	2,70	2,20
Продолжение таблицы 3.4									
$\mathcal{G}$	$d_{311}$	$d_{312}$	$d_{313}$	$d_{321}$	$d_{322}$	$d_{323}$	$d_{331}$	$d_{332}$	$d_{333}$
$\mathcal{G}_1$	1,80	1,95	2,25	2,05	2,20	2,50	2,55	2,70	3,00
$\mathcal{G}_2$	4,40	3,40	2,90	3,80	2,80	2,30	3,50	2,50	2,00

Из полученного графика видно, что минимаксная стратегия, определяемая точкой  $S_0$  с координатами  $(30/14, 30/14)$ , соответствует применению чистых стратегий  $d_{233}$  и  $d_{333}$  с вероятностями  $10/14$  и  $4/14$ . Байесовской стратегией будет стратегия  $d_{123}$ .

**Выводы.** Решение задач освоивания новых типов отливок, не входящих в базовую номенклатуру цеха, должно рассматриваться как часть комплекса мероприятий по проведению технического перевооружения в литейных цехах. При этом должен учитываться весь цикл – от конструкторско-технологической подготовки производства до получения готовых отливок, а качество самой конструкторско-технологической подготовки производства является тем фактором, который формирует один из локальных критериев эффективности технического перевооружения. Задача при таком рассмотрении может

формулироваться следующим образом: выбрать оптимальную стратегию освоения технологии новой отливки, обеспечивающую минимизацию локального критерия эффективности технического перевооружения. Такой критерий отражает требования к качеству продукции, выпускаемой на новом оборудовании с помощью новых технологий.

Применение теории статистических игр является эффективным инструментом в решении задач оптимального планирования мероприятий по освоению новых технологических процессов. В рамках проведения технического перевооружения литейных цехов это позволяет решать комплекс задач организационно-технического и технологического характера.

**Список литературы:** 1. *Муравьев, А. И.* Планирование технического развития объединения / *А. И. Муравьев*. – М.: Экономика. – 1986. – 64 с. 2. *Макаров, Ф. В.* Пути совершенствования планирования новой техники / *Ф. В. Макаров*. – В кн.: Вопросы совершенствования управления общественным производством. – Саратов. – 1981. – 180 с. 3. *Мерешко, В. Л.* Совершенствование методов планирования создания и внедрения новой техники / *В. Л. Мерешко, В. М. Горленко, А. И. Щетинин*. – В кн.: Хозяйственный механизм и управление научно-техническим прогрессом. – М.: Экономика. – 1981. 4. *Парфентьева, А. В.* Влияние технического перевооружения предприятий на их конечные результаты / *А. В. Парфентьева*. – В кн.: Повышение уровня управления и организация экономической работы. – Кишинев. – 1981. 5. *Семянко, А. Г.* Системный подход к обоснованию технического перевооружения промышленных предприятий / *А. Г. Семянко* // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2010. – №7-9(30). – С.234-240. 6. *Леонтьев, В. С.* Методология модернизации и технического перевооружения ректификационных комплексов нефтехимических предприятий / *В. С. Леонтьев, Ю. В. Шариков* // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2012. – № 1. – с.187-199. 7. *Назикова, Ж. А.* Экономические аспекты технического перевооружения и реконструкции предприятий железнодорожного транспорта Казахстана (на материалах АО «Национальная компания «Қазақстан темір жолы»») [Текст] : автореф. дис. ... канд. экон. наук / *Ж. А. Назикова*. — М., 2009. — 24 с. 8. *Пономаренко, О. И.* Оптимизация технологических решений в условиях работы литейных цехов [Текст] / *О. И. Пономаренко*. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с. 9. *Черников, Ю. В. и др.* Организация ремонта оборудования в черной металлургии / *Ю. В. Черников, А. Н. Тищенко, А. С. Малкин*. – К.: Техника. – 1989. – 174с. 10. *Драченко, В. А.* Экономика ремонта карьерного оборудования / *В. А. Драченко, Н. Г. Колобердян*. – К.: Техника. – 1974. – 96с. 11. *Черпаков, Б. И.* Эксплуатация автоматических линий. – М.: Машиностроение. – 1990. – 304с. 12. *Демина, Е. Б.* Метод определения годовых затрат от простоев оборудования [Текст] / *Е. Б. Демина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. — 1999. — Выпуск № 58. — С. 11—12. 13. *Демина, Е. Б.* Анализ динамики времени работы и простоев оборудования машиностроительного предприятия [Текст] / *Е. Б. Демина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. — 1999. - Выпуск № 66. — С. 13 — 15. 14. *Демина, Е. Б.* Формирование критерия целесообразности технического перевооружения промышленного производства [Текст] / *Е. Б. Демина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Технический прогресс и эффективность производства. — 1999. — Выпуск № 95. 15. *Чернов, Г.* Элементарная теория статистических решений / *Г. Чернов, Л. Мозес*. – М.: Советское радио. – 1962. 16. *Башаринов, А. Е.*, Методы статистического последовательного анализа и их приложения / *А. Е. Башаринов, Б. С. Флейшман*. – М.: Советское радио, 1962. 17. *Коршунов, Ю. М.* Математические основы кибернетики [Текст] / *Ю. М. Коршунов*. – М.: Энергия, 1980. – 424с. 18. Производственно-технологическая комплектация литейных цехов [Текст] : справочное пособие / *Д. А. Демин, Е. Б. Демина, О.В. Акимов и др.; под общ. ред. Д. А. Демина*. – Х.: Технологический Центр, 2012. – 320 с., ил.

*Поступила в редколлегию 25.12.2013*

УДК 658.5:681.5

**Управление качеством в литейном производстве: технологические аспекты в выборе оптимальных стратегий технического перевооружения / Д. А. Демин** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.42-52. – Бібліогр.: 18 назв. ISSN 2079-5459

У статті проаналізовано технологічні аспекти критеріїв ефективності технічного переозброєння, що відображають вимоги до якості продукції, яка випускається на новому обладнанні за допомогою

нових технологій. Такі аспекти є частиною заходів щодо управління якістю виливків на етапі технічного переозброєння виробництва. Показано, як може бути використаний математичний апарат теорії статистичних ігор для вибору оптимальних стратегій технічного переозброєння в умовах освоєння нових технологічних процесів ливарного виробництва

**Ключові слова:** управління, технічне переозброєння, оптимальна стратегія

**Quality Control at foundries technological aspects in selection of optimal strategies for technical reequipment / D. A. Demin // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.42-52. Bibliogr.:18. ISSN 2079-5459**

The paper analyzes the technological aspects of the performance criteria of technical re- reflect the requirements of the quality of products produced by the new equipment with the help of new technologies. These aspects are part of the quality management activities castings step modernization of manufacture. Shown , can be used as the mathematical apparatus of statistical games to select optimal strategies in terms of technical re- development of new technological processes of foundry

**Keywords:** management , technical re-equipment , the optimal strategy

**УДК 004.75**

**И. В. ЛЕВЫКИН**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

**Е. С. АНДРОНОВА**, студент, ХНУРЭ, Харьков

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧ УДАЛЕННЫХ ИЗДАТЕЛЬСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИРТУАЛИЗАЦИЕЙ OVIRT**

Предложено решение основных проблем удаленных издательских систем с помощью системы управления виртуализацией oVirt и систем доставки приложений на удаленные системы. Также было проведено сравнение производительности системы на физическом и облачном серверах.

**Ключевые слова:** облачные технологии, удаленные издательские системы, виртуализация, удаленный рабочий стол.

**Введение.** В настоящее время с развитием информационных технологий все более развиваются удаленные компьютеризированные настольные издательские системы - так называемые «онлайн полиграфии», которые позволяют клиентам сделать заказ на производство продукции, не выходя из дома. К таким системам относится система Web-to-Print. Среди преимуществ использования системы Web-to-print — возможность для типографий, дизайнеров, корпоративных клиентов и широкой публики иметь доступ к частному или публичному каталогу шаблонов, изменения в котором можно вносить вплоть до начала печати. Такие системы малозатратны для клиентов и экономят рабочее время типографиям. К недостаткам этой системы можно отнести тот факт, что типографии и рекламные агентства сегмента малого и среднего бизнеса ограничены в доступе к решениям на базе серверного программного обеспечения, предоставляющего клиентам сервис Web-to-print.

**Цель работы.** Целью работы является реализация задач удаленных издательских систем с помощью системы управления виртуализацией oVirt.

**Методика экспериментов.** Выбор инструментальных средств для реализации задач удаленных издательских систем исходил из анализа основных недостатков данных систем. Было представлено описание системы с точки зрения клиента и исполнителя. Анализ эффективности решения проводился с помощью сравнения производительности системы на физических и облачных серверах.

**Обсуждение результатов.** Были выделены основные недостатки удаленных издательских систем, такие как:

- для полноценной реализации данного сервиса необходим постоянный контроль исполнителей над заказами;

© И. В. ЛЕВЫКИН, Е. С. АНДРОНОВА, 2014



- временные потери в связи с децентрализацией рабочих помещений;
- проблема с распараллеливанием работы исполнителей над заказом;
- затраты на содержание серверов и соответствующего программного обеспечения.

Для решения существующих проблем и оптимизации работы системы предлагается использовать облачные технологии, созданные с помощью системы oVirt в совокупности с системой доставки приложений на удаленные клиенты Citrix XenApp.

oVirt — свободная, кроссплатформенная система управления виртуализацией, современная альтернатива использования обычных физических серверов для хранения данных, хостингов, размещения сервисов и т.д. Таким образом, функции, выполняемые физическим сервером, переключаются на несколько виртуальных серверов, находящихся в кластере [1]. Тем самым обеспечивается решение основных проблем системы Web-to-Print:

- экономия трудовых ресурсов. В связи с тем, что управление облачными серверами осуществляется с помощью программных надстроек, для их администрирования необходим один человек, прошедший соответствующую подготовку [2]. Для администрирования физических серверов необходима команда, которая сможет обеспечить надежность и непрерывное функционирование серверов.

- простота масштабирования. В отличие от проблем, возникающих при недостатке ресурсов в случае с физическими серверами, масштабирование серверов, находящихся в облаке, происходит с помощью программы управления и представляет собой достаточно легкий процесс.

- отказоустойчивость. При возникновении проблемы с работой одной из виртуальных машин ее функции могут быть переданы гипервизором другой виртуальной машине.

- экономия материальных средств. Система oVirt является полностью бесплатной.

Система виртуализации и доставки приложений на удаленные клиенты XenApp позволит избежать многих проблем с организацией удаленной работы приложений, потребляющих много ресурсов.

С точки зрения клиента, заказчик может зайти на сайт компании-исполнителя и по готовому шаблону быстро и легко заказать макет изделия. Если же нужного шаблона нет, или клиент желает напечатать свой собственный макет, предусмотрена возможность загрузки на сайт своих решений. После того, как заказчик определился с выбором макета, он оставляет заявку на проверку макета дизайнером или препресс-инженером. После согласования макета обоими сторонами, происходит уточнение сроков выполнения и доставки заказа и способа его оплаты клиентом.

С точки зрения исполнителя подразумевается создание нескольких вычислительных машин и одного гипервизора для создания частного облака с помощью технологии oVirt. Подразумевается создание одной виртуальной машины, на которой будет находиться сайт с сервисом, через который будет происходить взаимодействие между компанией и клиентами, по одной виртуальной машине на каждого исполнителя и отдельная виртуальная машина, задачей которой будет распределение заданий между исполнителями и контроль за их работой. Каждому исполнителю выделена виртуальная машина, с предустановленными на ней программами для обработки графического контента. Работать с виртуальными машинами исполнители могут посредством удаленного доступа, обеспечиваемого системой XenApp. При этом производительность обработки контента не изменится, а удаленно можно зайти практически с любого устройства, имеющего доступ в интернет, что решает проблему децентрализации рабочих помещений.

Так как все виртуальные машины подключены к одному общедоступному виртуальному жесткому диску, на котором клиенты могут создавать заказы через

пользовательский API, каждый исполнитель может видеть состояние выполняемых заказов. Это решает проблему распараллеливания работы исполнителей над заказом.

Система виртуализации и доставки приложений на удаленные клиенты XenApp поможет уменьшить затраты на приобретение программного обеспечения. Виртуализация приложений — процесс использования приложения, преобразованного из требующего установки в операционной системе в не требующий.

С помощью программы XenApp на виртуальные рабочие места предустанавливаются необходимые графические пакеты (Adobe Photoshop, Corel Draw и др.). Эта система имеет свой протокол передачи данных ICA, использование которого позволяет полностью виртуализировать приложение. Интерфейс приложения будет отображаться на конечном устройстве (ПК, ноутбук, планшет, смартфон), но все вычисления будут производиться на виртуальной машине [3].

С целью технического обоснования преимущества решения с использованием облачных технологий, проводится расчет нагрузки на используемый системой сервер. Зная необходимое количество трафика, потребляемого системой, можно подсчитать минимальную нагрузку на сервер [4].

Для расчета трафика возьмем сервис, потребляющий больше всего ресурсов. Таким для данного решения является система виртуализации и доставки приложений Citrix XenApp. Так как система использует принцип удаленного рабочего стола и подразумевается постоянная работа с графической информацией, средний потребляемый трафик равен 32 МБит/с.

Пусть, для небольшой полиграфии количество сотрудников, которые будут использовать виртуальные рабочие места, будет равно 20 человек.

Тогда потребляемый трафик будет равен:

$$32 \text{ Мбит/с} * 20 \text{ чел.} = 640 \text{ Мбит/с} = 80 \text{ МБ/с.}$$

Рассчитаем производительность SAN, чтобы знать, с какой скоростью может происходить чтение/запись на дисковый массив. Для этого воспользуемся формулой (1):

$$\text{GroupIOPS} = \left( \frac{\text{DiskPerf}}{2} + \frac{\text{DiskPerf}}{2} / K \right) * N, \quad (1)$$

где GroupIOPS – суммарная производительность дискового массива,

DiskPerf – производительность одного диска в массиве,

K – коэффициент сложности RAID. Для стандартного RAID3 K=2,

N – количество полезных дисков в массиве. Для RAID3 количество полезных дисков уменьшается равно двум.

Для расчета возьмем стандартные для серверов 2-х терабайтные диски SATA WD Caviar Black WD2002FAEX, имеющие согласно технической документации производительность в 115 IOPS.

Рассчитаем производительность массива по формуле 1:

$$\text{GroupIOPS} = \left( \frac{115}{2} + \frac{115}{4} \right) * 2 = 172,5 \text{ IOPS}$$

Согласно документации, максимальная скорость работы дисков SATA DiskSpeed = 50 МБ/с при случайном считывании информации.

Зная данный показатель, рассчитываем скорость работы дискового массива в МБ/с:

$$\text{GroupSpeed} = \text{GroupIOPS} * \frac{\text{DiskSpeed}}{\text{IOPS}}, \quad (2)$$

$$\text{GroupSpeed} = 172,5 * \frac{50}{115} = 75 \text{ МБ/с}$$

Таким образом, нагрузка на сервер будет больше, чем он способен обработать.

Чтобы подтвердить данные расчеты, было проведено инструментальное исследование работы облачного и физического серверов при нелинейной обработке операций.

Сравнение скоростей отклика серверов представлено на рис.1. Из рис. 1 видно, что при одинаковой нагрузке время отклика виртуального сервера меньше в 4 раза, что важно при работе с графической информацией. При сравнении результатов мониторинга состояния систем обоих серверов (рис. 2), видно, что значения характеристик физического сервера находятся на их пиковых границах, за счет чего

```
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Kateryna_Andronova@epam.com>ping 192.168.1.108

Pinging 192.168.1.108 with 32 bytes of data:
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=223ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=233ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=251ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=269ms TTL=127

Ping statistics for 192.168.1.108:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 223ms, Maximum = 269ms, Average = 244ms

C:\Users\Kateryna_Andronova@epam.com>ping 10.6.128.233

Pinging 10.6.128.233 with 32 bytes of data:
Reply from 10.6.128.233: bytes=32 time=64ms TTL=125
Reply from 10.6.128.233: bytes=32 time=60ms TTL=125
Reply from 10.6.128.233: bytes=32 time=61ms TTL=125
Reply from 10.6.128.233: bytes=32 time=66ms TTL=125

Ping statistics for 10.6.128.233:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 60ms, Maximum = 66ms, Average = 62ms
```

Рис. 1 – Сравнение скоростей отклика серверов  
производительность ухудшается. При увеличении нагрузки время отклика физического сервера превышает предельно допустимое, что видно на рис. 3.

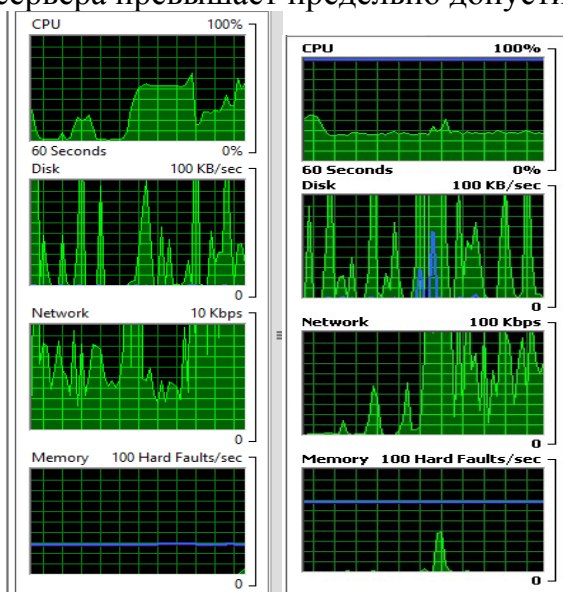


Рис. 2 – Сравнение характеристик систем

```
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=1142ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=806ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=689ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=2019ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=1679ms TTL=127
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=717ms TTL=127
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=3601ms TTL=127
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=3505ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=3343ms TTL=127
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=3190ms TTL=127
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=3737ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=941ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=377ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=780ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=301ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=300ms TTL=127
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=2856ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=1698ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=2958ms TTL=127
Reply from 192.168.1.108: bytes=32 time=2084ms TTL=127
```

Рис. 3 – Превышение лимита ожидания от сервера при увеличении нагрузки

Таким образом, инструментальная оценка работы виртуального и физического сервера показывает, что производительность виртуального облака выше и отказоустойчивости ниже, что говорит о целесообразности использования частных облачных сервисов.

**Выводы.** Использование сочетания виртуального частного облака oVirt и системы виртуализации и доставки приложений XenApp дает ряд преимуществ при использовании удаленных издательских систем:

- высокая мобильность (благодаря использованию схожего API уже настроенную систему легко перенести с одного облака в другое, также есть возможность разместить в коммерческой среде Amazon);
- возможность расширения – благодаря использованию облачных технологий при увеличении штата сотрудников очень легко добавить новые виртуальные или вычислительные машины;
- надежность, которая обеспечивается благодаря встроенным возможностям резервирования данных;
- позволяет устранить задержки сигналов, происходящие при классическом использовании удаленного доступа.

**Список литературы:** 1. Ovirt Documentation [Электронный ресурс] / Ovirt wiki. – Режим доступа: [www/URL: http://wiki.ovirt.org/Documentation](http://wiki.ovirt.org/Documentation) – 27.11.2012 г. – Загл. с экрана. 2. Риз, Дж. Облачные вычисления [Текст] : Пер. с англ. / Дж. Риз. – СПб. : Изд-во «БХВ-Петербург», 2011. – 288 с. 3. XenApp [Электронный ресурс] / Citrix. Режим доступа: [www/URL: http://www.citrix.com/products/xenapp.html](http://www.citrix.com/products/xenapp.html) – 07.10.2013 г. – Загл. с экрана. 4. Лунтовський, А. О. Проектування та дослідження комп'ютерних мереж [Текст] : навч. посіб. / А. О. Лунтовський, І. В. Мельник. – К. : Університет «Україна», 2010. – 361 с.

*Поступила в редколлегию 15.01.2014*

УДК 004.75

**Реализация задач удаленных издательских систем с помощью системы управления виртуализацией oVirt/ Левыкин И. В., Андропова Е. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.52-56 . – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459**

Запропоновано рішення основних проблем віддалених видавничих систем за допомогою системи керування віртуалізацією oVirt та систем доставки програм до віддалених клієнтів. Також було проведено порівняння продуктивності системи на фізичному та хмарному серверах.

**Ключові слова:** хмарні технології, віддалені видавничі системи, віртуалізація, віддалений робочий стіл.

**Remote publishing systems tasks implementation with the help of virtualization management system ovirt/I.V. Levykin, K.S. Andronova //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.52-56. Bibliogr.:. ISSN 2079-5459**

It's proposed the resolving of remote publishing systems main problems with the help of virtualization management system oVirt and application delivering to remote clients systems. It's also done system productivity comparison on physical and cloud servers.

**Key words:** cloud technologies, remote publishing systems, virtualization, remote desktop.

УДК 621.391

**С. П. ЕВСЕЕВ**, канд. техн. наук, доц., ХНЭУ, им. Семена Кузнецца, Харьков;  
**О. Г. КОРОЛЬ**, препод., ХНЭУ, им. Семена Кузнецца, Харьков;  
**В. В. ОГУРЦОВ**, канд. техн. наук, доц., ХНЭУ, им. Семена Кузнецца, Харьков

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬНОЙ БАЗЫ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

Рассматриваются основные положения законодательных актов в сфере защиты персональных данных стран Евросоюза, США и СНГ. Проводится анализ основных источников угроз конфиденциальности и целостности баз персональных данных, достоинства и недостатки, как международной законодательной системы, так и законодательной систем Российской Федерации и Украины в области защиты персональных данных, особенности законодательных актов в данной сфере.

**Ключевые слова:** персональные данные; защита конфиденциальных данных; средства хранения информации, законодательные акты.

**Введение.** Сегодня практически каждый человек обладает ценной электронной информацией: личные данные, деловые документы, файлы с логинами и паролями к различным онлайн-сервисам, деловая переписка. Такая информация нуждается в надежной защите: от несанкционированного доступа и распространения, случайного удаления или изменения. Все развитые страны Европы и постсоветского пространства обеспокоены проблемой информационной безопасности, а также защитой персональных данных своих граждан. В соответствии с Законом Украины “О защите персональных данных” в ст. 2

© С. П. ЕВСЕЕВ, О. Г. КОРОЛЬ, В. В. ОГУРЦОВ, 2014



под “персональными данными” розуміються відомості чи сукупність відомостей про фізичну особу, яка ідентифікована або може бути конкретно ідентифікована”, а в ст. 6 определено “Первинними джерелами відомостей про фізичну особу є: видані на її ім’я документи; підписані нею документи; відомості, які особа надає про себе” [1]. Это обусловлено тем, что информатизация и оцифровка информации получили широкое распространение во всех сферах деятельности человека, в том числе и хранении личных и рабочих данных.

**Целью данной статьи** является анализ законодательных актов в сфере защиты персональных данных стран Евросоюза, США и СНГ, определение основных источников угроз конфиденциальности персональных данных и предложение возможных способов противодействия им.

**Анализ источников угроз конфиденциальности персональных данных.** Необходимость обеспечения безопасности персональных данных в наше время – объективная реальность. Кража персональных данных может нанести правообладателю ощутимый материальный ущерб, если речь идет о кредитных картах или информации о сбережениях в банке. Злоумышленники, обладающие достаточными техническими знаниями, похищают реквизиты банковских карт или имитируют сайты финансовых учреждений, чтобы заставить пользователя показать свою личную информацию. На самом деле зачастую даже трудно установить источник утечки персональных данных (ПД) вследствие высокой информатизации современного общества, основные средства проникновения и кражи представлены на рис. 1.

Кража персональных данных может нанести правообладателю ощутимый материальный ущерб, если речь идет о кредитных картах или информации о сбережениях в банке. Злоумышленники, обладающие достаточными техническими знаниями, похищают реквизиты банковских карт (скиминг) или имитируют сайты финансовых учреждений, чтобы заставить пользователя предоставить свою личную информацию (фишинг).



Рис. 1 Основные средства проникновения и кражи персональных данных

На практике, когда обнаружены уже последствия утечки информации, бывает очень трудно установить источник этой утечки, вследствие высокой информатизации современного общества.

Под угрозами безопасности ПД при их обработке в информационной системе ПД (ИСПД) понимается совокупность условий и факторов, создающих опасность несанкционированного, в том числе случайного, доступа к персональным данным, результатом которого может стать уничтожение, изменение, блокирование, копирование, распространение персональных данных, а также иных несанкционированных действий при их обработке в информационной системе персональных данных. Классификация угроз безопасности персональных данных представлена на рис. 2 [1 – 5].

В связи с повсеместным развитием Интернета наиболее часто атаки производятся с использованием уязвимостей протоколов сетевого взаимодействия, основные виды атак представлены на рис. 3. Проведенный анализ показал, что возросшие технические возможности по сбору и обработке персональной информации, развитие средств электронной коммерции и социальных сетей делают необходимым принятие мер по защите персональных данных. Кража персональных данных может нанести правообладателю ощутимый материальный ущерб, если речь идет о кредитных картах, банковских счетах или информации о сбережениях в банках.



Рис. 2 – Классификация угроз безопасности персональных данных

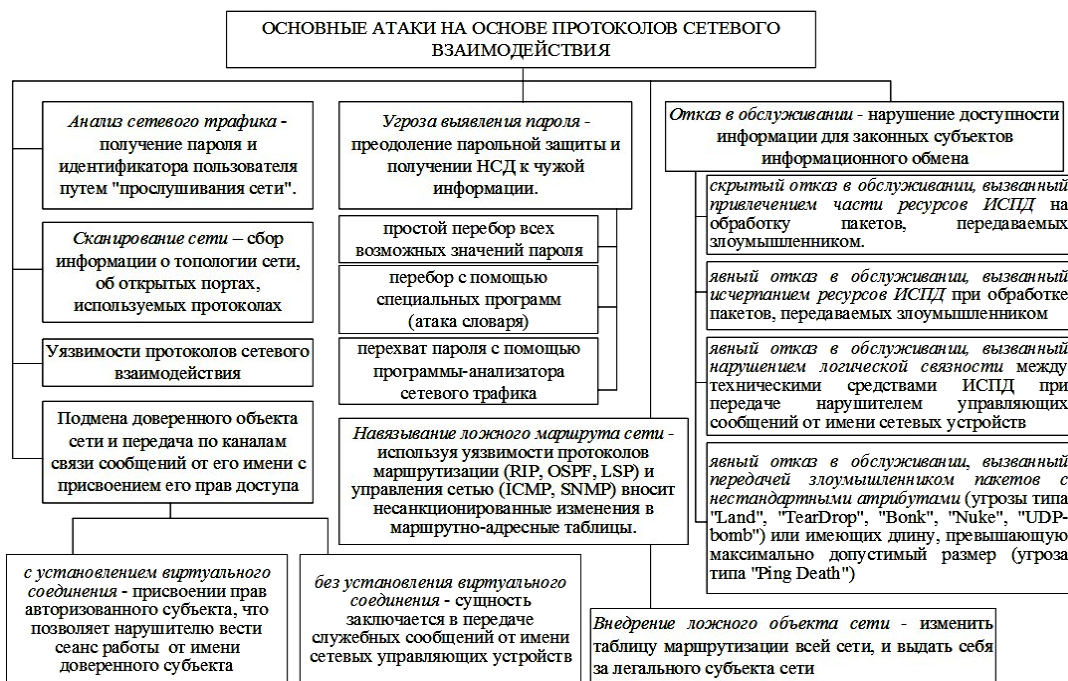


Рис. 3 – Основные виды атак с использованием уязвимостей протоколов сетевого взаимодействия

**Анализ основных законодательных актов в сфере защиты персональных данных стран Евросоюза, США и СНГ.** Принятие законов о защите персональных данных обоснованы статистическими данными о краже личной информации. Для примера: в 2010 году в число жертв хищения персональных данных превысило 8,1 млн. человек только в США [5; 6]. Государство на законодательном уровне требует от организаций и физических



лиц, обрабатывающих персональные данные, обеспечить их защиту. США была первой страной, принявшей в 1974 закон о защите персональных данных – “Закон о конфиденциальности” (Privacy Act). Закон запрещает разглашение информации из баз персональных данных (БПД) при отсутствии письменного согласия субъекта информации, за исключением случаев, являющихся одним из двенадцати уставных исключений. Патриотический Акт США (Patriot Act) – гарант правовой защиты информации, вступил в действие 26 октября 2001 года. Закон о правовой защите информации вносит поправки в 15 положений других законов, включая федеральные законы [4 – 6].

“Закон о защите персональных данных” был принят в Калифорнии в июле 2003 года. В соответствии с законом, все организации, предоставляющие коммерческие услуги, обязаны информировать своих клиентов в случае утечки их персональных данных, например, таких как: Ф.И.О., номера социального страхования или номера кредитных карт. Закон помог выявить степень уязвимости защиты данных и побудил другие штаты последовать их примеру. Новый закон о защите персональных медицинских данных Калифорнии – первый в США, его рассматривают и остальные штаты. Последовав примеру США, страны Европейского Союза также приступили к разработке ряда законов о защите персональной информации. К концу 70-х годов защита персональных данных в Совете Европы выделилась в самостоятельный вид деятельности. Комитетом экспертов Совета Европы по вопросам защиты персональных данных были сформулированы принципы защиты от неправомерных сбора, обработки, хранения и распространения сведений о физических лицах. Эти принципы 28 января 1981 года получили официальное закрепление в первом и единственном на сегодняшний день международном соглашении – Конвенции “О защите (прав) физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных” (известна как Конвенция №108, согласно порядку в серии Европейских договоров). В 1995 году Европейский Парламент и Совет Европейского Союза, на основании положений Договора об учреждении Европейского Союза приняли Директиву 95/46/ЕС Европейского Парламента от 24 октября 1995 года “О защите физических лиц при обработке персональных данных и свободного обращения этих данных”. Основные законодательные акты о защите персональных данных представлены на рис. 4.

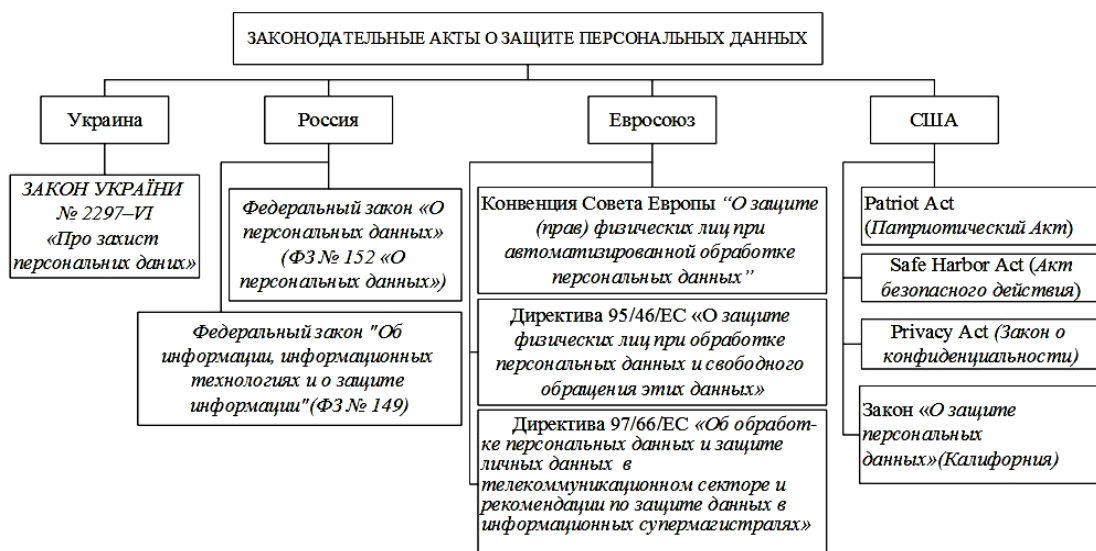


Рис. 4 – Основные законодательные акты о защите персональных данных

Основная причина, побудившая ввести дополнительные к Конвенции 1981 года указания, вызвана тем, что защита персональных данных в государствах-участниках осуществлялась на разных уровнях. Это обуславливалось отсутствием единого уровня нормативно-правовой регламентации и несоответствием степени защиты персональных данных, которая предоставлялась национальными законодательными, регулятивными и ад-

министративными положениями. В дополнение к этой Директиве 15 декабря 1997 году была также утверждена Директива 97/66/ЕС “Об обработке персональных данных и защите собственности в телекоммуникационном секторе”. Она дополняет и конкретизирует правила обработки операционных данных, которые собираются операторами во время предоставления телекоммуникационных услуг. В настоящее время это в большей степени касается телекоммуникационной интернет-сети Интернет.

Украина и Россия приняли законы о защите персональных данных относительно недавно, поэтому законодательная база наших стран касательно защиты личных данных, только начала развиваться. Первыми шагами России в отношении защиты персональных данных стали законы “О персональных данных” и “Об информации, информационных технологиях и о защите информации”. Федеральный закон “Об информации, информационных технологиях и о защите информации” (ФЗ №149 “Об информации, информационных технологиях и о защите информации”), который был принят 27 июля 2006 года, является базовым законом в области защиты информации. Федеральный закон “О персональных данных” (ФЗ №152 “О персональных данных”) был принят 27 июля 2006 года и вступил в законную силу 26 января 2007 г. Целью закона является защита прав и свобод человека при обработке его персональных данных. Принятие данного федерального закона явилось триггером в создании правовых условий для защиты прав субъектов персональных данных в РФ.

Необходимость принятия Закона в Украине давно назрела. В стране существуют, возможно, миллионы баз данных, в которых накапливается информация о гражданах. Во многих случаях граждане никак не защищены. На сегодняшний день в Украине принят только один закон о защите персональных данных, принятие которого, к сожалению, обусловлено скорее желанием вступить в Европейский Союз, нежели желанием защитить своих граждан от несанкционированного доступа к их личным данным. Закон Украины №2297-VI “О защите персональных данных” был подписан Президентом Украины 1 июня 2010 г. Он регулирует отношения, связанные с защитой персональных данных при их обработке. Закон содержит базовые положения, которые во многих аспектах схожи с Конвенцией Совета Европы. Закон Украины «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Украины относительно нарушения законодательства о защите персональных данных» устанавливает административную и ужесточил уголовную ответственность за нарушение законодательства о защите конфиденциальной информации.

Таким образом, проведенный анализ законодательных актов о защите персональных данных свидетельствует о высокой значимости и необходимости решения данного вопроса не только для рядовых граждан, но и для государства в целом. Законодательные акты во многом схожи между собой и преследуют единую цель – обеспечить максимальную защиту и юридическую поддержку граждан в решении вопросов защиты их конфиденциальных данных. Особенно это стало актуально в современных условиях резкого возрастания вычислительных возможностей, возникновения и роста кибертерроризма, появления новых угроз на персональные данные пользователей локальных и глобальных сетей. На наш взгляд, наиболее полным и структурированным документом в сфере защиты персональных данных является Директива 95/46/ЕС. Она достаточно подробно описывает обязанности государства по защите персональных данных в законодательной сфере, права и обязанности владельцев баз данных, а также права субъектов персональных данных. Помимо этого, есть ряд исключений, при которых государство имеет право на обработку и разглашение (или наоборот – неразглашение) персональных данных.

Именно на основе Директивы 95/46/ЕС были созданы законы о защите персональных данных во всех странах Европы, а также, практически полностью, эта директива была взята в качестве основы Федерального Закона России ФЗ №152 “О персональных дан-

ных” и конечно же была основой для принятия в Украине закона №2297-VI “О защите персональных данных”. Все законодательные акты в одинаковой степени обязывают сообщать субъектам персональных данных об обработке их данных, а также защищать их на должном уровне во избежание распространения этих данных несанкционированным путём. Таким образом, проведенный анализ показал, что законы о персональных данных устанавливают общие подходы к обеспечению защиты ПД, права и обязанности субъектов, владеющих ими, а также обязательную регистрацию и защиту баз персональных данных в специальном государственном реестре. Сравнительная характеристика законодательных актов разных стран приведена в табл.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика законодательных актов разных стран

Особенности законодательных актов	Страны			
	США	Евросоюз	Украина	Россия
Регистрация владельцами баз персональных данных в государственном реестре	+	+	+	+
Специальный орган надзора	+	+	+	+
Рабочая группа по защите индивидуумов в отношении обработки их ПД	-	+	-	-
Реестр операций по обработке ПД	+	+	-	-
Обеспечение владельцами баз ПД надлежащего уровня защиты этих данных	+	+	+	+
Необходимо согласие субъекта данных на обработку его ПД	+	+	+	+
Передача данных третьим лицам	+	-	+	-
Уведомление субъекта данных об обработке его персональных данных	+	+	+	+
Предоставление субъекту ПД информации относительно владельца базы ПД	+	+	+	+
Субъект данных, имеет право получить сведения о том какая информация, о нем хранится в базе ПД	+	+	+	+
Информация, хранящаяся в базе данных не должна быть избыточной и соответствовать целям обработки персональных данных, заявленным ранее	+	+	+	+
Гласность операций по обработке данных и их хранению	+	+	-	-
Передача данных в третьи страны (при согласии субъекта ПД)	+	+	+	+
Особенности обработки персональных данных в государственных или муниципальных информационных системах ПД	-	-	+	+
Оплата доступа к ПД (кроме случаев доступа субъекта ПД к своим данным)	-	-	+	-
Возможность в отказе доступа к ПД субъекту этих данных	-	-	-	+
Формирование внутренних Кодексов владельцев баз данных	+	+	+/-	+/-

Проведенные исследования показали, что в законодательных актах России и стран Евросоюза/США существуют отличия в обеспечении безопасности персональных данных. Так в законодательных актах России: требования определяют регуляторы (для обработки средствами автоматизации); отсутствие привязки к природе персональных данных, технологиям обработки, адекватности затрат.

В актах стран Евросоюза / США: учитывается природа ПД, возможности нарушителя, технологии обработки, адекватность стоимости системы защиты наносимому ущербу; гибкий подход к созданию системы защиты баз персональных данных.

Таким образом, на сегодняшний день практически во всех государствах введены законы о защите персональных данных. Наиболее развитыми в этом направлении оказались США и Евросоюз, имеющие ряд законов, позволяющих защищать персональные данные этих граждан на достаточно высоком уровне и регулировать вопросы о персональных данных в международных отношениях. Законодательные базы стран постсоветского пространства практически отсутствуют за исключением России.

Проведенный анализ [7 – 9] показал, что выделяются три основных типа мер по обеспечению безопасности баз персональных данных: организационные, технические и правовые, среди которых технические средства защиты персональных данных являются важной составляющей, обеспечивающие непосредственную, как правило криптографическую защиту.

**Выводы.** Проблема защиты персональных данных стоит очень остро. Поэтому все государства разрабатывают, обновляют, дополняют свои законы о защите персональных данных. Вместе с законами совершенствуются и появляются новые средства защиты персональных данных. Требования к новым и надежным средствам защиты постоянно растут, но вместе с ними развивается и рынок предложений. На данный момент передовыми государствами в законодательной и организационной сфере защиты персональных данных являются страны Евросоюза и США, тем не менее, в сфере технических средств защиты достаточно сильную конкуренцию им составляют Россия и Украина. Перспективным направлением дальнейших исследований является оценка возможности защиты персональных (конфиденциальных) данных предлагаемыми программными (программно-аппаратными) средствами защиты.

**Список литературы:** 1. Закон Украины № 2297-VI «О защите персональных данных». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.nibu.factor.ua/info/Zak\\_basa/Pers\\_dannie/Zak\\_2297](http://www.nibu.factor.ua/info/Zak_basa/Pers_dannie/Zak_2297). 2. Директива 95/46/ЕС Европейского Парламента и Совета от 24 октября 1995 года «О защите физических лиц при обработке персональных данных и свободного обращения этих данных». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [32.rsoc.ru/docs/32/Direktiva\\_95\\_46\\_ES\\_24.10.1995.doc](http://32.rsoc.ru/docs/32/Direktiva_95_46_ES_24.10.1995.doc). 3. Федеральный закон «О персональных данных» (ФЗ № 152 «О персональных данных»). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kadrovik.ru/docs/fz27.07.06n152-fz.htm>. 4. Баранов, А. А. «Права человека и защита персональных данных» / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [library.khpg.org/files/docs/Kn\\_L\\_.pdf](http://library.khpg.org/files/docs/Kn_L_.pdf). 5. InfoWatch CryptoStorage Enterprise. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.infowatch.ru/products/cryptostorage\\_enterprise](http://www.infowatch.ru/products/cryptostorage_enterprise). 6. Столкновение законодательств о персональных данных США и Европейского Союза. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pdp.net.ua/stolknovenie-zakonodatelstv-o-personalnyh-dannyh-ssha-i-evropejskogo-souza>[http://www.pravo.vuzlib.net/book\\_z137\\_page\\_28.html](http://www.pravo.vuzlib.net/book_z137_page_28.html). 7. Сравнение систем защиты от утечек (DLP). [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.anti-malware.ru>. 8. Защита персональных данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.iso27000.ru/chitalnyi-zai/zaschita-personalnyh-dannyh/zaschita-personalnyh-dannyh>. 9. Евсеев, С. П. Защита персональных данных [Текст] / С. П. Евсеев, Э.А. Лид, О. Г. Король, О. М. Носик // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС. – 2012. – Вип. 4 (102). – С. 108-117.

*Поступила в редколлегию 15.01.2014*

УДК 621.391

**Сравнительный анализ международной законодательной базы в сфере защиты персональных данных/ Евсеев С. П., Король О. Г., Огурцов В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.56-63. – Бібліогр.: 9назв. ISSN 2079-5459**

Розглядаються основні положення законодавчих актів у сфері захисту персональних даних країн Євросоюзу, США та СНД. Проводиться аналіз основних джерел загроз конфіденційності та цілісності баз персональних даних, переваги і недоліки, як міжнародної законодавчої системи, так і зако-

нодавчої систем Російської Федерації та України у сфері захисту персональних даних, особливості законодавчих актів у даній сфері.

**Ключові слова:** персональні дані; захист конфіденційних даних; засоби зберігання інформації; законодавчі акти.

**Comparative analysis of the international legal framework in protection of personal data/S. Evseev, O. Korol, V. Ohurtsov//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.56-63. Bibliogr.: 9. ISSN 2079-5459**

The basic provisions of legislation in the sphere of protection of personal data of EU countries, the USA and the CIS. Analysis of the main sources of threats to the confidentiality and integrity of personal databases, advantages and disadvantages, as the international legal system and the legal system of the Russian Federation and Ukraine in the field of personal data protection features of legislation in this area.

**Keywords:** personal data, the protection of sensitive data storage media, legislative acts.

## УДК 651.011

**И. В. ЛЕВЫКИН**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

**И. В. МАЗУР**, студент, ХНУРЭ, Харьков

### РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВА ARENA

Рассмотрен процесс построения имитационной модели изготовления полиграфического заказа в инструментальном средстве Arena. Также был проведен анализ построенной модели по сгенерированным отчетам и графикам для повышения эффективности выполнения полиграфического заказа.

**Ключевые слова:** моделирование, имитационное моделирование, имитационная модель, бизнес-процесс.

**Введение.** Залогом успешного развития полиграфических предприятий является разработка и применение эффективных методов управления, адекватных усилившейся конкурентной борьбе на рынке полиграфических работ. Каждый участник рынка должен решать сложные стратегические задачи инновационного развития и маркетинговой политики, проблемы переоснащения производственной базы, совершенствования технологии и организации производства, экономного использования производственных ресурсов. Предприятия не могут успешно решать эти задачи без применения эффективных методов управления, базирующихся на современных информационных технологиях и научном обосновании принимаемых управленческих решений. В условиях рыночной экономики предприятие должно постоянно повышать свой потенциал – предполагаемый уровень получения прибыли в будущем. Уровень конкурентоспособности предприятия является интегральным показателем его потенциала. Повышение потенциала подразумевает совершенствование деятельности предприятия: повышения качества полиграфической продукции, снижения ее себестоимости, выполнение заказов в запланированные сроки. Задачи повышения эффективности выполнения полиграфического заказа и конкурентоспособности позволяет решать имитационное моделирование.

**Цель работы.** Целью работы является построение имитационной модели изготовления полиграфического заказа с помощью инструментального средства Arena и последующий анализ построенной модели.

**Методика экспериментов.** Построение имитационной модели полиграфического заказа исходило из основных технологических этапов изготовления книги. Так как сам процесс изготовления книги является сложным из-за большого количества технологических операций, то для лучшей визуализации модель была разбита на три части: допечатная подготовка, процесс печати, послепечатная обработка. Анализ модели проводился по полученным отчетам и графикам в Arena.

**Обсуждение результатов.** Говоря об имитационном моделировании имеют в виду бизнес-процессы, оптимизируя которые можно получить почти идеальные результаты и предугадать все возможные варианты их протекания [1].

Для наглядности бизнес-процессы визуализируют при помощи блок-схемы бизнес-процессов [2]. В нашем случае в качестве бизнес-процессов в моделируемой схеме будут выступать технологические операции выпуска книги.

Для построения имитационной модели сначала были выделены технологические операции для выпуска книги, а затем все эти операции разделены на три основные группы: допечатная стадия (изготовление монтажей для обложки и блока, проверка качества печатных форм обложки и блока), процесс печати (приладка печатных форм обложки и блока, печать обложки и блока) и послепечатная стадия (фальцовка блока в тетради, фальцовка обложки, комплектовка блока, обрезка блока с трех сторон, скрепление блока с обложкой, упаковка готовой продукции).

Имитационная модель в Agena включает следующие основные элементы: источники и стоки (Create и Dispose), процессы (Process) и очереди (Queue). Источники — это элементы, от которых в модель поступает информация или объекты [3]. В нашем случае — это материалы для печати обложки и блока издания. Скорость поступления данных или объектов от источника обычно задается статистической функцией. Сток представляет собой устройство для приема информации или объектов. Понятие очереди близко к понятию хранилища данных — это место, где объекты ожидают обработки. Время обработки объектов (производительность) в разных процессах может быть разным. В результате перед некоторыми процессами могут накапливаться объекты, ожидающие своей очереди. Часто целью имитационного моделирования является минимизация количества объектов в очередях. Тип очереди в имитационной модели может быть конкретизирован. Очередь может быть похожа на стек — пришедшие последними в очередь объекты первыми отправляются на дальнейшую обработку (LIFO: last-in — first-out).

Альтернативой стеку может быть последовательная обработка, когда первыми на дальнейшую обработку отправляются объекты, пришедшие первыми (FIFO: first-in — first-out). Могут быть заданы и более сложные алгоритмы обработки очереди. Процессы — это аналог работ в функциональной модели. В имитационной модели также может быть задана производительность процессов [4].

При построении имитационной модели печати книги для каждого блока производились настройки параметров. Рассмотрим параметры для блока Create. Данные на каждый блок вводятся после двойного нажатия мыши или при выделении блока внизу рабочей зоны показывается таблица со всеми названиями аналогичных элементов в модели. В параметрах было задано имя объекта Materiali Blok, тип сущности Blok, тип времени между появлениями объекта Constant, время между появлениями объектов 2 минуты, количество объектов, появляющихся за один раз равно 1. Аналогичные параметры были выставлены для блока Create (Materiali Oblozhka). Далее рассмотрим настройки блока Process.

Были выставлены следующие параметры при моделировании комплектовки блока. Имя объекта Komplektovka Bloka, тип — стандартный, логическое действие Delay (Задержка), Тип задержка Triangular, единицы измерения — минуты и выставлено минимальное, желательное и максимальное значения времени, которое потратится на выполнение операции. Для блока Decide были выставлены свои настройки. В данном блоке есть тип решения. В данном случае было выбрано значение 2 way by Chance.

Так как нас интересует 2 случая: положительное и отрицательное решение поставленного вопроса в условии. В нижней строке выставлено количество положительных ответов на поставленный вопрос — 95%.



Когда выполняются два параллельных процесса (как в данной работе с параллельными процессами изготовления блока и обложки книги), после чего их нужно объединить в один (соединение блока с обложкой) используют блок Batch. Так как печать блока происходит значительно медленнее, чем печать обложки для их дальнейшего одновременного скрепления необходим так называемый накопитель, в роли которого и выступает такой блок.

Для количественных подсчетов было установлено счетчики и генерирование диаграмм. При чем их можно установить на любой из элементов. После запуска модели генерируются отчеты, где брались данные для анализа. В данной работе было поставлено счетчик времени на блок «Заказ выполнен». На рис. 1 представлена построенная имитационная модель выполнения заказа.

Для наглядности она была разбита на основные этапы изготовления книги (допечатная подготовка – рис. 1а, печатный процесс – 1б, послепечатная обработка издания – 1в). Как видно с рис. 1в, на выпуск 50 экземпляров книг, начиная с процесса изготовления монтажей, понадобилось 6,5 часов.

Этот показатель в зависимости от времени приладки оборудования, подготовки запечатываемых материалов и краски к процессу печати, скорости работы печатных машин, степени отладки и автоматизации самого производства может значительно изменяться. На блок «Batch» также был поставлен счетчик.

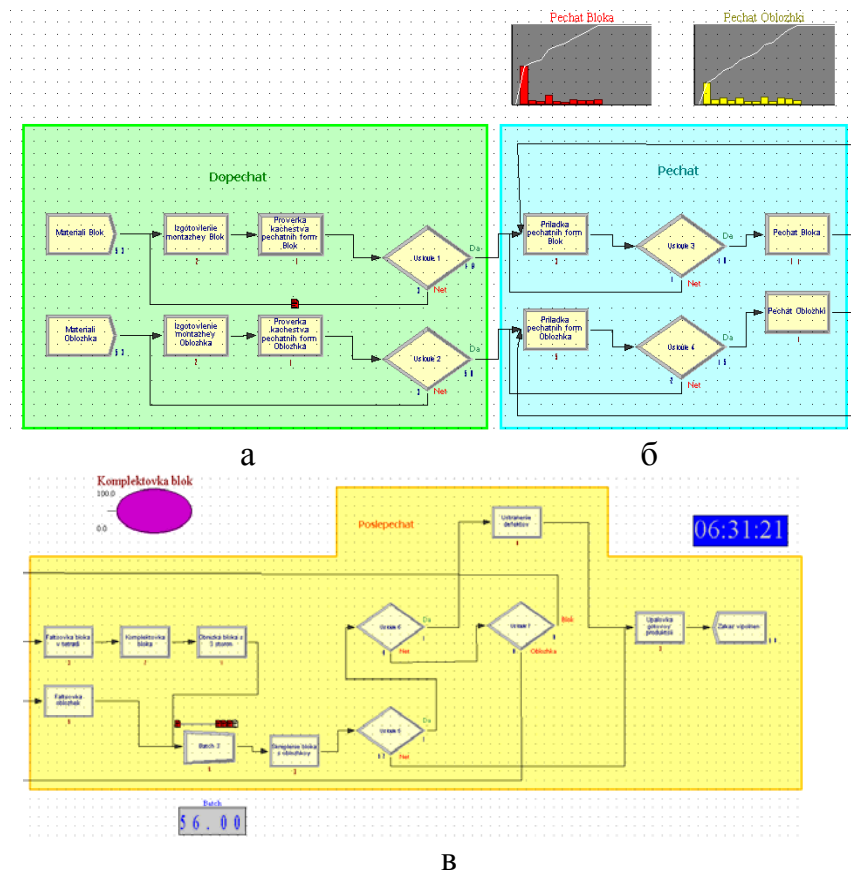


Рис. 1 – Имитационная модель процесса печати: а – допечатная подготовка; б – печать; в – послепечатная обработка издания

Total Time Per Entity	Average			
	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Faltsovka bloka v tetradi	0.1654	(Insufficient)	0.08756363	0.2427
Faltsovka oblozhkek	0.1281	(Insufficient)	0.08732712	0.1628
Izgotovlenie montazhey Blok	0.05259865	(Insufficient)	0.01027786	0.08237923
Izgotovlenie montazhey Oblozhka	0.05074893	(Insufficient)	0.01150371	0.08056061
Komplektovka bloka	0.2498	(Insufficient)	0.1752	0.3211
Obrezka bloka s 3 storon	0.05048370	(Insufficient)	0.02063013	0.08108705
Pechat Bloka	0.4690	(Insufficient)	0.3435	0.5763
Pechat Oblozhki	0.1680	(Insufficient)	0.0944	0.2444
Priladka pechatnih form Blok	0.1329	0,002051796	0.1038	0.1645
Priladka pechatnih form Oblozhka	0.1324	(Insufficient)	0.1034	0.1628
Proverka kachestva pechatnih form Blok	0.03349125	(Insufficient)	0.01727563	0.04836883
Proverka kachestva pechatnih form Oblozhka	0.03314863	(Insufficient)	0.01797820	0.04864119
Skreplenie bloka s oblozhkoy	0.3345	(Insufficient)	0.2562	0.4053
Upalovka gotovoy produktsii	0.3669	(Insufficient)	0.2096	0.4851
Ustranenie defektov	0.1148	(Insufficient)	0.1136	0.1161

Рис. 2 – Отчет о среднем, максимальном и минимальном времени на выполнение каждой операции

На рис. 1, в видно, что прошло через него 56 объектов. Сверху блока «Batch» изображена прямая, на которой скопились обложки (красные объекты) и блоки (желтые объекты). Они ожидают своей очереди скрепления.

Для анализа имитационной модели было сгенерировано отчет о среднем, максимальном и минимальном значении времени на выполнение каждой операции (рис. 2).

Также было получено отчет о суммарном времени по всем процессам, которые присутствуют в модели. Агента и построен график, отображающий время выполнения каждой операции (рис. 3).

Рис. 3 показывает, что самой затратной по времени является операция печати блока. В Агента также был предоставлен отчет о количестве входящих объектов в каждый из технологических процессов (рис. 4).

Такие отчеты позволяют бизнес-аналитику провести анализ, выявить проблемные места и скорректировать модель [4]. Имея имитационную модель на предприятии и корректируя значения различных показателей можно повысить скорость и эффективность выполнения заказа не потеряв в качестве печатной продукции.

**Выводы.** В ходе проведенных исследований было построено имитационную модель процессов изготовления книги на основе ее технологических операций. Полученные показатели времени при проигрывании модели могут не всегда соответствовать реальному, так как время отладки оборудования, подготовки материалов к печати и другие показатели на каждом предприятии разные и зависят от уровня техники, специфики производства и вида выпускаемой продукции. Построение таких имитационных моделей поможет избежать потерь временных и денежных ресурсов, повысить эффективность управления производством. Результаты данного исследования можно использовать в качестве рекомендаций при изучении особенностей имитационного моделирования, а также при построении имитационных бизнес-моделей на полиграфических предприятиях.

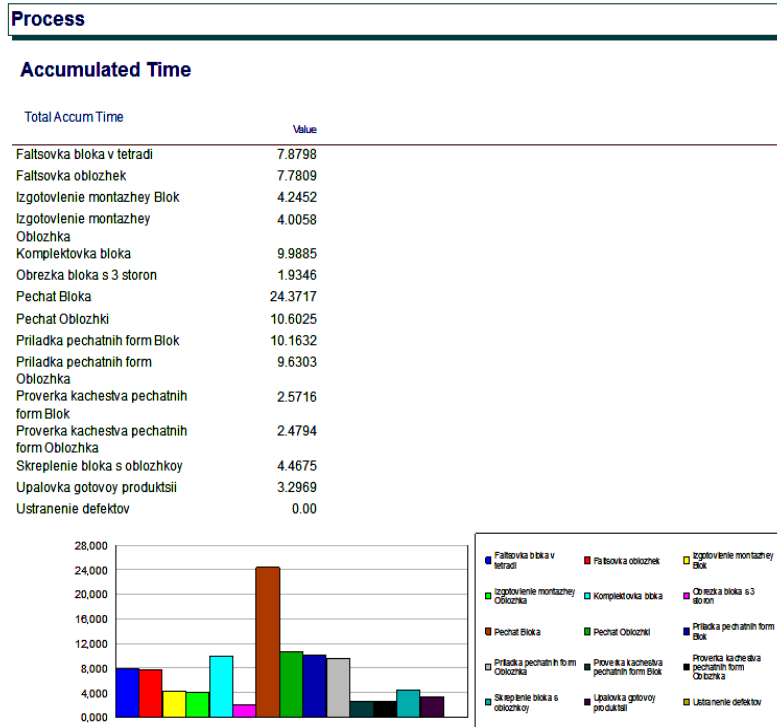


Рис. 3 – Отчет «Суммарное время»

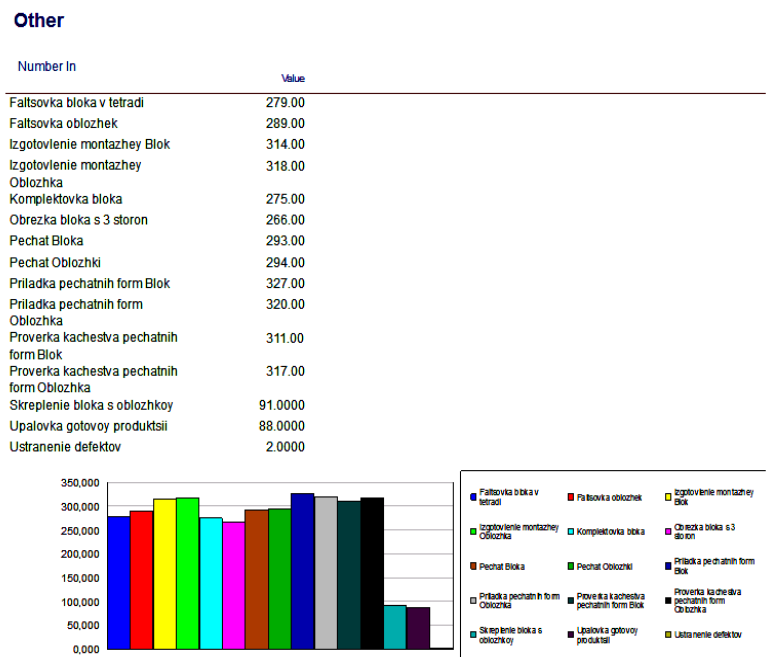


Рис. 4 – Отчет о количестве входящих объектов

**Список литературы:** 1. Емельянов, А. А. Имитационное моделирование бизнес-процессов [Текст] / А. А. Емельянов, Е. А. Власова. — СПб. : БХВ-Петербург, 2009. — С. 19-26. 2. Ковалев, С. М. Оптимизация бизнес-процессов / С. М. Ковалев, В. В. Ковалева // Консультант директора. — 2005. № 8. — С. 235. 3. Rossetti, Manuel D. Simulation Modeling with Arena [Текст] / Manuel D. Rossetti. — John Wiley & Sons, Inc., — 2010. — 600 с. 4. Великая, Я. Г. Средства имитационного моделирования для реинжиниринга бизнес-процессов. / Я. Г. Великая, Т. В. Зайцева // Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. — 2008. № 8.

*Поступила в редколлегию 15.01.2014*

УДК 651.011

**Разработка имитационной модели технологического производства с использованием средства Arena/ Левыкин И. В., Мазур И. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — Х: НТУ «ХПІ», — 2014. - № 7 (1050). — С.63-67. — Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459

Розглянуто процес побудови імітаційної моделі виготовлення поліграфічного замовлення в інструментальному засобі Arena, здійснено її імітаційне моделювання. Також було проведено аналіз побудованої моделі по згенерованим звітам і графіками для підвищення ефективності виконання поліграфічного замовлення.

**Ключові слова:** моделювання, імітаційне моделювання, імітаційна модель, бізнес-процес.

**The imitating model design of the technological production with the tool arena using/I.V. Levikin, I.V. Mazur** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. — Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.63-67. Bibliogr.:4. ISSN 2079-5459

The process of the imitating model building for making a printing order in the toolbox Arena was examined. There was also analyzed the constructed model upon generated reports and diagrams for the printing order’s fulfillment effectiveness increasing.

**Key words:** modeling, imitating modeling, imitating model, business process.

УДК 338.2

**Т. І. БЛЯНКИНА**, доцент, Київський національний університет культури і мистецтв

## **АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНОЇ СФЕРИ УКРАЇНИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ЇЇ РОЗВИТКУ**

Розглянуто існуючий стан фінансування наукової та науково-технологічної сфери України. Проаналізована динаміка та структура основних показників інноваційної активності.

**Ключові слова:** економічний розвиток, інноваційно-інвестиційна діяльність, інноваційні технології.

**Вступ.** У сучасних умовах якість управління інноваційними процесами є визначальним фактором конкурентоспроможності національної економіки. Проведення в Україні з 1991 року хибної науково-технологічної та інноваційної політики та її низька ефективність сформувало тенденцію технологічного відставання від розвинених економік світу. Наслідком цього стало зниження конкурентоспроможності національної економіки, гальмування розвитку високотехнологічних галузей промисловості, погіршення якості робочої сили, що призвело до зростання загроз національній безпеці, вибуття України з числа економічно розвинених країн світу та перетворення її у ресурсний придаток однієї або групи країн-лідерів.

**Мета роботи.** Запропоновано методи удосконалення способів організації економіки України в інвестиційно-інноваційній сфері.

Україна, підписавши у 1994 році Угоду про партнерство і співробітництво з Європейськими співтовариствами, обрала курс на розвиток національної економіки за інноваційною моделлю. З метою реалізації економічного розвитку за інноваційною моделлю була прийнята відповідна нормативно-правова база, що створило необхідне

© Т. І. БЛЯНКИНА, 2014

нормативне поле для провадження інноваційної діяльності на засадах, визначених Концепцією науково-технічного та інноваційного розвитку України. Дана Концепція містить пріоритетні напрями державної підтримки у сферах виробництва, наукового та технологічного розвитку, а також основний механізм їх впровадження через загальнодержавні та галузеві наукові і науково-технологічні програми. Реалізація запропонованих у Концепції заходів мала сприяти формуванню такої моделі організації науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт в Україні, яка б поєднувала в собі елементи ринкової економіки із збереженням гнучких важелів державного регулювання цією сферою. Закон України «Про інноваційну діяльність» визначив інноваційну діяльність, як «діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів та послуг» [1]. Зафіксований в Концепції підхід до державної інноваційної політики, на жаль, не був забезпечений належною фінансовою підтримкою наукових та науково-технічних досліджень.

Методика експерименту: створення механізмів розбудови інтелектуально-орієнтованої економіки і формування психології ефективного суспільства.

Починаючи з 1991 р. в Україні жодного бюджетного року не була виконана, визначена статтею 34 Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність», норма щодо забезпечення державою бюджетного фінансування наукової та науково-технічної діяльності у розмірі не менше 1,7 % валового внутрішнього продукту України. Типова щорічна цифра видатків на науку складала  $0,3 \div 0,5$  % ВВП, внаслідок чого наука була спроможна виконувати у суспільстві переважно соціокультурну функцію. Відомо, що економічна функція науки починається з обсягів фінансування, більших від 0,9 % ВВП. Зниження рівня фінансування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт призвело до відтоку з України кваліфікованих науково-технічних кадрів, занепаду багатьох наукових шкіл, стрімкої деградації матеріально-технічної бази наукових та науково-технологічних досліджень, переважного впровадження в Україні запозичених технологій не найкращої якості, зростання ролі іноземних інвесторів. Стан фінансування наукової і науково-технічної сфери ще у 2004 році розглядався Верховною Радою України, яка прийняла постанову «Про дотримання законодавства щодо розвитку науково-технічного потенціалу та інноваційної діяльності в Україні». В постанові констатуються недостатні обсяги асигнувань на науку у відсотках до ВВП.

Особливо важкий стан спостерігається у вузівській і галузевій науках, фінансування яких знизилася до критичної межі, де відбувається затягування процесу інституційних перетворень системи науково-технічного і кадрового забезпечення економіки України відповідно до умов світового ринку, старіння наукових кадрів, зменшення обсягів можливої бази об'єктів інноваційної діяльності, зниження кількості активних в інноваційному плані підприємств (26 % у 1994 р. проти 14,2 % у 2007 р.). Слід зазначити, що серед країн Євросоюзу мінімальні показники інноваційної активності у 2007 році мали Португалія – 26 % та Греція – 29 %, але навіть вони у два рази вищі, ніж в Україні. У порівнянні з країнами-лідерами, такими як Нідерланди (62 %), Австрія (67 %), Німеччина (69 %), Данія (71 %) та Ірландія (74 %), розрив з Україною ще більший і складає  $3 \div 4$  рази. За даними Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України, [4] загальний обсяг фінансування інноваційної діяльності у 2012 р. становив 11480,6 млн. грн. або 0,81 % ВВП проти 14333,9 млн. грн. (1,1 % ВВП) у 2011 р., з яких із державного бюджету було виділено 224,3 млн. грн., що на 75,1 млн. грн. більше порівняно з 2011 р. (рис. 1).

Загальна сума видатків на інноваційні технології у 2012 р. зменшилася на 2853,3 млн. грн. порівняно з 2011 р. Основним джерелом фінансування інноваційної діяльності залишаються власні кошти підприємств – 63,9 % загального обсягу витрат (52,9 % у 2011 р.). Частка кредитів склала 21,0 % (38,3 %), фінансова підтримка держави – 2,2 % (1,1 %), кошти іноземних та вітчизняних інвесторів – 8,6 % і 1,3 % відповідно (0,4 % і 0,3 %) (табл. 1).

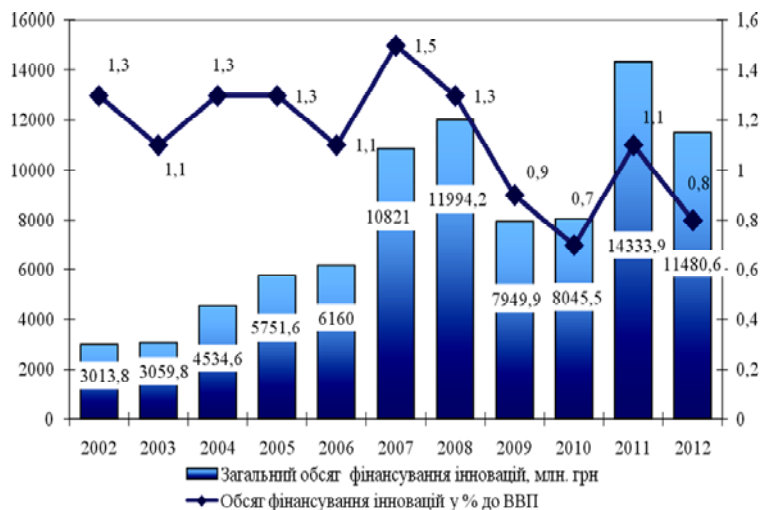


Рис. 1 – Динаміка основних показників фінансування інноваційної діяльності

Таблиця 1 – Динаміка та структура фінансування інноваційної діяльності

Загальний обсяг фінансування інноваційної діяльності, млн. грн.	1757,1	5751,6	10821	11994,2	7949,9	8045,5	14333,9	11480,6
у % до ВВП	1,0	1,3	1,5	1,3	0,9	0,7	1,1	0,81
<i>з них за рахунок (у % до загального обсягу фінансування):</i>								
власних коштів	79,6	87,7	73,7	60,6	65	59,3	52,9	63,9
державного бюджету	0,4	0,5	1,3	2,8	1,6	1,1	1,0	2,0
місцевих бюджетів	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
позабюджетних фондів	1,9	0	0	0	0	0	0	0
вітчизняних інвесторів	2,8	1,4	0,2	1,4	0,4	0,4	0,3	1,3
іноземних інвесторів	7,6	2,7	3,0	1,0	19,0	30,0	0,4	8,6
кредитів	6,3	7,1	18,5	33,7	11,8	7,8	38,3	21,0
інших джерел	1,3	0,3	3,2	0,4	2,1	1,3	6,9	3,0

Стан розвитку науково-технологічної та інноваційної сфери неодноразово був предметом розгляду Ради національної безпеки і оборони України. Зокрема, за результатами засідання РНБО України від 06.04.2006 року Президент видав Указ від 11.04.2006 року № 606/2006 «Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 6 квітня 2006 року «Про стан науково-технологічної сфери та заходи щодо забезпечення інноваційного розвитку України». Одним із завдань, визначених в Указі, була розробка Концепції розвитку національної інноваційної системи та плану заходів щодо її реалізації. Головна мета даної Концепції розвитку – вдосконалення способу організації економіки України, де роль головного джерела стійкого економічного зростання відіграють наукові знання та їхнє технологічне застосування. Безперервна трансформація органів державного управління науково-технічною й інноваційною діяльністю та відсутність в наслідок цього вираженої і довгострокової політики значно погіршили стан інноваційної сфери та інноваційної культури суспільства. Це стало предметом розгляду на парламентських слуханнях на тему «Національна інноваційна система України: проблеми формування та реалізації», які відбулися у Верховній Раді України у 2007 році. Учасниками слухань були визначені такі негативні явища:

- неузгодженість законодавства в інноваційній сфері з корпоративним, інвестиційним, податковим, соціальним законодавством, відсутність супроводження прогресивних норм законів відповідними підзаконними актами, які б забезпечили їх практичне введення в дію;
- непослідовність дій держави щодо підтримки суб'єктів інноваційної

діяльності; значне зниження інноваційної активності підприємств та загальне погіршення інноваційної культури суспільства;

- неефективність механізмів правового захисту інтелектуальної власності;
- відсутність належної системи прогнозування науково-технологічного

та інноваційного розвитку.

Крім цього, при прийнятті законів України про державний бюджет на поточний або наступний роки, набула поширення практика ігнорування законодавства або призупинення дії статей законів, які стосувалися фінансової підтримки інноваційної діяльності (в тому числі й окремих положень Закону України «Про інноваційну діяльність», «Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків» [5] тощо).

**Обговорення результатів:** назріла потреба в перегляді й актуалізації змісту державної наукової політики, визначеності її доктрини та стратегічних напрямів, а також у створенні простих, зрозумілих науковцям, владі та суспільству механізмів забезпечення зростання ролі науки та її інноваційного потенціалу в соціально-економічному розвитку країни. Нинішній стан науково-дослідної сфери України обумовлено негативним впливом загальноекономічних проблем, пов'язаних із структурною реформованістю економіки, домінуванням у ній низькотехнологічних галузей, виробництва продукції з невисоким рівнем доданої вартості, які малосприйнятливі до сучасних наукових досягнень. Застарілість технологічної наукової бази фактично унеможливує проведення в Україні досліджень світового рівня без допомоги зарубіжних партнерів, яка часто є небезкорисною: чимало значущих досягнень українських вчених стають інтелектуальною власністю інших країн. На сьогодні Україна ще зберегла потужний, практично безпрецедентний, принаймні для Європи, потенціал матеріалознавчої науки, зокрема в таких напрямках світового значення як управління процесами структуроутворення, формування властивостей конструкційних та інструментальних матеріалів, їх зварювання, у т.ч. з використанням висококонцентрованих джерел енергії та електромагнітного впливу; розробка технологій виробництва функціональних матеріалів для електроніки, лазерної та діагностичної техніки; розробка технологій виробництва синтетичних алмазів та інших надтвердих матеріалів, а також інструменту на їх основі. Саме тому назріла необхідність у зламі негативних тенденцій, спрямуванні державної політики на формування нового науково-технічного потенціалу, максимального його використання для переведення вітчизняної економіки на інноваційний шлях розвитку. Щонайменше чотири системні чинники стримують інноваційний розвиток в Україні [2].

По-перше, це відсутність довгострокових стратегій сталого, соціально-економічного, науково-технологічного, інноваційного розвитку країни та непослідовна зовнішня та внутрішня економічна політика.

По-друге, незавершеність процесів перерозподілу власності: набуття власності шляхом приватизації домінує над іншими можливими економічними механізмами, в тому числі тими, що пов'язані з капіталізацією одержаного прибутку.

По-третє, сформованість світового ринку високотехнологічних товарів і послуг, на якому Україна, як суб'єкт, має підтримувати свою присутність.

По-четверте, тяжіння в управлінні інноваційною сферою до галузевих засад, всупереч необхідності системного і послідовного впровадження функціональних принципів.

**Висновок.** Таким чином, виходячи з досвіду розвинених країн, вплив інноваційного фактору на економіку має відбуватися шляхом узгодження інноваційної політики з науково-технічною, бюджетно-фінансовою, грошово-кредитною, промисловою та зовнішньоторгівельною політикою та за умови досягнення єдності інтересів і встановлення злагоджених стосунків між суспільством, державою, владою, бізнесом та іншими громадсь-



кими і науковими інституціями. Поточна ситуація в інноваційній сфері робить нагальною розробку такої державної політики, яка б забезпечувала розширене відтворення об'єктної бази інноваційної діяльності та незворотній вплив інновацій на прискорене економічне зростання країни.

**Список літератури:** 1. Закон України «Про інноваційну діяльність» від 04.07.2002 р. № 40 – IV./zakon.rada.gov.ua/go/40-15. 2. Матеріали парламентських слухань у Верховній Раді України: «Національна інноваційна система України: проблеми формування та реалізації»/ Упор. Г. О. Андрощук, М. М. Шевченко. – К.: Парламентське вид-во, 2007. – 304 С. 3. Стратегія інноваційного розвитку України на 2010 – 2020 роки в умовах глобалізаційних викликів. (Проект)/ kno.rada.gov.ua 4. Аналітична довідка про стан розвитку науки і техніки, результати наукової, науково-технічної, інноваційної діяльності, трансферу технологій за 2012 рік. //Державне агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. Український інститут науково-технічної і економічної інформації// К.: 2013.- 106 С. 5. Закон України «Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків»/zakon.rada.gov.ua/laws/show 991-14.

*Надійшла до редколегії 22.01.2014*

УДК 338.2

**Анализ инновационной сферы Украины и характеристика основных проблем ее развития/ Білянкіна Т. І.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.67-71 . – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-5459

Рассмотрено существующее состояние финансирования научной и научно-технологической сферы Украины. Проанализирована динамика и структура основных показателей инновационной активности.

**Ключевые слова:** экономическое развитие, инновационно-инвестиционная деятельность, инновационные технологии.

**Analysis of the innovation sphere of Ukraine and characterization of the main problems of its development/ Biliankina T. I.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.67-71. Bibliogr.: ISSN 2079-5459

The existing state of financing of scientific and scientifically technological spheres of Ukraine is reviewed. The dynamics and structure of basic indexes of innovative activity is analyzed.

**Keywords:** economic development, innovation and investment activities, innovative technology.

УДК 658.512

**Л. И. НЕФЁДОВ**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., ХНАДУ, Харьков;  
**Ю. А. ПЕТРЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;  
**А. С. КОНОНЫХИН**, аспирант, ХНАДУ, Харьков

## **МОДЕЛЬ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ПРОЕКТНОГО ОФИСА В УСЛОВИЯХ НЕЧЕТКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

В статье разработана модель выбора оборудования проектного офиса, позволяющая на основе анализа требований, предъявляемых к оснащению офиса, повысить производительность, эргономичность и безопасность труда сотрудников с учетом количественных и качественных критериев в зависимости от функционального назначения рабочих мест.

**Ключевые слова:** нечеткие оценки, функция принадлежности, проектный офис, офисное оборудование, метод анализа иерархий.

**Введение.** При выборе офисного оборудования учитываются характер решаемых задач, особенности предметно-пространственного окружения. Необходимо так же помнить, что в помещении офиса должно находиться только то оборудование, которое требуется сотрудникам офиса в процессе работы. Приобретение средств оргтехники должно быть

© Л. И. НЕФЁДОВ, Ю. А. ПЕТРЕНКО, А. С. КОНОНЫХИН, 2014



продиктовано, в первую очередь, соображениями целесообразности ее использования для максимальной эффективности работы, а также расчетом полезной площади помещения, отведенного под офис. Каждое офисное оборудование имеет свой набор требований по реализации, который формирует совокупность ограничений при проектировании офисного оснащения.

**Анализ публикаций.** Проблема выбора оборудования проектного офиса требует сопоставления его функциональных возможностей с требованиями технологического процесса офиса, требованиями эргономики и техники безопасности.

Существует необходимость в решении задачи выбора офисного оборудования и вспомогательной техники:

- устройства для организации документооборота;
- организационные средства, офисная мебель;
- организационная техника;
- ЭВМ, периферийные устройства и т.д.

Рабочее место пользователя складывается из офисной мебели и оргтехники, конструкции которых должны создавать возможность сохранения рациональной рабочей позы на протяжении рабочего дня. Размеры комплекта рабочего места, содержащего офисную мебель, подбираются с учетом рабочей позы, антропометрических особенностей пользователей, а также учитывают: высоту рабочей поверхности стола; пространство для ног; число и размеры предметов на рабочей поверхности; возможности регулировки высоты сиденья, угла наклона спинки сиденья, перемещения сиденья вперед-назад, влево-вправо.

Как показывает анализ литературных источников [1, 2] при определении критериев оценки выбора офисного оборудования, многие из них задаются не количественно, а качественно. Для решения данной проблемы весьма удобным математическим аппаратом является теория нечетких множеств, позволяющая достаточно адекватно описать данную задачу [3 – 6].

**Цель и постановка задачи.** Цель работы – повышение производительности, эргономичности и безопасности труда сотрудников офиса за счет разработки модели выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации с учетом функциональных, затратных критериев, геометрических показателей оборудования, помещений и их функциональных зон.

Постановка задачи выбора технического обеспечения проектного офиса следующая [7]. Известно:

- функциональные зоны, которые характеризуются размерами и требованиями санитарных норм;
- для каждой функциональной зоны перечень рабочих мест, за которыми в офисе будет закреплен комплект офисного оборудования;
- для каждого рабочего места типы и виды оборудования, которые характеризуются набором параметров, а также функциональными и затратными показателями.

Выбор набора офисного оборудования производится по следующим частным критериям:

- минимальные приведенные затраты, затраты на покупку и эксплуатацию оборудования;
- максимальное соответствие параметров и характеристик оборудования потребностям функциональных зон, эргономическим показателям и показателям техники безопасности.

При выборе офисного оборудования необходимо сопоставить его функциональные возможности с требованиями технологического процесса офиса, требованиями эргономики и техники безопасности при организации системы «человек-техника-среда».

При выборе офисного оборудования предусматриваются конструктивные особенности его функционирования как в составе всей системы «человек-техника-среда», так и в составе отдельных рабочих мест, на которых решаются задачи офиса. В качестве функционального критерия в зависимости от степени неопределенности исходной информации о важности критериев используется функциональная эффективность. Под функциональной эффективностью понимается способность оборудования отвечать требованиям пользователя по предъявляемым функциональным критериям.

**Модель выбора технического обеспечения проектного офиса.** Пусть  $O = \{o_i\}$  ( $i = \overline{1, i'}$ ) множество типов оборудования, которое может быть на рабочем месте. Каждый тип оборудования имеет  $o_i = \{\hat{i}_{ij}\}$  ( $j = \overline{1, j'}$ ) множество видов, которые отличаются своими параметрами и показателями. Каждый вид каждого типа оборудования характеризуется множеством показателей  $k_{ijl} = \{k_{ijl}\}$  ( $i = \overline{1, i'}$ ;  $j = \overline{1, j'}$ ;  $l = \overline{1, p}$ ) для его оценки.

Задача состоит в выборе лучшей альтернативы типа и вида оборудования с учетом ограничений, заданных множеством показателей: по функциональной эффективности  $E = \{E_{ij}\}$  ( $i = \overline{1, i'}$ ;  $j = \overline{1, j'}$ ), по затратам  $Z = \{Z_{ij}\}$  ( $i = \overline{1, i'}$ ;  $j = \overline{1, j'}$ ), по геометрическим параметрам  $F = \{F_{ij}\}$  ( $i = \overline{1, i'}$ ;  $j = \overline{1, j'}$ ).

Критерии альтернатив могут быть представлены нечетко, как в качественных, так и в количественных показателях. Поэтому, чтобы сопоставить эти данные необходимо заменить их нечеткими оценками, измеряемыми в одной шкале. Пусть шкала оценок будет задана интервалом  $[0; 1]$ , тогда для каждой альтернативы  $\hat{i}_{ij}$  со значением показателя  $k_{ijl}$  установим следующие функции принадлежности  $\mu_{ijl}(o_{ij}) \in [0; 1]$ , которая будет характеризовать, насколько  $ij$ -ая альтернатива соответствует  $l$ -ому критерию.

Оценки показателей заданных количественно значениями  $k_{ijl}$  описываются непрерывной функцией:

- в случаях максимизации:

$$\mu_{ijl}(o_{ij}) = \begin{cases} 0 & \text{для } k_{ijl} \leq k_{ijl}^0; \\ \frac{k_{ijl} - k_{ijl}^0}{k_{ijl}^H - k_{ijl}^0} & \text{для } k_{ijl}^0 \leq k_{ijl} \leq k_{ijl}^H; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; l = \overline{1, p}; \\ 1 & \text{для } k_{ijl} \geq k_{ijl}^H; \end{cases} \quad (1)$$

- в случаях минимизации:

$$\mu_{ijl}(o_{ij}) = \begin{cases} 0 & \text{для } k_{ijl} \geq k_{ijl}^0; \\ \frac{k_{ijl} - k_{ijl}^0}{k_{ijl}^H - k_{ijl}^0} & \text{для } k_{ijl}^0 \geq k_{ijl} \geq k_{ijl}^H; i = \overline{1, i'}; j = \overline{1, j'}; l = \overline{1, p}; \\ 1 & \text{для } k_{ijl} \leq k_{ijl}^H; \end{cases} \quad (2)$$

где  $k_{ijl}^H$  - наилучшее значение рассматриваемого показателя;

$k_{ijl}^0$  - значение заданное ограничением по данному показателю.

В случаях, когда оценки показателей задаются качественно, значения, функций принадлежности определяют эксперты. Если возникают трудности в их задании необходимо использовать метод попарных сравнений или анализа иерархий [8, 9].

В результате каждая альтернатива  $\hat{i}_{ij}$  теперь будет представлена множеством соответствующих им оценок  $\{\mu_{ij1}(o_{ij}), \mu_{ij2}(o_{ij}), \dots, \mu_{ijl}(o_{ij})\}$ . Для каждого  $k_{ijl}$  имеется множество

$$D_{k_{ijl}} = \{\mu_{ij1}(o_{i1}), \mu_{ij2}(o_{i2}), \dots, \mu_{ijl}(o_{ij'})\}, \quad (3)$$

каждый элемент которого выступает характеристикой степени соответствия альтернативы  $\hat{i}_{ij}$  требованию, задаваемому рассматриваемым критерием  $k_{ijl}$ .

Представляется вполне естественным, что решением исходной задачи будет такая альтернатива  $\hat{i}_{ij}^*$ , которая в наибольшей мере удовлетворяет требованиям всей совокупности критериев. Отсюда следует, что решение  $R$  выбора наилучшей  $\hat{i}_{ij}^*$  альтернативы может быть представлено как нахождение пересечения соответствующих нечетких множеств:

$$R = D_{k_{ij1}} \cap D_{k_{ij2}} \cap \dots \cap D_{k_{ijl}}. \quad (4)$$

В соответствии с определением операции пересечения нечетких множеств функция принадлежности искомого решения находится как:

$$\mu_{D_R}(\hat{i}_{ij}) = \min_{l=1,p}(\mu_{D_{k_{ijl}}}(\hat{i}_{ij})), \quad i = \overline{1, i'}, \quad j = \overline{1, j'}. \quad (5)$$

Таким образом, в качестве наилучшей должна быть выбрана та из альтернатив  $\hat{i}_{ij}^*$ , для которой значение функции принадлежности  $\mu_R(\hat{i}_{ij}^*)$  окажется максимальным. То есть:

$$o_{ij}^* = \arg\{o_{ij} \mid \mu_R(o_{ij}^*) = \max_{i=\overline{1, i'}, j=\overline{1, j'}}[\mu_{D_R}(o_{ij})] = \max_{i=\overline{1, i'}, j=\overline{1, j'}} \min_{l=1,p}[\mu_{D_{k_{ijl}}}(o_{ij})]\}. \quad (6)$$

Именно эта альтернатива и является решением исходной задачи, поскольку она в наибольшей степени удовлетворяет требованиям всей совокупности рассматриваемых критериев.

Отметим, что в рассмотренной задаче все критерии  $k_{ijl}$  по умолчанию предполагались равноправными, то есть имеющими одинаковую важность.

Область допустимых решений определяется следующими ограничениями:

– функциональная эффективность выбранного типа оборудования должна быть не менее заданной  $E_0$ :

$$E_{ij} o_{ij} \geq E_0, \quad i = \overline{1, i'}, \quad j = \overline{1, j'}, \quad (7)$$

где  $o_{ij} = 1$  – если выбрана  $ij$ -ая альтернатива типа и вида оборудования,  $o_{ij} = 0$  – в противном случае;

– стоимость, выбранного офисного оборудования должна быть не более заданной  $Z_0$ :

$$Z_{ij} o_{ij} \leq Z_0, \quad i = \overline{1, i'}, \quad j = \overline{1, j'}, \quad (8)$$

где  $o_{ij} = 1$  – если выбрана  $ij$ -ая альтернатива типа и вида оборудования,  $o_{ij} = 0$  – в противном случае;

– геометрические параметры выбранного офисного оборудования должны находиться в заданных пределах:

$$F_{ij}^{\min} \leq F_{ij} o_{ij} \leq F_{ij}^{\max}, \quad i = \overline{1, i'}, \quad j = \overline{1, j'}, \quad (9)$$

где  $o_{ij} = 1$  – если выбрана  $ij$ -ая альтернатива типа и вида оборудования,  $o_{ij} = 0$  – в противном случае;

– для одного рабочего места может быть выбрано только одного типа и вида оборудование:

$$\sum_{i=1}^{i'} \sum_{j=1}^{j'} o_{ij} = 1. \quad (10)$$

**Пример задачи выбора офисного оборудования.** Для примера рассмотрим задачу выбора офисного стола для функциональной зоны рабочего места проектировщика. В качестве критериев выбора стола учитывался показатель, измеряемый количественно – стоимость  $k_1$  (включающая цену за стол, его доставку, сборку и установку), и показатель

измеряемый качественно – качество стола  $k_2$ . Задача состоит в выборе вида определенного типа офисного стола для проектного офиса. Множество альтернатив представляют одиннадцать видов офисных столов  $o_1, o_2, o_3, o_4, o_5, o_6, o_7, o_8, o_9, o_{10}, o_{11}$ .

Учитывая ограничения (7) - (9) стоимость не более 1500 грн., качество стола не ниже среднего, для оценки и анализа были выбраны следующие модели столов, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Модели офисных столов и их критерии

№ п/п	Тип	Критерий	Цена, грн	$\mu_{j1}(o_j)$	Качество	$\mu_{j2}(o_j)$
			$k_1$		$k_2$	
1	ОДД-2 ( $i_1$ )		780	0,94	среднее	0.6
2	ОДД-5 ( $i_2$ )		730	1,00	ниже среднего	0.5
3	FTD 01/16 ( $i_3$ )		840	0,86	выше среднего	0.8
4	FTD 02/16 ( $i_4$ )		1110	0,51	выше среднего	0.8
5	БЗ-105, 07 ( $i_5$ )		890	0,79	ниже среднего	0.5
6	БЗ-202, 401 ( $i_6$ )		940	0,73	выше среднего	0.6
7	БЗ-202, 403 ( $i_7$ )		1100	0,52	выше среднего	0.6
8	БЗ-202,425 ( $i_8$ )		1130	0,48	выше среднего	0.6
9	Б107+501 ( $i_9$ )		1233	0,35	выше среднего	0.6
10	Б107+502 ( $i_{10}$ )		1120	0,49	выше среднего	0.6
11	Б107+413 ( $i_{11}$ )		933	0,74	выше среднего	0.6

Определив степень соответствия каждой альтернативы вида офисного стола установленным критериям, сформируем следующую совокупность нечетких множеств, описывающих такое их соответствие по каждому критерию:

$$D_{k_1} = \{ \langle o_1; 0.94 \rangle, \langle o_2; 1 \rangle, \langle o_3; 0.86 \rangle, \langle o_4; 0.51 \rangle, \langle o_5; 0.79 \rangle, \langle o_6; 0.73 \rangle, \langle o_7; 0.52 \rangle, \langle o_8; 0.48 \rangle, \langle o_9; 0.35 \rangle, \langle o_{10}; 0.49 \rangle, \langle o_{11}; 0.74 \rangle \};$$

$$D_{k_2} = \{ \langle o_1; 0.6 \rangle, \langle o_2; 0.5 \rangle, \langle o_3; 0.8 \rangle, \langle o_4; 0.8 \rangle, \langle o_5; 0.5 \rangle, \langle o_6; 0.6 \rangle, \langle o_7; 0.6 \rangle, \langle o_8; 0.6 \rangle, \langle o_9; 0.6 \rangle, \langle o_{10}; 0.6 \rangle, \langle o_{11}; 0.6 \rangle \}.$$

Применяя правило выбора искомой альтернативы (5), найдем пересечение полученных множеств, т.е. для каждой альтернативы выберем минимальное значение функции принадлежности по представленным критериям. Получим следующий вид множества:

$$D_R = \{ \langle o_1; 0.6 \rangle, \langle o_2; 0.5 \rangle, \langle o_3; 0.8 \rangle, \langle o_4; 0.51 \rangle, \langle o_5; 0.5 \rangle, \langle o_6; 0.6 \rangle, \langle o_7; 0.52 \rangle, \langle o_8; 0.48 \rangle, \langle o_9; 0.35 \rangle, \langle o_{10}; 0.49 \rangle, \langle o_{11}; 0.74 \rangle \}.$$

Далее используя (6), выберем наилучшую альтернативу, характеризующуюся наибольшим значением функции принадлежности. Так как максимальным значением функции принадлежности обладает вид офисного стола  $o_3$ , соответственно наиболее приемлемой в этих условиях является модель стола FTD 01/16

**Выводы.** Таким образом, разработана модель выбора оборудования проектного офиса, которая в отличие от известных, позволяет на основе анализа требований, предъявляемых к оснащению офиса, принять эффективное решение в условиях нечеткой информации с учетом показателей функциональной эффективности, затрат и геометрических параметров в зависимости от функционального назначения рабочих мест.

**Список литературы:** 1. Кривошеин, Д. А. Экология и безопасность жизнедеятельности [Текст] / Д. А. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева и др.; под редакцией проф. Л. А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с. 2. Christopher, M. S. Industrial Engineering and Ergonomics [Text] / M. S. Christopher – Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2009. – 116 с. 3. Cordon, O. Genetic learning of fuzzy rule-based

classification systems cooperating with fuzzy reasoning methods [Text] / O. Cordon, M.J. del Jesus, F. Herrera // International Journal of Intelligent Systems. – 1998. – Vol. 13. – P. 1025-1053. 4. Roubos, H. Compact and transparent fuzzy models and classifiers through iterative complexity reduction [Text] / H. Roubos, M. Setnes // IEEE Trans. on Fuzzy Systems. – 2001. – Vol. 9– P. 516-524. 5. Simon, H. The Structure of Ill-structured Problems [Text] / H. Simon // Artificial Intelligence. – 1973. – Vol. 4.– P. 181 – 202. 6. Ishibuchi, H. Fuzzy rule selection by multi-objective genetic local search algorithms and rule evaluation measures in data mining [Text] / H. Ishibuchi, T. Yamamoto // Fuzzy Sets and Systems. – 2004, January. – Vol. 141. – P. 59-88. 7. Нефёдов, Л. И. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография [Текст] / Л. И. Нефёдов, Ю. А. Петренко, Т. В. Плугина и др. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 344 с. 8. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с. 9. Гудков, П. А. Методы сравнительного анализа: учебное пособие [Текст] / П. А. Гудков; под редакцией профессора А. М. Бершадского. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 81 с.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

УДК 658.512

**Модель выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации / Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.71-76. – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

У статті розроблена модель вибору обладнання проектного офісу, що дозволяє на основі аналізу вимог, пропонувані до оснащення офісу, підвищити продуктивність, ергономічність і безпеку праці співробітників з урахуванням кількісних і якісних критеріїв залежно від функціонального призначення робочих місць.

**Ключові слова:** нечіткі оцінки, функція приналежності, проектний офіс, офісне обладнання, метод аналізу ієрархій.

**Model of selection of project office equipments in fuzzy information/ L. Nefedov, Yu. Petrenko, A. Kononykhin //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.71-76. Bibliogr.:9 . ISSN 2079-5459**

In the article developed model of selection of project office equipments in fuzzy information which allows improving performance, ergonomics and safety of employees taking into account the quantitative and qualitative criteria depends on functional areas.

**Keywords:** fuzzy evaluation, membership function, project office, office equipments, analytic hierarchy process.

УДК: 517.53

**І. П. КШАНОВСЬКИЙ**, канд. фіз.-мат. наук, доц., НУ "Львівська політехніка";  
**Г. В. ІВАСИК**, канд. фіз.-мат. наук, асис., НУ "Львівська політехніка"

## **ПРО МАЖОРАНТИ ЗРОСТАННЯ АНАЛІТИЧНИХ В ПРОКОЛЕНІЙ ПЛОЩИНІ ФУНКЦІЙ**

Знайдено найкращі в певному сенсі мажоранти зростання двопараметричної характеристики аналітичної в проколеній площині функції з заданим обмеженням на кількість її нулів.

**Ключові слова:** аналітична функція, двозв'язна область, характеристика Неванлінни, функція зростання

**Вступ.** В 60-х роках минулого століття Л. Рубел та Б. Тейлор розвинули метод рядів Фур'є, який дозволив вивчати класи цілих та мероморфних функцій з обмеженнями на зростання, що задаються довільними додатними, неперервними, зростаючими, необмеженими функціями  $\lambda(r)$ . Такі функції  $\lambda(r)$  називаються функціями зростання.

© І. П. КШАНОВСЬКИЙ, Г. В. ІВАСИК, 2014

Функцію зростання  $\lambda(r)$ , яка для довільної послідовності  $Z$  з множини  $S_\nu = \{Z : n(r, Z) \leq \nu(r)\}$ , де  $n(r, Z)$  – кількість членів послідовності  $Z$  в крузі радіуса  $r$ ,  $\nu(r)$  – функція зростання, мажорує характеристику Неванлінни  $T(r, f)$  принаймні однієї цілої функції  $f$ , множина нулів  $Z(f)$  якої співпадає з  $Z$ , назвемо мажорантою зростання для класу цілих функцій  $E_\nu = \{f : Z(f) \in S_\nu\}$ . Виникає питання про знаходження найкращих у певному сенсі мажорант для  $E_\nu$ , які відіграють важливу роль в дослідженнях властивостей цілих та мероморфних функцій. Найкращі мажоранти зростання неванліннної характеристики цілої функції з заданим обмеженням на кількість її нулів знайдено в [5].

Значна частина задач теорії розподілу значень потребує вивчення властивостей мероморфних функцій у двозв'язних областях. Відомо, що кожна двозв'язна область конформно еквівалентна деякому кільцю, проколеному кругові чи проколеній площині. При перенесенні теорії Неванлінни мероморфні функції в кільці, проколеній площині чи проколеному крузі найновішими є підходи А. Кондратюка, А. Християнина та І. Кшановського. Зокрема, А. Кондратюк ввів двопараметричну характеристику  $T(s, r, f)$  для функцій, мероморфних у вищезгаданих областях та вивчив її властивості. В даній роботі знайдено найкращі мажоранти двопараметричної характеристики аналітичної в проколеній площині функції з заданим обмеженням на кількість її нулів.

**Означення та позначення.** Нехай  $f$  – мероморфна функція в проколеній площині  $A = \{z : 0 < |z| < +\infty\}$ . Нехай  $t_0 > 0$  – довільне фіксоване число,  $\mu((\alpha, \beta]) = \sum_{\alpha < b_j \leq \beta} 1, \{b_j\}$  – множина полюсів функції  $f$  з врахуванням їх кратностей. Визначимо функцію  $n(t, f)$  наступним чином:

$$n(t, f) - n(t_0, f) = \mu((t_0, t]), \quad t > t_0, \quad n(t_0, f) - n(t, f) = \mu((t, t_0]), \quad t < t_0,$$

де значення  $n(t_0, f)$  вибрано довільно.

Нехай

$$N(s, r, f) = \frac{1}{\log r} \int_1^r \frac{n(t, f)}{t} dt + \frac{1}{\log s} \int_s^1 \frac{n(t, f)}{t} dt, \quad 0 < s < 1, 1 < r < +\infty.$$

Зауважимо, що зміна функції  $n(t, f)$  на сталу не змінює значення функції  $N(s, r, f)$ . Тому не зменшуючи загальності можемо вважати, що  $t_0 = 1, n(t_0, f) = 0$ . Двопараметрична характеристика  $T(s, r, f)$  визначається наступним чином

$$T(s, r, f) = \frac{1}{\log r} m(r, f) - \frac{1}{\log s} m(s, f) - \left( \frac{1}{\log r} - \frac{1}{\log s} \right) m(1, f) + N(s, r, f), \quad 0 < s < 1, 1 < r < +\infty,$$

де

$$m(t, f) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ |f(te^{i\theta})| d\theta.$$

Позначимо

$$T^*(s, r, f) = \log(1/s) m(r, f) + \log r m(s, f) - (\log(1/s) + \log r) m(1, f) + N^*(s, r, f) \text{ де}$$

$$N^*(s, r, f) = \log(1/s) \int_1^r \frac{n(t, f)}{t} dt - \log r \int_s^1 \frac{n(t, f)}{t} dt, \quad 0 < s \leq 1, 1 \leq r < +\infty.$$

Зауважимо,  $T^*(s, r, f) = \log(1/s) \log r T(s, r, f)$ ,  $0 < s < 1, r > 1$ .

Доведено [1], що функція  $T^*(s, r, f)$  – невід'ємна, зростаюча і опукла відносно логарифма змінної  $r > 1$ . Як функція змінної  $s$ , вона невід'ємна, зростаюча, коли  $s$  спадає в інтервалі  $(0, 1)$ , опукла відносно  $\log(1/s)$ .

Зауважимо [6],



$$T(s, r, f) = T(s, r, 1/f), \quad 0 < s < 1, \quad 1 < r < +\infty.$$

**Означення 1.** Функцію двох змінних  $\lambda(\tau, t)$ , визначену на множині  $[1, +\infty) \times [1, +\infty)$ , будемо називати функцією зростання, якщо  $\lambda(\tau, t)$  – невід’ємна, необмежена, неперервна, зростаюча функція кожної змінної.

Через  $c_k(r, f)$  позначатимемо коефіцієнти Фур’є функції  $\log |f(re^{i\theta})|$ ,

$$c_k(r, f) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{-ik\theta} \log |f(re^{i\theta})| d\theta, \quad k \in \mathbb{Z}, \quad 0 < r < +\infty.$$

Надалі розглядатимемо лише однозначні аналітичні функції.

**Означення 2.** Нехай  $\lambda(\tau, t)$  – функція зростання,  $f(z)$  – аналітична функція в  $A$ . Скажемо, що  $f$  є функцією скінченного  $\lambda$ -типу, якщо

$$T^*(s, r, f) \leq B\lambda\left(\frac{C}{s}, Dr\right)$$

для деяких сталих  $B, C, D$  та для всіх  $s, r$  таких, що  $0 < s < 1, r > 1$ .

Позначимо  $\Lambda_H(A)$  – клас аналітичних в  $A$  функцій скінченного  $\lambda$ -типу.

Нехай  $\nu(\tau, t)$  – функція зростання. Позначимо через  $S_\nu(A)$  множину послідовностей  $Z$  відмінних від нуля комплексних чисел без точок скупчення в  $A$  таких, що  $n(s, r, Z) \leq \nu(1/s, r)$ ,  $0 < s \leq 1, r \geq 1$ , де  $n(s, r, Z)$  – кількість членів послідовності  $Z$  в кільці  $\{z : s < |z| \leq r\}$ ,  $0 < s \leq 1, r \geq 1, n(1, 1, Z) = 0$ .

Якщо  $f$  – мероморфна у проколеній площині  $A$  функція, то через  $Z(f), W(f)$ , позначимо послідовності нулів та полюсів функції  $f$  відповідно, де кожен нуль чи полюс враховується стільки разів, яка його кратність.

Клас аналітичних в  $A$  функцій  $f$  таких, що  $Z(f) \in S_\nu(A)$  позначимо через  $H_\nu(A)$ .

**Означення 3.** Функція зростання  $\lambda$  називається найкращою мажорантою зростання для  $H_\nu(A)$ , якщо:

1) для довільної послідовності  $Z$  з  $S_\nu(A)$  існує аналітична в  $A$  функція  $f$  скінченного  $\lambda$ -типу така, що  $Z(f) = Z$ ;

2) існує послідовність  $Z$  з  $S_\nu(A)$  така, що для довільної аналітичної в  $A$  функції  $f$  такої, що  $Z(f) = Z$ , виконується  $\lambda(1/s, r) \leq BT^*(s/C, Dr, f)$  при деяких додатних  $B, C, D$  та всіх  $s, r, 0 < s < 1, r > 1$ .

#### Допоміжні твердження та результати

Нам знадобляться результати, сформульовані у випадку проколеної площини.

**Теорема А.** ([2, с.60]) Нехай  $f$  – відмінна від тотожного нуля, мероморфна в  $\{z : 0 < |z| < +\infty\}$  функція,  $Z(f) = \{a_\mu\}$ ,  $W(f) = \{b_\nu\}$ . Нехай  $\{\alpha_k\}$  визначаються з рівностей

$$k\alpha_k = \beta_{k-1}, \quad k \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}, \quad \text{де} \quad \frac{f'(z)}{f(z)} = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \beta_k z^k + \sum_{|\mu|=1} \frac{1}{z - a_\mu} - \sum_{|\nu|=1} \frac{1}{z - b_\nu} - \text{розвинення логарифмічної}$$

похідної функції  $f$  в деякому околі одиничного кола. Тоді

$$c_k(r, f) = \frac{1}{2}(\alpha_k r^k + \bar{\alpha}_{-k} r^{-k}) + \frac{1}{2k} \sum_{1 < |a_\mu| \leq r} \left[ \left( \frac{r}{a_\mu} \right)^k - \left( \frac{\bar{a}_\mu}{r} \right)^k \right] - \sum_{1 < |b_\nu| \leq r} \left[ \left( \frac{r}{b_\nu} \right)^k - \left( \frac{\bar{b}_\nu}{r} \right)^k \right],$$

$$c_k(1/r, f) = \frac{1}{2}(\alpha_k r^{-k} + \bar{\alpha}_{-k} r^k) + \frac{1}{2k} \sum_{1/r \leq |a_\mu| < 1} \left[ \left( r \bar{a}_\mu \right)^k - \left( \frac{1}{r a_\mu} \right)^k \right] - \frac{1}{2k} \sum_{1/r \leq |b_\nu| < 1} \left[ \left( r \bar{b}_\nu \right)^k - \left( \frac{1}{r b_\nu} \right)^k \right], \quad (1)$$

де  $k \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ ,  $1 < r < +\infty$ .

**Теорема В.([6])** Якщо  $f$  – мероморфна функція в  $A = \{z: 0 < |z| < +\infty\}$ , то

$$\liminf_{\substack{s \rightarrow 0 \\ r \rightarrow +\infty}} T(s, r, f) < +\infty$$

тоді і тільки тоді, коли  $f$  – раціональна.

**Теорема С.([6])** Нехай  $f(z)$  – аналітична функція в  $A$ . Наступні твердження еквівалентні:

1)  $f \in \Lambda_H(A)$ ;

2)  $|c_k(r, f)| \log(1/s) + |c_k(s, f)| \log r \leq B \lambda\left(\frac{C}{s}, Dr\right)$  для деяких сталих  $B, C, D$  та для

всіх  $s, r$  таких, що  $0 < s < 1$ ,  $1 < r < +\infty$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ .

3)  $|c_k(r, f)| \log(1/s) + |c_k(s, f)| \log r \leq \frac{B \lambda\left(\frac{C}{s}, Dr\right)}{|k|+1}$  для деяких сталих  $B, C, D$  та для всіх

$s, r$  таких, що  $0 < s < 1$ ,  $1 < r < +\infty$ ,  $k \in \mathbb{Z}$ . (2)

### Основні результати

**Теорема.** Нехай  $v(\rho, r)$  – функція зростання,  $v(\rho, 1)$ ,  $v(1, r)$  – функції скінченних порядків. Тоді функція зростання

$$\begin{aligned} \lambda(\rho, r) = & \log \rho \cdot \left( r^{q_1-1} \int_1^r \frac{v(1, t)}{t^{q_1}} dt + r^{q_1} \int_r^{+\infty} \frac{v(1, t)}{t^{q_1+1}} dt \right) + \\ & + \log r \cdot \left( \rho^{q_2-1} \int_1^\rho \frac{v(t, 1)}{t^{q_2}} dt + \rho^{q_2} \int_\rho^{+\infty} \frac{v(t, 1)}{t^{q_2+1}} dt \right), \end{aligned}$$

де  $q_1$  та  $q_2$  – найменші натуральні числа такі, що

$$\int_1^{+\infty} \frac{v(1, t)}{t^{q_1+1}} dt < +\infty, \quad \int_1^{+\infty} \frac{v(t, 1)}{t^{q_2+1}} dt < +\infty,$$

є найкращою мажорантою для  $H_v(A)$ .

**Доведення.** Нехай  $Z$  – довільна послідовність з  $S_v(A)$ . Розглянемо послідовності

$$Z_1 = \{z_{1,j} : z_{1,j} = z_j, z_j \in Z, |z_j| > 1\},$$

$$Z_2 = \{z_{2,j} : z_{2,j} = 1/z_j, z_j \in Z, |z_j| \leq 1\}.$$

Тоді

$$n(r, Z_1) \leq n(1, r, Z) \leq v(1, r), \quad r > 1,$$

$$n(r, Z_2) \leq n\left(\frac{1}{r}, 1, Z\right) \leq v(r, 1), \quad r > 1,$$

де  $n(t, Z_j)$  – кількість членів послідовності  $Z_j$  в крузі  $|z| < t$ ,  $j = 1, 2$ .

Оскільки інтеграл  $\int_1^{+\infty} \frac{v(1, t)}{t^{q_1+1}} dt$  збіжний, то добуток Вейерштраса

$f_1(z) := \prod_{z_{1,j} \in Z_1} E(z/z_{1,j}, q_1 - 1)$  збігається до цілої функції. Знайдемо її характеристику

$$T(s, r, f_1) = \frac{1}{\log r} T(r, f_1) - \frac{1}{\log s} T(s, f_1) - \left( \frac{1}{\log r} - \frac{1}{\log s} \right) T(1, f_1),$$

де  $T(t, f_1)$  – класична характеристика Неванлінни. Оскільки  $T(t, f_1)$  – неспадна, то  $T(s, f_1) \leq T(1, f_1)$ ,  $s < 1$ . Звідси

$$T(s, r, f_1) \leq \frac{1}{\log r} (T(r, f_1) - T(1, f_1)), \quad r > 1.$$

Розглянемо добуток

$$g(z) = \prod_{z_{2,j} \in Z_2} E(z/z_{2,j}, q_2 - 1) = \prod_{|z_j| \leq 1} E(z z_j, q_2 - 1).$$

Нехай  $f_2(z) = g(1/z)$ . Характеристика

$$\begin{aligned} T(s, r, f_2) &= \frac{1}{\log r} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ \left| g\left(\frac{1}{r} e^{-i\theta}\right) \right| d\theta - \frac{1}{\log s} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ \left| g\left(\frac{1}{s} e^{-i\theta}\right) \right| d\theta - \\ &- \left( \frac{1}{\log r} - \frac{1}{\log s} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ |g(e^{-i\theta})| d\theta = - \frac{1}{\log(1/r)} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ \left| g\left(\frac{1}{r} e^{i\theta}\right) \right| d\theta + \\ &+ \frac{1}{\log(1/s)} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ \left| g\left(\frac{1}{s} e^{i\theta}\right) \right| d\theta - \left( \frac{1}{\log(1/s)} - \frac{1}{\log(1/r)} \right) \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log^+ |g(e^{i\theta})| d\theta = \\ &= T(1/r, 1/s, g) \leq \frac{1}{\log(1/s)} (T(1/s, g) - T(1, g)), \quad s < 1, \quad r > 1. \end{aligned}$$

Функція  $f(z) = f_1(z) \cdot f_2(z)$  – аналітична в  $A$ , множина нулів функції  $f$  співпадає з  $Z$ . Характеристика функції  $f$

$$T(s, r, f) \leq T(s, r, f_1) + T(s, r, f_2) + O\left(\frac{1}{\log r} - \frac{1}{\log s}\right).$$

Оскільки (див.напр. [7, стор.53])

$$\begin{aligned} T(r, f_1) &\leq C(q_1) \left( r^{q_1-1} \int_1^r \frac{n(t, Z_1)}{t^{q_1}} dt + r^{q_1} \int_r^{+\infty} \frac{n(t, Z_1)}{t^{q_1+1}} dt \right), \quad r > 1, \\ T(1/s, g) &\leq C(q_2) \left( (1/s)^{q_2-1} \int_1^{1/s} \frac{n(t, Z_2)}{t^{q_2}} dt + (1/s)^{q_2} \int_{1/s}^{+\infty} \frac{n(t, Z_2)}{t^{q_2+1}} dt \right), \quad s < 1, \end{aligned}$$

то звідси, з огляду на попередні викладки, а також, враховуючи те, що

$$\begin{aligned} \lambda(e\rho, e^2r) &\geq \log(e\rho) e^{2q_1-2} r^{q_1-1} \int_1^{e^2r} \frac{\nu(1,t)}{t^{q_1}} dt \geq \log(e\rho) \int_e^{e^2r} \frac{\nu(1,t)}{t} \cdot \left(\frac{e^2r}{t}\right)^{q_1-1} dt \geq \\ &\geq \log(e\rho) \nu(1, e) \log(er) \geq \nu(1, e) (\log \rho + \log r), \end{aligned}$$

негайно отримаємо, що функція  $f(z)$  є скінченного  $\lambda$ -типу.

Нехай  $k_0$  – найменше натуральне число таке, що  $\nu^{-1}(1, k_0) > 1$ . Розглянемо послідовність  $Z_3 = \{a_k\}$ , де  $a_k = \nu^{-1}(1, k_0 + k - 1)$ ,  $k \in \mathbf{N}$ . Тоді  $\nu(1, a_k) = k_0 + k - 1$ . Зауважимо, що  $a_k > 1$ ,  $a_k \uparrow +\infty$ ,  $n(1, a_k, Z_3) = k$ . Нехай  $r > a_1$ . Тоді існує  $k \in \mathbf{N}$  таке, що  $a_k < r \leq a_{k+1}$ . Оскільки

$$k \leq n(1, r, Z_3) \leq k + 1, \quad k_0 + k - 1 \leq \nu(1, r) \leq k_0 + k,$$

то

$$\nu(1, r) - k_0 \leq n(1, r, Z_3) \leq \nu(1, r) - k_0 + 2, \quad r > a_1. \quad (3)$$

Нехай  $k_1$  – найменше натуральне число таке, що  $\nu^{-1}(k_1, 1) > 1$ . Розглянемо послідовність  $Z_4 = \{d_k\}$ ,  $d_k = 1/b_k$ , де  $b_k = \nu^{-1}(k_1 + k - 1, 1)$ ,  $k \in \mathbf{N}$ . Очевидно, що  $d_k < 1$ ,  $d_k \downarrow 0$ ,  $\nu(b_k, 1) = k_1 + k - 1$ ,  $n(d_k, 1, Z_4) = k - 1$ . Нехай  $s < d_1$ . Тоді існує  $k \in \mathbf{N}$ , що  $d_{k+1} < s \leq d_k$ . Оскільки  $k - 1 \leq n(s, 1, Z_4) \leq k$ ,  $k_1 + k - 1 \leq \nu(1/s, 1) \leq k_1 + k$ ,

то

$$\nu(1/s, 1) - k_1 - 1 \leq n(s, 1, Z_4) \leq \nu(1/s, 1) - k_1 + 1, \quad s < d_1.$$

Нехай  $f(z)$  – деяка аналітична в  $A$  функція множина нулів якої співпадає з  $Z_3 \cup Z_4$ . Розглянемо її коефіцієнти Фур'є  $c_k(t, f)$ . З (1) маємо

$$2c_k(r, f) = \alpha_k r^k + \bar{\alpha}_{-k} r^{-k} + \frac{1}{k} \sum_{1 < |a_\mu| \leq r} \left( \left( \frac{r}{a_\mu} \right)^k - \left( \frac{\bar{a}_\mu}{r} \right)^k \right), \quad r > 1.$$

Оскільки  $a_\mu > 0$ , то для  $k \in \mathbb{N}$

$$\begin{aligned} 2c_k(r, f) &= \alpha_k r^k + \bar{\alpha}_{-k} r^{-k} + \frac{r^k}{k} \int_1^r \frac{dn(1, t, Z_3)}{t^k} dt - \frac{1}{kr^k} \int_1^r t^k dn(1, t, Z_3) dt = \\ &= \alpha_k r^k + \bar{\alpha}_{-k} r^{-k} + r^k \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{k+1}} dt + r^{-k} \int_1^r t^{k-1} n(1, t, Z_3) dt. \end{aligned}$$

Якщо  $k = q_1 - 1 > 0$ , то позначивши  $I_1(r) := \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1}} dt$ , легко отримати рівність

$$2c_{q_1-1}(r, f) = r^{q_1-1} I_1(r) \left( 1 + \frac{\alpha_{q_1-1}}{I_1(r)} + \frac{\bar{\alpha}_{-q_1+1}}{r^{2q_1-2} I_1(r)} + \frac{\int_1^r t^{q_1-2} n(1, t, Z_3) dt}{r^{2q_1-2} I_1(r)} \right).$$

За означенням числа  $q_1$  та з огляду на (3) інтеграл  $I_1(r)$  розбігається. Тому

$$\frac{\alpha_{q_1-1}}{I_1(r)} + \frac{\bar{\alpha}_{-q_1+1}}{r^{2q_1-2} I_1(r)} \rightarrow 0, \quad r \rightarrow +\infty.$$

Звідси

$$|c_{q_1-1}(r, f)| \geq B_0^* r^{q_1-1} I_1(r),$$

для деякого  $B_0^* > 0$  та досить великих  $r$ . Далі

$$I_1(r) = \int_{a_1}^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1}} dt \geq \int_{a_1}^r \frac{\nu(1, t) - k_0}{t^{q_1}} dt = \int_1^r \frac{\nu(1, t)}{t^{q_1}} dt \cdot (1 + o(1)), \quad r \rightarrow \infty.$$

Отже, 
$$|c_{q_1-1}(r, f)| \geq B_1^* r^{q_1-1} \int_1^r \frac{\nu(1, t)}{t^{q_1}} dt, \quad (4)$$

для деякого  $B_1^* > 0$  та досить великих  $r$ . У випадку, коли  $q_1 = 1$ , з огляду на [4, с. 63], маємо

$$\begin{aligned} c_{q_1-1}(r, f) = c_0(r, f) &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \log |f(re^{i\theta})| d\theta = \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t} dt + O(\log r) = \\ &= \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t} dt \cdot (1 + o(1)), \quad r \rightarrow +\infty, \end{aligned}$$

оскільки

$$\frac{(\log r)'}{\left( \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t} dt \right)} = \frac{1}{n(1, r, Z_1)} \rightarrow 0, \quad r \rightarrow +\infty.$$

Звідси, беручи до уваги (3), матимемо

$$|c_0(r, f)| = \int_1^r \frac{v(1, t)}{t} dt \cdot (1 + o(1)), \quad r \rightarrow +\infty. \quad (5)$$

Розглянемо

$$2c_{q_1}(r, f) = \left( \alpha_{q_1} + \int_1^r \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt \right) r^{q_1} + \bar{\alpha}_{-q_1} r^{-q_1} + r^{-q_1} \int_1^r t^{q_1-1} n(1, t, Z_3) dt.$$

За побудовою множини  $Z_3$  та означенням числа  $q_1$  інтеграл  $\int_1^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt$  збігається, тому попередню рівність можна записати у наступному вигляді

$$2c_{q_1}(r, f) = r^{q_1} \left( \alpha_{q_1} + \int_1^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt - \int_r^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt + J(r) \right),$$

де 
$$J(r) = \bar{\alpha}_{-q_1} r^{-2q_1} + r^{-2q_1} \int_1^r t^{q_1-1} n(1, t, Z_3) dt.$$

Оскільки

$$\frac{\left( \int_1^r t^{q_1-1} n(1, t, Z_3) dt \right)'}{(r^{2q_1})'} = \frac{n(1, r, Z_3)}{2q_1 r^{q_1}} \leq \frac{v(1, r) + 2}{2q_1 r^{q_1}} \rightarrow 0, \quad r \rightarrow +\infty,$$

то

$$J(r) \rightarrow 0, \quad r \rightarrow +\infty.$$

Позначимо  $\gamma_{q_1} = \alpha_{q_1} + \int_1^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt$ . Якщо  $\gamma_{q_1} \neq 0$ , то із збіжності інтеграла

$\int_1^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt$  випливає, що для досить великих  $r$  виконується

$$\int_r^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt < \frac{|\gamma_{q_1}|}{3}.$$

Оскільки

$$J(r) \rightarrow 0, \quad r \rightarrow +\infty,$$

то  $J(r) < \frac{|\gamma_{q_1}|}{3}$  для великих  $r$ . Тоді

$$2|c_{q_1}(r, f)| \geq r^{q_1} \left( |\gamma_{q_1}| - \int_r^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt - |J(r)| \right) \geq r^{q_1} (|\gamma_{q_1}|/3) \geq r^{q_1} \int_r^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt. \quad (6)$$

Якщо  $\gamma_{q_1} = 0$ , то

$$\begin{aligned} r^{q_1} \int_r^{+\infty} \frac{n(1, t, Z_3)}{t^{q_1+1}} dt &\leq 2|c_{q_1}(r, f)| + |\bar{\alpha}_{-q_1}| r^{-q_1} + r^{-q_1} \int_1^r t^{q_1-1} n(1, t, Z_3) dt \leq \\ &\leq 2|c_{q_1}(r, f)| + |\bar{\alpha}_{-q_1}| r^{-q_1} + \frac{r^{q_1} - 1}{q_1 r^{q_1}} n(1, r, Z_3) \leq 2|c_{q_1}(r, f)| + \int_r^{er} \frac{n(1, t, Z_3)}{t} dt \leq \\ &\leq 2|c_{q_1}(r, f)| + \int_1^{er} \frac{n(t, 1/f)}{t} dt \end{aligned} \quad (7)$$

для досить великих  $r$ . Далі, враховуючи (4), (5), (6), (7) та нерівність  $|a| + |b| \leq \sqrt{2} \cdot \sqrt{a^2 + b^2}$  при певному  $c_1 > 0$ , матимемо

$$\begin{aligned} & \log(1/s) \left( r^{q_1-1} \int_1^r \frac{v(1,t)}{t^{q_1}} dt + r^{q_1} \int_r^{+\infty} \frac{v(1,t)}{t^{q_1+1}} dt \right) \leq \\ & \leq c_1 \log(1/s) \left( |c_{q_1-1}(r, f)| + |c_{q_1}(r, f)| + \int_1^{er} \frac{n(t, 1/f)}{t} dt \right) \leq \\ & \leq \sqrt{2} c_1 \log(1/s) \left( \sum_{k \in \mathbb{Z}} |c_k(r, f)|^2 \right)^{1/2} + c_1 \log(1/s) \int_1^{er} \frac{n(t, 1/f)}{t} dt, \end{aligned} \quad (8)$$

починаючи з деякого  $\tilde{r} > 1$ .

Цілком аналогічно, оцінюючи коефіцієнти  $c_k(s, f) = c_k(1/\tau, f)$ ,  $s = 1/\tau$ ,  $0 < s < 1$ , знайдемо

$$\begin{aligned} & \log r \left( (1/s)^{q_2-1} \int_1^{1/s} \frac{v(t, 1)}{t^{q_2}} dt + (1/s)^{q_2} \int_{1/s}^{+\infty} \frac{v(t, 1)}{t^{q_2+1}} dt \right) \leq \\ & \leq \sqrt{2} c_2 \log r \left( \sum_{k \in \mathbb{Z}} |c_k(s, f)|^2 \right)^{1/2} + c_2 \log r \int_{s/e}^1 \frac{-n(t, 1/f)}{t} dt, \end{aligned} \quad (9)$$

для  $s$ , що не перевищують  $\tilde{s} < 1$ .

Зауважимо, що відповідно до означення 2 кожна аналітична в  $A$  функція  $f$  є функцією скінченного  $\lambda$ -типу, де  $\lambda(\tau, r)$  еквівалентна функції  $T^*(1/\tau, r, f)$ ,  $\tau \rightarrow +\infty$ ,  $r \rightarrow +\infty$ . Тому за теоремою С

$$\log(1/s) \left( \sum_{k \in \mathbb{Z}} |c_k(r, f)|^2 \right)^{1/2} + \log r \left( \sum_{k \in \mathbb{Z}} |c_k(s, f)|^2 \right)^{1/2} \leq b_3 T^*(s/c_3, d_3 r, f).$$

Додавши рівності (8) та (9), отримаємо

$$\lambda(1/s, r) \leq b_4 T^*(s/c_4, d_4 r, f) + c^* N^*(er, s/e, 1/f) \leq b_5 T^*(s/c_5, d_5 r, f) + O\left(\log \frac{1}{s} + \log r\right),$$

для  $s < \tilde{s}$ ,  $r > \tilde{r}$ . Звідси, з огляду на твердження теореми В та на те, що у випадку, коли  $f(z)$  – раціональна функція, то

$$\begin{aligned} T^*(s, r, f) &= \log(1/s) T(r, f) + (T(s, f) - T(1, f)) \log r - \log(1/s) T(1, f) = \\ &= q \log r \log(1/s) + O(\log r + \log(1/s)), \quad s \rightarrow 0, r \rightarrow \infty, \quad (q > 0), \end{aligned}$$

маємо

$$\lambda(1/s, r) \leq b_6 T^*(s/c_6, d_6 r, f), \quad s < \tilde{s}, \quad r > \tilde{r}.$$

Але сталі  $b, c, d$  можна підібрати таким чином, що ця нерівність буде виконуватись для всіх  $s \leq 1$ ,  $r \geq 1$ . Отже, виконується умова 2 означення 3. Теорема доведена.

**Список літератури:** 1. Kondratyuk, A. Subharmonic functions on annuli. A two-parameter approach [Text] / A. Kondratyuk, O. Stashyshyn // *Математичний вісник НТШ*. – 2010. – № 7. – С. 352-365. 2. Kondratyuk, A. Meromorphic functions in multiply connected domains [Text] / A. Kondratyuk, I. Laine // *Joensuu-L'viv*. – 2006. – 116 P. 3. Гольдберг, А. А. Распределение значений мероморфных функций [Текст] / А.А. Гольдберг, И.В. Островский – *М.Наука*, 1970. – 591с. 4. Кшановський, І. Властивості мероморфних функцій у двов'язних областях [Текст] : дис. на здобуття наук. ступ. канд. фіз-мат. наук : спец. 01.01.01 "Математичний аналіз" // – Львів, 2008. – 138 С. 5. Васильків, Я. Про мажоранти зростання цілих функцій [Текст] / Я. Васильків, О. Лизун // *Вісник Львівського університету. Серія механіко-математична*. – 2001. – Вип. 59. – С. 51-56. 6. Кшановський, І. П.



Критерий скінченності  $\lambda$ -типу аналітичних в проколеній площині функцій [Текст] / І.П. Кшановський // *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: нові рішення в сучасних технологіях.* – 2013. – № 4(978). – С. 164-171. 7. Хейман, У. К. Мероморфные функции [Текст] / У.К. Хейман – М: Мир, 1966. – 287 С.

УДК: 517.53

**Про мажоранти зростання аналітичних в проколеній площині функцій/ І. П. Кшановський, Г. В. Івасик** // *Вісник НТУ «ХПІ».* Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.76-84 . – Бібліогр.: 7 назв. ISSN 2079-5459

Найдены лучшие в некотором смысле мажоранты роста двопараметрической характеристики аналитической в проколотой плоскости функции с заданным ограничением на количество ее нулей.

**Ключевые слова:** аналитическая функция, двусвязная область, характеристика Неванлинны, функция роста.

**On the growth majorant of analytic functions in a punctured plane/ I. Kshanovskyy, G. Ivasyk** // *Bulletin of NTU “KhPI”.* Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.- № 7 (1050).- P.76-84. Bibliogr.:7. ISSN 2079-5459

We find the best in a certain sense growth majorant of two-parametric characteristic of analytic functions with given constraints on the number of its zeros in the punctured plane.

**Keywords:** analytic function, doubly connected domain, Nevanlinna characteristic, growth function.

УДК 65.011.56

**Е. П. ПАВЛЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;

**И. А. КРИВОРОТЕНКО**, студент, ХНУРЭ, Харьков;

**В. А. АЙВАЗОВ**, ст. препод., ХНУРЭ, Харьков

## **ВЫБОР МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СТРАХОВОЙ КОМПАНИИ**

Рассмотрена проблема выбора методологии разработки программного обеспечения информационных систем. Были исследованы и проанализированы проблемы классических методологий разработки. Также была рассмотрена гибкая методология разработки как альтернатива классическому подходу.

**Ключевые слова:** методология разработки, Спиральная модель, Каскадная модель, Agile методологии.

**Введение.** Повсеместно во многих организациях созданы и эффективно действуют информационные системы (ИС), обслуживающие процесс подготовки и принятия управленческих решений и решающие следующие задачи: обработка данных, обработка информации, реализация интеллектуальной деятельности.

Информационная система предприятия представляет собой совокупность информационных процессов, выполняющихся для удовлетворения потребности в информации на разных уровнях принятия решений. Информационная система состоит из компонентов обработки информации, различных задач и подсистем. Информационные системы реализуют принципы единства информационного процесса, информации и организации путем применения технических средств процессов сбора, накопления, обработки и передачи информации.

Программное обеспечение (ПО) – важнейший вид обеспечения информационной системы, обеспечивающий практическую реализацию процессов обработки информации.

На разработку программного обеспечения затрачивается большая часть средств,

© Е. П. ПАВЛЕНКО, И. А. КРИВОРОТЕНКО, В. А. АЙВАЗОВ, 2014

выделенных на проектирование информационной системы в целом. В связи с этим важно обеспечить применение эффективной методологии разработки программного продукта.

Компания «Мамина забота» (г. Харьков) занимается продажей страховых полисов для групп физических лиц. На данном этапе компания имеет большую популярность и работает с большим количеством заказов. В связи с этим возникает необходимость в автоматизации процесса продажи полисов. Разработанное приложение позволит пользователям Интернет самостоятельно предоставлять все необходимые данные для страхования и осуществлять покупку страхового полиса.

Проблемы, с которыми пришлось столкнуться при разработке программного обеспечения ИС данной страховой компании, взаимосвязаны: аналитику сложно получить исчерпывающую информацию для оценки требований к ПО с точки зрения заказчика; заказчик не знает, какие процессы обработки будут выполнены, какие нет; аналитику трудно оценить проблемы предметной области; спецификация на ПО из-за технических терминов непонятна заказчику.

**Цель работы.** Целью работы является исследование и выбор методологии разработки программного обеспечения для ИС страховой компании

**Постановка задачи.** Программное обеспечение, разрабатываемое для страховой компании, характеризуется: сложностью структуры из-за наличия большого числа элементов и связей; быстрым изменением функций и целей создания программной системы; расширением степени автоматизации учетных функций. В связи с этим программная система должна быть развивающейся и непрерывно модернизируемой без коренной перестройки ее структуры.

На протяжении всего жизненного цикла разработки программного продукта необходимо осуществлять контроль своевременности и качества разработки. От результатов выполнения каждого этапа зависит общий успех программного проекта. Эффективное построение процесса разработки программного продукта позволит снизить риски к минимуму, а также максимально учесть требования заказчика.

В связи с этим необходимо произвести выбор методологии разработки программного продукта, который учитывал бы особенности ИС страховой компании.

**Основные методологии, используемые при разработке программного обеспечения информационных систем.** Существует множество современных методологий разработки программного обеспечения. Однако существующие методологии не являются универсальными и имеют применение лишь в проектах определенного типа.

Существующие подходы разработки программного обеспечения включают в себя методы, основанные на этих моделях жизненного цикла разработки ПО:

- каскадная;
- спиральная;
- инкрементная.

Этапы разработки классической каскадной модели выглядят следующим образом: анализ требований к программному продукту; проектирование продукта; реализация ПО; тестирование ПО; интеграция программной системы; поддержка ПО.

Переход на следующий этап возможен только после полного окончания работ предыдущего этапа. Результатом каждого этапа жизненного цикла является полный комплект документации. Это позволяет стандартизовать процесс разработки ПО.

Преимуществами каскадной модели являются последовательное выполнение этапов программного проекта, а также возможность оценки качества программного продукта на каждом этапе.

Недостатки - отсутствие обратной связи между этапами, а также задержка получения результатов. Сравнение результатов с требованиями заказчика проводится только после завершения определенных этапов, что не дает возможности вносить коррективы во

время выполнения этапа. Кроме того, каскадная модель недостаточно гибка, программные проекты, разрабатываемые по этой модели, имеют стоимость и время разработки больше, чем в случае применения других моделей.

Спиральная модель разработки программного обеспечения основана на проектировании и создании прототипов. Особенность модели - повышенное внимание уделяется начальным этапам процесса разработки - анализу и проектированию. Виток спирали - это завершенный процесс по созданию определенной части программного продукта.

Преимущества спиральной модели: более быстрое, чем в каскадной модели, получение результата, а также возможность изменять требования во время выполнения этапов разработки ПО.

Недостаток - сложность определения момента перехода на следующий этап. Вводятся временные ограничения на каждом витке спирали. Переход осуществляется в соответствии с планом, даже если не все запланированные работы завершены. План составляется на основе статистических данных, полученных в предыдущих проектах.

Инкрементная модель разработки ПО состоит в реализации программной системы по частям и постепенного наращивания функциональных возможностей. Это позволяет уменьшить затраты, понесенные до достижения необходимой производительности. Применяется принцип компоновки программной системы из стандартных блоков – функций и классов, благодаря чему обеспечивается учет изменяющихся при разработке требований.

Преимущество инкрементной модели состоит в том, что отпадает необходимость заранее вкладывать средства, выделенные на весь проект, поскольку сначала разрабатываются лишь часть функций системы. Нет необходимости в формировании громоздких перечней требований, упрощается тестирование программной системы по сравнению с продуктами, разработанными по спиральной или каскадной модели.

Существенный недостаток инкрементной модели: поскольку создание некоторых модулей будет завершено раньше других, возникает необходимость в четко определенных интерфейсах и «заглушках». Инкрементная модель применяется в основном в случаях, если необходимо быстро поставить на рынок программный продукт, имеющий функциональные базовые свойства.

Таким образом, актуальной проблемой является метод построения усовершенствования управления процессом создания программных средств, которые могут повысить эффективность процесса разработки ПО вменяющихся требований. Для устранения недостатков этих методологий применяются гибкие методологии разработки программных продуктов.

### **Применение гибких методологий при разработке программных продуктов**

Традиционный подход к управлению проектами является линейным, где все делается в одном цикле. Все подробно планируется, и по результатам выполнения всех этапов жизненного цикла проект сдается целиком, и это - основное отличие традиционного подхода от гибкого, или Agile-подхода. В настоящее время методология Agile достаточно популярна и предлагает эффективные пути решения многих проблем, существующих в проектах разработки программных продуктов.

При использовании гибкой методологии разработки планируется только лишь некоторый ограниченный функционал. После завершения этапа разработки заказчик может видеть работающую версию программного продукта, а также оценить, в правильном ли направлении он движется. Это позволяет заказчику определить новые либо переопределить существующие требования. Такой подход к разработке предусматривает возможные изменения в требованиях заказчика и позволяет применить эти изменения во время разработки проекта.

В условиях постоянного изменения страхового законодательства существуют риски того, что требования к разрабатываемому программному продукту будут изменяться. Поэтому целесообразно при разработке продукта применить гибкую методологию, которая позволяет своевременно и эффективно вносить изменения в проект в соответствии с новыми требованиями. Также использование гибкой методологии разработки дает возможность выявить и устранить отклонения от желаемого результата на ранних этапах разработки продукта за счет постоянной верификации продукта заказчиком.

Большинство гибких методологий направлены на сведение риска к минимуму путем уменьшения итераций – коротких отрезков времени, которые обычно длятся

одну-две недели. Каждая итерация выглядит как сокращённый жизненный цикл разработки и включает в себя все задачи: планирование, анализ требований, проектирование, кодирование, тестирование и документирование. Несмотря на то, что результатов работы отдельной итерации недостаточно для выпуска новой версии продукта, каждая итерация на выходе имеет работающий продукт с реализованным функционалом, запланированным заранее. Заказчики могут видеть результат разработки на протяжении всего жизненного цикла проекта. Методология иллюстрируется на рис. 1.



Рис. 1 – Жизненный цикл проекта с использованием гибкой модели разработки

Сотрудничество между заказчиком и разработчиками испытывает трудности

в понимании требований к программному продукту. Основная цель заказчика – достичь того, чтобы программная система работала без сбоев, ошибок, и была удобной и простой в использовании. После разработки по классической методологии эти цели могут быть не достигнуты.

**Выводы.** Внедрение гибкой методологии разработки программной системы позволяет сконцентрироваться преимуществе каждого элемента в разработке, при этом очень важным является момент взаимодействия с заказчиком. Заказчик может видеть результат разработки на протяжении всего жизненного цикла проекта и соответственно вносить коррективы.

Классический подход, как правило, является наилучшим вариантом для больших статичных проектов, где заказчик твердо уверен в своих требованиях и заранее представляет как должен выглядеть разрабатываемый продукт. В противоположность этому, гибкие методологии разработки будут более приемлемым вариантом для проектов, где изменения могут быть сделаны в процессе проектирования – в частности, при разработке ПО для ИС страховой компании.

**Список литературы:** 1. Kniberg H. Scrum and XP from the Trenches [Текст] / H. Kniberg – Williams, 2010.– 268 с. 2. Книберг Х. Scrum и XP: заметки с передовой. [Текст] / Х. Книберг – Williams, 2011.– 266 с. 3. Мартин Р. Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика. [Текст] / Р. Мартин – Tennessy, 2011.– 264 с.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

УДК 65.011.56

**Выбор методологии разработки программного обеспечения для страховой компании/ Павленко Е. П., Криворотенко И. А., Айвазов В. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в су-**

Розглянуто проблему вибору методології розробки програмного забезпечення інформаційних систем. Були досліджені і проаналізовані проблеми класичних методологій розробки. Також була розглянута гнучка методологія розробки як альтернатива класичному підходу.

**Ключові слова:** методологія розробки, Спіральна модель, Каскадна модель, Agile методології.

**Choice of methodology of software development for insurance company/ E. P. Pavlenko, I. A. Krivorotenko, V. A. Ayvazov //**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.84-88. Bibliogr.:3. ISSN 2079-5459

It was considered the choice of methodology for information systems problem. It was investigated and analyzed the problems of the classical development methodologies. It was also considered a flexible development methodology as an alternative to the classical approach.

**Keywords:** development methodology, Waterfall model, Cascade Model, Agile methodology.

## УДК 656

**А. О. ЛОБАШОВ**, д-р техн. наук, проф., ХНАГХ, Харьков

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ПОСЛЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ

Представлен подход к моделированию транспортных потоков, позволяющий оценить результаты мероприятий по совершенствованию транспортной сети города.

**Ключевые слова:** транспортная сеть, транспортные потоки, интенсивность движения, уровень автомобилизации.

**Введение** Транспортная сеть наземных видов транспорта является основной подсистемой всей транспортной системы города. Именно в рамках этой подсистемы осуществляется более 95% всех городских перевозок. Поэтому функционирования транспортных сетей крупнейших городов в значительной степени определяет выполнение требований эффективности, безопасности и комфортабельности ко всей транспортной системе. Обеспечить снижение уровня загрузки дорог движением в городах могут различные методы организации дорожного движения. Однако при этом возникает необходимость предварительной оценки эффективности проводимых мероприятий.

**Цель работы.** Цель работы заключается в разработки модели функционирования действующей транспортной сети города, которая дает возможность производить предварительную оценку мероприятий, связанных с изменением параметров транспортной сети.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Моделированию транспортных потоков посвящено достаточно много работ [1-8]. Для решения этой задачи применяются различные подходы. Разработанные модели характеризуются различной сложностью и точностью. Это связано с трудностями при решении задачи распределения транспортных потоков по сети [1, 2]. При этом на параметры распределения влияют следующие факторы [2, 6]:

- характеристики внешних транспортных связей;
- параметры сети парковки автомобилей в транспортной сети города;
- особенности транспортно-планировочной структуры города;
- строительство новых жилых микрорайонов или крупных узлов транспортного тяготения;
- наличие ограничений на выполнение маневров на пересечениях транспортной сети;

- временного закрытия или ликвидации какого-либо элемента транспортной системы.

По мнению авторов [1, 3, 5], чтобы получить рациональные параметры транспортных потоков на улично-дорожной сети города необходимо использовать математическое моделирование, которое способно адекватно описывать поведение участников транспортного потока и правильно воспроизводить параметры и характеристики дорожного движения.

**Основная часть.** Для оценки результатов изменения сетевых параметров была разработана модель транспортной сети г. Харькова. Данная модель получила компьютерную реализацию и способна производить расчеты для крупномасштабных транспортных сетей. Исходными данными для моделирования транспортных потоков являются [2, 6]

1. Топологическая схема транспортной сети города;
2. Характеристики элементов транспортной сети;
3. Данные о транспортном спросе;
4. Имеющиеся ограничения на выполнение маневров на пересечениях.

Разработанная топологическая сеть города Харькова (рис. 1) насчитывает 842 узла и 2362 дуги транспортной сети. Каждая дуга была описана математически с использованием теории графов.

Для описания транспортных связей с односторонним движением использовался ориентированный граф. Для определения характеристик участков транспортной сети и транспортных узлов были проведены обследования на сети города Харькова. В процессе обследования были собраны такие исходные данные как: интенсивность, скорость движения транспортных потоков и ряд других характеристик. Также на сети были определены емкости по образованию и поглощению транспортных потоков в узлах транспортной сети, которые содержат информацию о транспортных перемещениях. На транспортной сети прибытие осуществляется как внутри самой сети и на краях. На краях сети транспортный спрос равняется интенсивности прибывающего внешнего транспорта. В самой транспортной сети транспортный спрос определяется на основании условных границ транспортного района и мест тяготения транспортных потоков.

После формирования исходных данных, используя моделирование транспортных потоков [2, 6], выполняется расчет транспортных корреспонденций и параметров движения между узлами транспортной сети.

В результате распределения транспортных потоков по сети города происходит изменение основных характеристик функционирования транспортной сети: интенсивности, скорости и показателей эффективности функционирования транспортной сети. В свою очередь, расчет характеристик функционирования транспортной сети города состоит из следующих этапов:

- расчет матрицы кратчайших расстояний;
- расчет матрицы корреспонденций;
- предварительная оценка эффективности функционирования транспортной сети города.

Для расчета матрицы кратчайших расстояний используются такие критерии оптимизации функционирования транспортной сети как: минимум затрат, минимум пробега и минимум потерь времени на передвижение между корреспондирующими узлами транспортной сети. Разработанное программное обеспечение (рис. 2) позволяет рассчитать параметры функционирования транспортной сети. Программа рассчитывает: интенсивность, уровень загрузки, скорость движения, уровень обслуживания и показатель эффективности. По итогам моделирования определяется ошибка модели транспортных потоков, которая для города Харькова составила 6,8 %.

Наблюдать изменения интенсивности движения и коэффициента загрузки с помощью данной программы возможно согласно выбранной цветовой гаммы.



Цвета подобраны таким образом что, позволяют разделить участки сети на проблемные - при увеличении более к красному цвету и на удовлетворительные - начиная от желтого и заканчивая темно-зеленым цветом. В данном случае показана центральная часть г. Харькова. Как видно, в транспортной сети существуют проблемные участки вследствие большой загрузки дорог движением. В данном случае рассмотрен лишь Эффективность различных мероприятий, можно оценить выполнив моделирование. Например, с помощью представленной модели можно оценить результаты строительства новых дорог в городе. На рис. 3 показан фрагмент транспортной сети центральной части г. Харькова, где планируется строительство новой транспортной связи. Предварительные расчеты с помощью модели показывают характеристики движения подугам этого фрагмента сети до реконструкции. После разработки предложений по реконструкции сети (строительство новой «пробивки» от ул. Сумской до ул. Клочковской) были внесены соответствующие изменения в математическое описание транспортной сети города. Последующее моделирование транспортных потоков позволяет получить расчетные значения характеристик дорожного движения (интенсивности движения, уровня загрузки дорог движением, скорости транспортных потоков) после внедрения разработанных мероприятий (рис. 4).

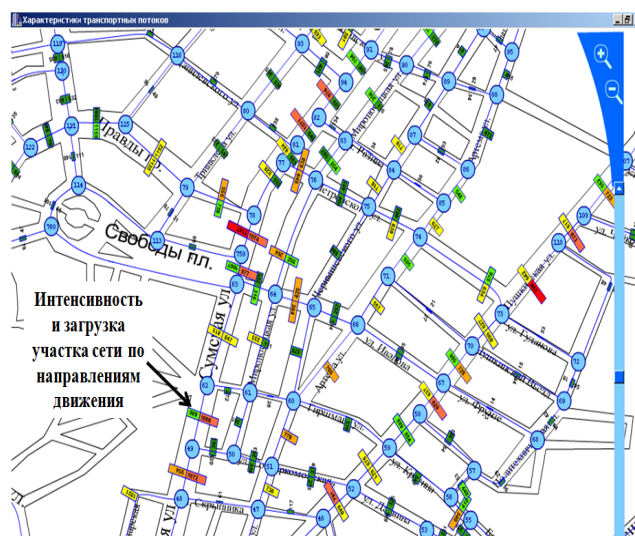
Таким образом может быть получена необходимая информация для принятия решений о целесообразности (или нецелесообразности) проведения мероприятий по реконструкции транспортной сети города один из примеров использования модели действующей транспортной сети г. Харькова для обоснования мероприятий по реконструкции сети. Программное обеспечение модели позволяет проводить оценку и обоснование других мероприятий по совершенствованию транспортной сети города.

Аналогично рассмотренному примеру (рис. 3, 4), могут быть рассмотрены другие мероприятия локального характера на сети.

Такие мероприятия, как расширение отдельных участков городских транспортных



Рис. 1 – Фрагмент топологической схемы транспортной сети города



Характеристика цветовой гаммы в соответствии с уровнями обслуживания:  
 уровень А - темно-зеленый (коэффициент загрузки дороги ( $K_z$ )  $\leq 0,6$ ); уровень В - светло-зеленый ( $0,6 < K_z \leq 0,7$ ); уровень С - желтый ( $0,7 < K_z \leq 0,8$ ); уровень D - оранжевый ( $0,8 < K_z \leq 0,9$ ); уровень E - красный ( $0,9 < K_z \leq 1,0$ ); уровень F - темно-красный ( $K_z > 1,0$ ).

Рис. 2 – Параметры транспортных потоков на участках сети



Рис. 3 – Параметры транспортных потоков до строительства новой дороги

связей, организация одностороннего движения на параллельных улицах, ограничения возможности парковки у края проезжей части на городских улицах, организация пересечений в различных уровнях и т.д.

Кроме того представленная модель позволяет оценить последствия дальнейшего роста уровня автомобилизации на функционирование транспортной сети города.

Проблема заключается в том, что одной из главных причин увеличения интенсивности на сети города, является рост уровня автомобилизации. Поэтому для планирования мероприятий по организации дорожного движения на основе значений интенсивности движения, необходимо учитывать существующие тенденции роста уровня

автомобилизации. Предложенный подход позволяет учитывать изменение уровня автомобилизации путем корректировки характеристик транспортного спроса в городе, который определяется объемами образования и поглощения транспортных потоков в узлах сети.

**Выводы.** В данной работе были рассмотрены возможности программного обеспечения модели функционирования транспортной сети г.Харькова по оценке разрабатываемых транспортно-планировочных решений. Программный комплекс позволяет использовать различные критерии оптимизации при решении задачи распределения транспортных потоков, что делает его универсальным для работы по совершенствованию транспортной сети города. Методика позволяет оценить:

1. Целесообразность устройства новых транспортных связей;
2. Влияние уровня автомобилизации на функционирование транспортной сети;
3. Последствия изменения параметров транспортной сети;
4. Влияние изменений параметров транспортного спроса в узлах транспортной сети.

**Список литературы:** 1. Рэнкин В. У. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др. – М. : Транспорт, 1981. – 592 с. 2. Лобашов А.О. Методика прогнозирования поведения транспортных потоков в городах / А. О. Лобашов, Ву Дык Минь // Вестник ХНАДУ. – Харьков: РИО ХНАДУ, 2002. – С. 35 – 36. 3. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Дрю Д.; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с. 4. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / Сильянов В. В. – М. : Транспорт, 1973. – 303 с. 5. Lohse D., Glücker C., Teichert H. A demand model for urban commercial transport : 2nd Symposium on Networks for Mobility. – Stuttgart, 2004. P. 320–402. 6. Лобашов О.О. Про вплив рівня розвитку транспортної мережі міста на ефективність дорожнього руху / О.О. Лобашов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - 2010. - №5-6. - С.45-47. 7. Helbing D. MASTER : Macroscopic traffic simulation based on a gas-kinetic, non-local traffic model / Helbing D., Hennecke A., Shvetsov V., Treiber M. // Transpn. Res. B. – 2001. – № 35. – P. 183–211. 8. Shvetsov V. I. Macroscopic dynamics of multilane traffic / Shvetsov V. I., Helbing D. // Phys. Rev. E. – 1999. – № 59. – P. 6328–6339.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

УДК 656

**Моделирование функционирования транспортной сети после изменения ее параметров/ А. О. Лобашов // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.88-92. – Бібліогр.:8 назв. ISSN 2079-5459**



Рис. 4 - Параметры транспортных потоков после строительства новой дороги

Представлено підхід до моделювання транспортних потоків, який дозволяє оцінити результати заходів щодо удосконалення транспортної мережі міста.

**Ключові слова:** транспортна мережа, транспортні потоки, інтенсивність руху, рівень автомобілізації.

**Transport network simulation of functioning after changing its settings / O. Lobashov** // Bulletin of NTU "KhPI". Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014.-№ 7 (1050).- P.88-92. Bibliogr.:8. ISSN 2079-5459

An approach to modeling traffic flows, allowing to evaluate the results of measures to improve transport network.

**Keywords:** transport network, traffic flows, traffic intensity, the level of motorization.

УДК 544.022.82:664

**О. Ю. НАГОРНИЙ**, асистент, ХДУХТ, Харків

## ТЕОРЕТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КАПСУЛЬОВАНИХ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ NaKMЦ

В даній роботі встановлено закономірності зміни фізичних властивостей капсульованих систем а саме втрати маси капсул залежно від їх лінійних розмірів, встановлено вплив фізичної модифікації на ці характеристики, обґрунтовано раціональні параметри одержання капсул на основі іонотропного полісахариду з метою використання їх в технології одержання харчової продукції з капсульною структурою.

**Ключові слова:**капсула, питома поверхня, втрата вологи, геометрична форма.

**Вступ.** На сьогоднішній день відсутні науково-практичні принципи капсульованих соусів, виробництво яких може бути реалізоване на основі екструзійного формування іонотропних полісахаридів.

Наукове обґрунтування технології та апаратурного супроводження цих процесів дозволило б створити принципово новий сегмент нової продукції та дало б поштовх до розвитку технологій та нових принципів організації виробництва, обслуговування та споживання кулінарної та харчової продукції з використанням капсульованих соусів.

За цих передумов наукове обґрунтування технології капсульованих соусів є актуальною проблемою, а впровадження нової технології дозволить розширити асортимент харчової продукції і покращити структуру харчування з одночасним задоволенням їх споживчих запитів.

**Мета роботи.** Вивчення закономірностей особливостей формування оболонки капсул з заданими властивостями. Встановлення закономірностей фізичних властивостей одержаних капсул залежно від їх лінійних розмірів з метою використання їх в технології одержання напівфабрикату капсульованих соусів.

**Методика експерименту.** Фізичну модифікацію розчинів NaKMЦ проводили шляхом оброки розчинів в полі УЗ-хвиль в стаціонарному режимі робочої камери ультразвукового диспергатора УЗДН-1 за частоти 22 кГц. В'язкість розчинів NaKMЦ та систем, що підлягають капсулюванню, досліджували на віскозиметрі ВПН-0,2М. Значення приросту маси капсул та кількості відділеної вологи з капсул визначали ваговим методом. Здійснювали зважування суміші для капсулювання та сформованих капсул, за відношенням різниці визначених мас до маси капсул визначали приріст маси капсул у відсотках. Кількість відділеної вологи з капсул визначали після їх витримання протягом певного терміну.

© О. Ю. НАГОРНИЙ, 2014

**Обговорення результатів.** Головними термодинамічними і технологічними проблемами капсулювання соусів, є співіснування рідкої фази інкапсулянта та оболонки. Складність вирішення проблеми співіснування виходить з того, що оболонка утворюється за рахунок зміни хімічних потенціалів «донора» (інкапсулянта) – «акцептора» (розчину AlgNa) в результаті дифузії, складової інкапсулянта, іонів  $Ca^{2+}$ , в середовище альгінату натрію з керованим виникненням гелеподібної фази. Саме виникнення тіла оболонки з певною товщиною пов'язане з дифузією іонів  $Ca^{2+}$  через внутрішні шари  $Alg_2Ca$  в середовище AlgNa. Факт можливості регулювання товщини оболонки за рахунок дифузії свідчить про можливу проникність оболонки для інших низькомолекулярних речовин інкапсулянту в тому числі води, яка виконує роль безперервного дисперсійного середовища соусу. Така проникність води може призвести до зміни початкового рецептурного складу продукту і, в кінцевому плані, впливати як на органолептичні показники НСТК так і його фізико-хімічні характеристики. Це прогнозоване припущення диктує необхідність визначення закономірностей стабілізації властивостей «н/ф соусу капсульованого» через визначення вологовиділяючої здатності технологічної системи «інкапсулянт – оболонка».

Оскільки сам процес іотропного гелеутворення зв'язаний з змінами ступеню гідрофільності AlgNa за рахунок фазових перетворень розчину AlgNa в гель  $Alg_2Ca$  під дією іонів  $Ca^{2+}$  можна стверджувати, що зі зростанням ступеня заміщення  $Ca^{2+}$  на  $2Na^+$  буде зростати колоїдна індиферентність оболонки до інкапсулянта, що виникає за рахунок збільшення ступеня гідрофобності в процесі іотропного гелеутворення. Результатом є утворення гідрофобних пористих систем, що є природою утворення хелатних сполук. За цих умов об'єктивним є той факт, що ступень спорідненості інкапсулянт – оболонка буде падати. Враховуючи, що з технологічної точки зору втрата інкапсулянта за рахунок проникнення скрізь оболонку є негативним фактором, ймовірно в технологічному процесі приготування інкапсулянту (соусів) необхідно передбачити параметри (заходи) які знижують цей фактор. Перш за все найбільш значущими будуть властивості згущувача соусу. З цих міркувань загусник соусу повинен бути іоногенним полісахаридом, бажано з вмістом карбоксильних груп, який здатний через присутній в системі блокуючий іон металу частково взаємодіяти з оболонкою, за схемою  $R - COO^-_{инкапс.} - Ca^{2+}_{обол.} - OOC - R_1$ . Таким вимогам відповідає певний ряд полісахаридів, але по загущувальної здатності, стабільності поведінки в інтервалі рН 4,5...8, та температурі 0...100°C нами вибраний харчовий загусник – полісахарид целюлозної природи NaКМЦ –  $-[NaOOC(CH_2)_n(OH)_m - COC - (OH)_m(CH_2)_n - COONa]_n -$ .

Одночасно, з технологічної точки зору, необхідно передбачити, щоб завершаючи стадії технологічного процесу виробництва соусів які пов'язані з формуванням органолептичних показників за рахунок введення в соус розчинних низькомолекулярних сполук співпадали за стадіями та параметрами з оптимальними умовами капсулювання не перешкоджали іонообмінній реакції між AlgNa та іоном  $Ca^{2+}$ , не виводили в окрему фазу полімери (учасники процесу), знижуючи їх розчинність та забезпечили умови іонообмінної реакції при прояві властивостей колігативними речовинами. Згідно з поставлених задач, продукт повинен мати правильну кулясту форму капсули з діаметром 2...8 мм., та характеризуватися мінімальними масовими втратами внутрішнього вмісту при зберіганні.

Екструдкування складних рідин, до яких відноситься соус, є складним гідродинамічним та технологічним процесами. Складність процесу з гідродинамічної точки пов'язана як з забезпеченням зсувних характеристик що забезпечують екструзії, так і технологічними обмеженнями а саме, необхідністю виконання фази технологічного процесу – екструдкування через «повітря» з одночасним забезпеченням входу краплі в прийомне середовище без руйнування.



Особливістю неньютонівських рідин, до яких відносяться розчин NaKMЦ, є виражена залежність в'язкості від швидкості зсуву. Для екструзії та для забезпечення входу в прийомну рідину не можливе застосування високих швидкостей зсуву при екструзії, тому практична реалізація екструзії іде до умов фактично співпадаючими з самочинним розпадом, який характерний для швидкостей зсуву  $0...50 \text{ c}^{-1}$ . Але, за цих умов для складних рідин характерні значення ефективної в'язкості є найбільшими та можуть стати обмежувачими параметрами.

Оскільки, з хімічної точки зору, утворення оболонки капсул є суттю хімічної реакції, то за сталих і прийнятих параметрів процесу – концентрації речовин, часу, температури та ін. фізичні властивості одержаних оболонок капсул будуть постійні та характеризуватися певною величиною пористості за рахунок наявності на поверхні оболонки гідрофобних ділянок. Це є передумовою для втрат маси капсул за рахунок витікання інкапсулянту в інтеркапсулярний простір, що погіршує органолептичні властивості готового продукту і робить процес не керованим.

За цих умов визначення гравіметричних показників капсульованих соусів є першочерговим завданням, оскільки, за встановленими даними, розмірні характеристики капсул при самочинному розпаді залежать від в'язкості розчину інкапсулянту. На рис. 1 наведено залежність в'язкості розчину NaKMЦ від концентрації з зазначенням зон раціональної в'язкості які відповідають лінійним розмірам капсул одержаних при екструзії цього розчину відповідної концентрації.

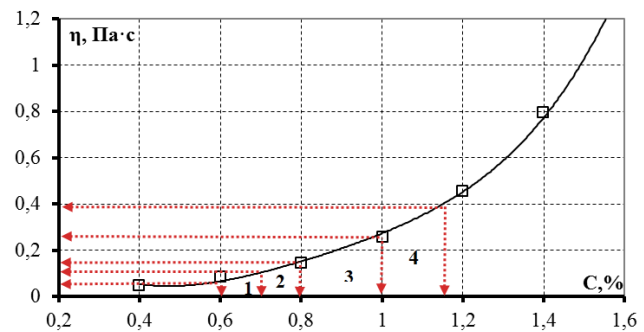


Рис. – 1 Закономірності розподілу лінійних розмірів капсул ( $\gamma=50 \text{ c}^{-1}$ ), через залежність ефективної в'язкості розчину NaKMЦ від концентрації

Експериментально визначено, що в зоні 1 (рис. 1) лінійні розміри капсул, одержані при екструзії, становлять 2...3 мм., в зонах 2, 3, 4 – 3...6, 6...8, >8 мм. відповідно. Зони в'язкості 1...4 відповідають задовільному коефіцієнту форми капсул ( $K_f$ ) = 1; в інтервалах в'язкості інкапсулянта  $\eta \leq 0,05 \text{ Па}\cdot\text{с}$  та  $\eta \geq 0,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$   $K_f \neq 1$ . Нами було визначено ВВЗ капсул для дискретних значень діаметрів. В табл. 1 наведені дані гравіметричних характеристик капсул технологічної системи «інкапсулянт – оболонка», в перерахунку на питому проникність оболонки капсул.

Із аналізу даних табл. 1 видно, що зі зростання розмірних характеристик капсул з 2 до 8 мм втрати маси, за значень  $24 \cdot 60^2 \text{ с}$ . зменшуються з  $18 \pm 1,2$  до  $31 \pm 1,5\%$ .

Таблиця 1 – Характеристика капсульованих технологічних систем «інкапсулянт – оболонка»

	Діаметр капсул, мм.			
	2...3 мм	3...6 мм	6...8 мм	<8 мм
Втрати маси, %	$31 \pm 1,5$	$26 \pm 1,4$	$22 \pm 1,4$	$18 \pm 1,2$
Масова доля оболонок, %	$35,8 \pm 0,4$	$30,2 \pm 0,3$	$25,8 \pm 0,2$	$21,4 \pm 0,2$
Питома проникність оболонок капсул, % маси/одиниці площі оболонки	$0,87 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,05$	$0,85 \pm 0,05$	$0,84 \pm 0,05$

Є очевидним, що для кожного розміру капсул залежності питомої площі поверхні капсул, яка виходячи з формули (1) для сферичних тіл є:

$$S_0 = \frac{4 \pi r^2}{\frac{4}{3} \cdot \pi r^3} = \frac{3}{r} = \frac{6}{d}, \quad (1)$$

де  $S_0$  – питома площа поверхні сферичного тіла;

$d$  – діаметр сферичного тіла

Встановлено (табл.1), що масова доля оболонок зі зростанням розміру капсул з 2...3 до 8 мм падає в 1,67 а питома поверхня на одиницю об'єму інкапсулянта зростає в 4 рази. Оскільки втрати маси капсули будуть лінійно залежати від площі фільтрації то логічним є, що зі зменшенням діаметру капсул з 8 до 2,5 мм спостерігається збільшення втрат маси капсул в 1,72 рази (крива – □). Так втрати вологи капсулами діаметром 8 мм становлять  $18 \pm 1,5\%$ , а капсули діаметром 2,5 мм втрачають вологи  $31 \pm 1,5\%$  за тих же самих умов. Це пояснюється більшою площею фільтрації оболонок, які в свою чергу

виконують роль проникних мембран, скрізь які по гідрофобним ділянкам гелю  $\text{Alg}_2\text{Ca}$  витікає (втрачається) інкапсулянт. Аналіз даних без врахування масової долі оболонок капсул в залежності від їх діаметру – за питомою проникністю (крива –  $\Delta$ ) свідчить, про сталість цієї величини на рівні 0,87 % на одиницю площі оболонок, це є підґрунтям для висновку, що питома проникність оболонок не залежить від діаметру капсул а за сталості властивостей оболонок для всього ти порядку діаметрів і може бути

пов'язана лише з властивостями інкапсулянта.

Оскільки стабільність капсули до виділення вологи є однією із основних характеристик готового продукту, то стає актуальним визначення технологічних параметрів одержання капсул з мінімальними вологовиділяючими властивостями. Аналізуючи дані рис. 2 (крива  $\Delta$ ) та табл. 1 видно, що питома проникність оболонок не залежить від діаметру капсул. Стає очевидним, що для зменшення втрат маси капсул необхідно модифікувати властивості інкапсулянта за рахунок підвищення концентрації  $\text{NaKMЦ}$  в інкапсулянті. Але, підвищення в'язкості за одночасного підвищення концентрації  $\text{NaKMЦ}$  в інкапсулянті є стримуючим фактором, оскільки суттєво зміщує раціональні зони в'язкості для капсулювання і може повністю унеможливити процес екструзії інкапсулянта з параметрами капсул відповідаючих умовам  $K_f = 1$ .

Експериментально встановлено, що застосування інтенсивної фізичної дії [1...3] на розчини полісахаридів приводить до зміни реологічних характеристик розчинів зі зменшенням значень його ефективної в'язкості що, вірогідно, пов'язано зі зменшенням фізичних розмірів ланцюгів молекули полімеру, молекулярних мас. На основі цих даних було вивчено закономірності зміни в'язкості нативного розчину  $\text{NaKMЦ}$  та розчину попередньо обробленого в полі УЗ-хвиль (частота обробки 22 кГц, об'єм розчину 100 мл., час обробки 10 хв., що відповідає потужності що підводиться 0,9 кВт/л), (рис. 3).

З експериментальних даних (рис. 1, 3) видно, що попередня обробка розчину  $\text{NaKMЦ}$  в полі УЗ-хвиль значно розширює раціональну зону концентрацій розчину для капсулювання. Встановлено, що раціональна зона в'язкості 1, яка відповідає діаметру 2...3 мм зміщується в інтервал концентрацій з 0,6...0,7% в інтервал 1,14...1,25% розчину  $\text{NaKMЦ}$ .

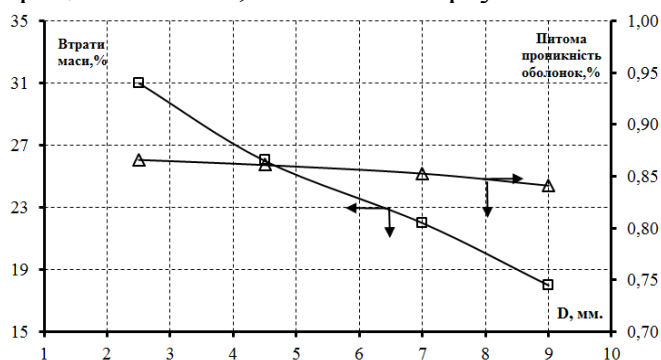


Рис. 2 – Залежність втрати маси капсул від діаметру, (крива □ – втрати маси капсул, крива  $\Delta$  – питома проникність оболонок капсул)

Зона в'язкості 4, яка відповідає діаметру капсул >8 мм зміщується в інтервал концентрацій 1,48...1,6 % з інтервалу 1,0...1,17% розчину NaКМЦ.

Аналізуючи порівняльні втрати маси капсул одержаних на обробленому (модифікованому) в полі УЗ-хвиль розчині NaКМЦ (табл. 2, рис. 4та дані табл. 3), можна констатувати про зміну всіх табличних величин в більш оптимальну для технології зону. Так, абсолютні значення втрат маси зменшуються в 2,3 разів для всього ти порядку розмірів, а проникність оболонок зменшується в 2,4 рази відповідно. Це є експериментальною передумовою стабілізації технологічних властивостей капсульованих соусів.

Таблиця 2 – Характеристика капсульованих технологічних систем «інкапсулянт – оболонка» системи одержані на модифікованому розчині NaКМЦ

	Діаметр капсул, мм.			
	2...3 мм	3...6 мм	6...8 мм	<8 мм
Втрати маси, %	13,5±1,3	11,2±1,2	9,2±1,2	7,5±1,3
Масова доля оболонок, %	35,8±0,3	30,2±0,4	25,8±0,3	21,4±0,4
Питома проникність оболонок капсул, % маси/одиниці площі оболонки	0,38±0,02	0,37±0,01	0,36±0,02	0,35±0,02

Так, аналізуючи значення зміни втрати маси капсули на 1 мм діаметру, можна констатувати зменшення втрати інкапсулянта більше ніж у 2 рази у капсул одержаних на інкапсулянті у складі якому NaКМЦ після обробки в полі УЗ-хвиль. Так темп виділення вологи на 1 мм капсул одержаних на нативному розчині NaКМЦ складає 1,86, а на розчині після обробки в полі УЗ-хвиль 0,85 відповідно.

Аналізуючи результати (рис. 2...4) можна зробити висновок, що питома проникність капсул одержаних на нативному розчині NaКМЦ та розчині NaКМЦ

тиксотропновідновленому після обробки в полі УЗ-хвиль, є функцією від концентрації NaКМЦ в інкапсулянті. Встановлено, що для капсул з діаметром 9 мм одержаних на нативному розчині NaКМЦ ( $C_{\text{NaКМЦ}}=1,12\%$ ) питома проникність оболонок складає 0,84, а для капсул з діаметром 9 мм одержаних на модифікованому розчині NaКМЦ ( $C_{\text{NaКМЦ}}=1,55\%$ ) питома проникність оболонок складає 0,35.

**Висновок.** З експериментальних даних витікає технологічний висновок, що для одержання напівфабрикату капсульованих соусів, з заданими характеристиками, необхідно зафіксувати в технологічному процесі стадії механічної модифікації загусника за концентрацій для кожного ти порядку розмірів згідно з даними табл. 3.

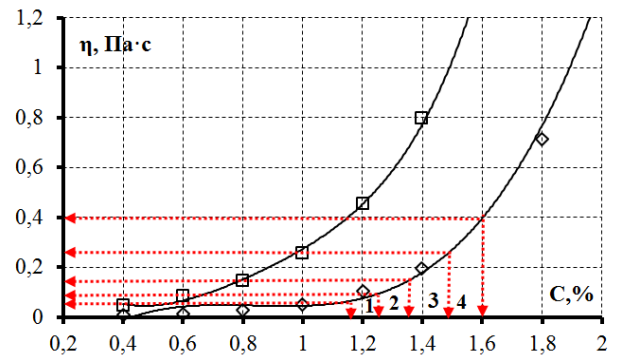


Рис. 3 – Закономірності розподілу лінійних розмірів капсул ( $\gamma=50 \text{ c}^{-1}$ ), через залежність ефективної в'язкості розчину NaКМЦ від концентрації, (крива  $\square$  – нативний розчин  $\diamond$  – розчин модифікований в полі УЗ-хвиль за раціональних параметрів)

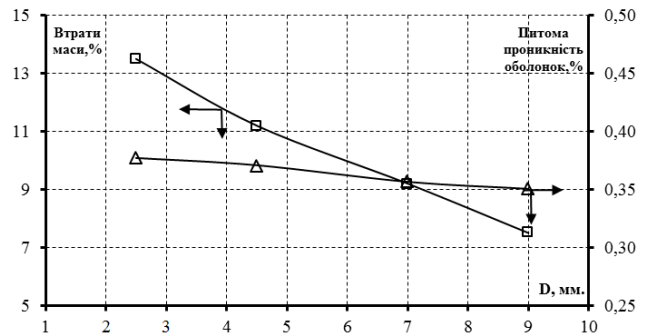


Рис. 4 – Залежність втрати маси капсул одержаних на модифікованому розчині від діаметру, (крива  $\square$  – втрати маси капсул, крива  $\Delta$  – питома проникність оболонок капсул)



Таблиця 3 – Оптимальні параметри одержання капсул з мінімальними параметрами виділення вологи та заданими лінійними розмірами

	Діаметр капсул, мм.			
	2...3 мм	3...6 мм	6...8 мм	<8 мм
Масова доля оболонки, %	35,8±0,4	30,2±0,4	25,8±0,4	21,4±0,4
Питома проникність оболонки капсул	0,38±0,02	0,37±0,02	0,36±0,02	0,35±0,02
Концентрація NaKMЦ, %	1,14...1,25	1,25...1,35	1,35...1,48	1,48...1,6

**Список літератури:** 1. *Нагорний О. Ю.* Дослідження фізико-хімічних змін наповнених гелів на основі натрію альгінату та натрійкарбоксиметилцелюлози [Текст] / *О. Ю. Нагорний, Є. П. Пивоваров, П. П. Пивоваров* // прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі ; [редкол. : О.І. Черевко (відпов. ред.) та ін.]. – Харків, 2010. – Вип. 1 (11). – 503 с. : іл., табл. 2. *Пивоваров Є. П.* Закономірності формування маси оболонки капсул, одержаних шляхом іотропного гелеутворення [Текст] / *Є. П. Пивоваров, О. Ю. Нагорний* // наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. пр. – Одеса: 2010. – Вип. 38. – Том. 2. – 466 с. 3. *Пивоваров П. П.* Инновационные технологии производства капсулированных продуктов [Текст] / *П. П. Пивоваров, О. П. Неклеса, А. Ю. Нагорный* // научно-практический журнал «Продукты и ингредиенты» /2013. № 3(12). С. 24-25. *Поступила в редколлегию 25.01.2014*

УДК 544.022.82:664

**Теоретичні властивості капсульованих модельних систем на основі NaKMЦ/ Нагорний О. Ю.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.92-97. – Бібліогр.: назв.3 ISSN 2079-5459

В данной работе установлены закономерности изменения физических свойств капсулированных систем а именно потери массы капсул в зависимости от их линейных размеров, установлено влияние физической модификации на эти характеристики, обоснованы рациональные параметры получения капсул на основе иотропного полисахарида с целью использования их в технологии получения пищевой продукции с капсулированной структурой.

**Ключевые слова:** капсула, удельная поверхность, потери влаги, геометрическая форма.

**Theoretical properties of kapsulevvanikh of model systems on basis of NaKMЦ О. Y. Nagornij**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies.: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.92-97. Bibliogr.:3 . ISSN 2079-5459

In this work conformities to law of change of physical properties of the kapsulirovannykh systems are set namely losses of mass of capsules depending on their linear sizes, influence of physical modification is set on these descriptions, the rational parameters of receipt of capsules are grounded on the basis of iotroпnogo polisakharida with the purpose of the use them in technology of receipt of food products with a kapsulirovannoy structure .

**Keywords:** kapsula, specific surface, losses

УДК 656.135

**І. Е. ЛИННИК**, д-р техн. наук, проф., ХНУМГ, Харків;

**А. М. СОСПАТРОВ**, ст. викл., ХНУМГ, Харків;

**Ю. В. НИКИТЕНКО**, студентка, ХНУМГ, Харків

## КОНЦЕПЦІЯ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ М. ЧУГУЄВА

Висвітлюються основні проблеми, що існують у транспортній сфері м. Чугуєва, окреслені глобальні стратегічні цілі розвитку транспортної схеми і намічені першочергові заходи її розвитку.

**Ключові слова:** концепція, транспортна схема, міжнародний транспортний коридор, регіональний логістичний центр.

© І. Е. ЛИННИК, А. М. СОСПАТРОВ, Ю. В. НИКИТЕНКО, 2014

**Вступ.** Проблеми розвитку стратегічного планування і прогнозування міст стали предметом пильного дослідження вчених та державних органів багатьох країн світу, незалежно від політичної системи, розмірів території, чисельності населення тощо [1–9]. У містах продовжують швидко концентруватись та інтегруватись новий вигляд економічної діяльності, промисловість високих технологій, фінансові, торгівельні і освітні послуги, матеріальні, культурні і духовні цінності, інфраструктура зовнішньоекономічної діяльності. Ці міста підсилюють свою значущість у регіональному розвитку, займають усе більш центральну позицію в сучасному політичному та економічному ландшафті країни. Тим самим проблема їх стратегічного розвитку повинна зводитись в ранг пріоритетної. Нерозуміння стратегічної ролі міст як економічного і соціокультурного феномену призводить до того, що можливості високоінтелектуального міського середовища залишаються ще не досить затребуваними. У 2007 р. розроблено «Стратегічний план розвитку міста Чугуєва на 2008–2012 роки», який по суті був планом дій терміном на 5 років. Також основні завдання розвитку транспортної схеми міста відображено у «Генеральному плані Чугуєва до 2010 року», (1990 р.), «Схемі планування території міста Чугуєва Харківської області» (2000 р.), «Програмі реформування та розвитку житлово-комунального господарства м. Чугуєва на 2010–2014 роки», «Природоохоронній програмі щодо покращення екологічного стану м. Чугуєва на 2013–2014 роки» [10–11]. Багато завдань, поставлених у цих документах вже виконано. Не зважаючи на те, що місто Чугуїв входить до аграрно-промислової агломерації Харківської області, та розташоване на міжнародному транспортному коридорі (МТК) «Європа – Азія», повноцінної Концепції розвитку транспортної схеми, що якісно визначила б напрямок розвитку міста, функціонування якого має привести до досягнення поставленої мети до сих пір не має.

**Проблеми, що існують у транспортній сфері м. Чугуєва.** Сьогодні Чугуїв – значний промисловий, транспортний і культурний центр Харківської області. Він розташований на перетині великих транспортних шляхів – тут знаходиться стратегічно важливе перехрестя залізничних і автомобільних магістралей.

Основні проблеми у сфері транспорту:

- високий рівень аварійності порівняно з містами ЄС і розвинених країн світу;
- проходження інтенсивного транзитного потоку автотранспорту вулицями Харківською і Ростовською, перевантаженість цих вулиць;
- низька щільність мережі магістральних вулиць;
- мала пропускну здатність вулиць і перехресть;
- низький рівень благоустрою мережі вулиць місцевого руху;
- невиконання прийнятих рішень в частині розвитку вулично-дорожньої мережі (ВДМ);
- незадовільний стан покриття більшої частини ВДМ;
- відсутність сучасної системи забезпечення паркування з достатньою кількістю організованих місць паркувань;
- відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху;
- недостатність інвестиційних ресурсів для оновлення парку автобусів;
- неповне відшкодування з державного бюджету втрат доходів авто перевізника від перевезень пільгового контингенту пасажирів;
- неохопленість автобусним сполученням віддалених районів міста.

**Глобальні стратегічні цілі розвитку транспортної схеми м. Чугуєва.** Для ефективного використання транзитного потенціалу України та Харківської області при інтегруванні її транспортного комплексу в загальноєвропейську і світову систему транспортних мереж, а також в умовах розвитку транскордонного співробітництва, територією

області та, зокрема, м. Чугуєва намічено проходження автомобільної ділянки міжнародного транспортного коридору (МТК) «Європа – Азія» (Краковець – Львів – Рівне – Житомир – Київ – Полтава – Харків – Чугуїв – Дебальцеве – Довжанський / Луганськ – Ізварине), що потребує реконструкції.

Сьогодні МТК – це сукупність магістральних транспортних комунікацій різних видів транспорту з необхідними облаштуваннями, що забезпечують перевезення пасажирів і вантажів між країнами на напрямках концентрації потоків.

Створення МТК не тільки сприяє поліпшенню транспортного обслуговування, але й справляє значний безпосередній вплив на соціально-економічний розвиток смуги прилеглої території шириною 80–130 км. Спорудження автомагістралей та створення сучасної сервісної інфраструктури вздовж них забезпечить роботою сотні тисяч людей як на будівництві, так і при експлуатації траси. Тому зони впливу МТК і транспортних вузлів повинні стати територіями динамічного розвитку (в тому числі, м. Чугуїв), перетворитися на полюси активізації господарської діяльності та процесів урбанізації.

На напрямках МТК очікується формування нових і розвиток наявних транспортних вузлів як комплексів транспортних пристроїв, які спільно виконуватимуть операції з обслуговування транзитних і місцевих перевезень вантажів і пасажирів. Тому пропонується будівництво південного автодорожнього обходу м. Чугуєва, що одночасно стане під'їзним шляхом до аеродрому, вантажної залізничної станції і майбутнього регіонального транспортно-складського логістичного центру.

Наявність у м. Чугуєві потужного транспортного вузла робить його вдалим місцем для розвитку транспортно-комунікаційних видів бізнесу.

Сприятливе географічне розташування м. Чугуєва, близькість до потужних ринків збуту в м. Харкові, Донбасі, Російській Федерації забезпечують потенційним підприємцям приплив споживачів та відносно незначні витрати на транспортування готової продукції. Наразі в усіх розвинених країнах весь оборот зовнішньої торгівлі (імпорт та експорт), а також більша частина внутрішнього товарообороту пов'язані з регіональними логістичними центрами. Логістичні центри слугують каналами, якими до країни у значних обсягах потрапляє іноземна валюта. Збирані з них податки зазвичай стають вагомим внеском до державного і місцевих бюджетів. Підтримка урядами логістичних центрів проявляється у вигляді фінансових пільг при будівництві та експлуатації логістичних центрів.

Логістичні центри вигідно розташовувати на перетині транспортних шляхів і поблизу великих споживачів або виробників товарів, оскільки це дозволяє істотно зменшити транспортні витрати. Пропонується у м. Чугуїв створити регіональний транспортно-складський логістичний центр (мультимодальний вантажний термінал) в південно-західній частині міста у безпосередній близькості до аеродрому «Чугуїв» на перетині південного автодорожнього обходу і вантажної залізничної станції. Це передбачає перевалку вантажів з одного виду транспорту на інший та їхню обробку. Йдеться про велике добре оснащене підприємство, призначене для надання логістичних послуг іншим фірмам на комерційній основі. Передбачається, що регіональний логістичний центр буде спеціалізуватися на переробці вантажів за замовленнями різних фірм і наданні супутніх послуг. За рахунок масовості операцій їхня собівартість стає помірною, а отже, й тарифи на них можуть бути прийнятними для споживачів.

Вигоду від створення логістичного центру отримують усі: організації, що розташовують свої склади на території центру і користуються його розвинутою інфраструктурою; адміністрація центру – від здавання в оренду і надання платних послуг; держава і територіальна громада міста – від продажу значної площі землі або її довгострокової оренди, створення робочих місць і умов для розвитку людського потенціалу. Логістичні центри також можна розглядати як інкубатори інноваційних

логістичних та інших технологій, що сприяють підвищенню конкурентоздатності економіки міста.

Ядром майбутнього логістичного центру може стати його інформаційно-аналітичний центр, розташований у існуючих будівлях, що потребують реконструкції. Також основними підрозділами центру можуть бути:

великі складські приміщення, обладнані устаткуванням для розвантаження і комплектування вантажів, в яких застосовуються сучасні методи їх переробки;

відкриті контейнерні майданчики для зберігання контейнерів міжнародних стандартів;

залізнична станція, що забезпечує подання вагонів до розвантажувальних майданчиків складів і контейнерних майданчиків;

майданчик для очікування розвантаження і навантаження автомашин зі складів або контейнерних майданчиків;

парк авто- і електронавантажувачів, що забезпечують перевезення контейнерів міжнародного стандарту;

виробничі приміщення, призначені для здавання в оренду різним фірмам;

будівля готелю з рестораном, кафе та іншими закладами для відпочинку (здається в оренду);

адміністративна будівля з допоміжними приміщеннями, призначена для здавання в оренду під офіси різних фірм;

допоміжні служби: зв'язку, безпеки, протипожежна служба;

майданчики для зупинок громадського транспорту, що забезпечує сполучення логістичного центру з аеропортом, вокзалом і найближчими населеними пунктами;

виробничі фірми, що виконують ремонт транспортних засобів та іншої техніки, що належить як логістичному центру, так і його клієнтам;

рекламні фірми, що приймають замовлення на виготовлення рекламних матеріалів;

юридичні фірми, що ведуть справи клієнтів логістичного центру;

консалтингові фірми, що надають консультаційні послуги з питань, що виходять за рамки компетенції працівників логістичного центру;

фірми, що надають автомобілі в оренду приватним особам;

гуртові та роздрібні крамниці; розташування їх поблизу складів логістичного центру

дозволяє зекономити на транспортних витратах і знизити видатки обороту;

митниця; розташування її поблизу логістичного центру є економічно доцільним завдяки великому обсягу імпорتنих та експортних вантажів.

**Першочергові заходи розвитку транспортної схеми.** На підходах до м. Чугуєва, в тому числі на автодорогах державного значення пропонується виконати такі заходи (рис. 1):

реконструкція ділянок автодороги М03 «Київ – Харків – Довжанський» на підходах до м. Чугуєва за параметрами І технічної категорії;

будівництво південного автодорожнього обходу м. Чугуєва, що одночасно стане під'їзним шляхом до аеродрому, вантажної залізничної станції і майбутнього регіонального транспортно-складського логістичного центру;

будівництво шляхопроводу з підходами на примиканні вул. Харківської до об'їзної автодороги;

будівництво шляхопроводу з підходами на перетині об'їзної автодороги з автодорогою на с.м.т. Есхар;

будівництво двох естакад об'їзної автодороги над залізничними коліями;

будівництво мосту об'їзної автодороги над р. Сіверський Донець;

будівництво шляхопроводу з підходами на перетині об'їзної автодороги з автодорогою на м. Куп'янськ;

будівництво шляхопроводу з підходами на примиканні вул. Ростовської до об'їзної автодороги;

реконструкція наявного військового аеродрому з урахуванням майбутнього використання його для прийняття цивільних вантажних літаків;

реконструкція з розширенням вантажної залізничної станції;

будівництво в південно-західній частині міста регіонального транспортно-складського логістичного центру (мультиmodalного вантажного терміналу) з базою гуртової торгівлі плодоовочевою продукцією та іншими продовольчими товарами.

Заходи, що рекомендується провести на вулично-дорожній мережі міста:

тротуарів вулично-дорожньої мережі;

приведення стану вулиць і доріг, що поєднують центральну частину міста з районами Осинівка, Зачуговка і Преображенка, у відповідність до вимог чинних норм і стандартів;

створення біля місць масового відвідування мережі міні-парковок для легкових автомобілів і велосипедів;

спорудження стоянок легкового транспорту; будівництво велодоріжок та велотрас; створення умов для користування електромобілями (зарядні станції).

Розвиток автобусного транспорту:

планування раціональної маршрутної системи, структури парку рухомого складу за пасажиромісткістю, а також параметрів руху з урахуванням попиту населення, збільшення експлуатаційної швидкості руху;

охоплення автобусним сполученням районів Осинівка і Преображенка, забезпечення якісного та надійного транспортного обслуговування мешканців і гостей міста;

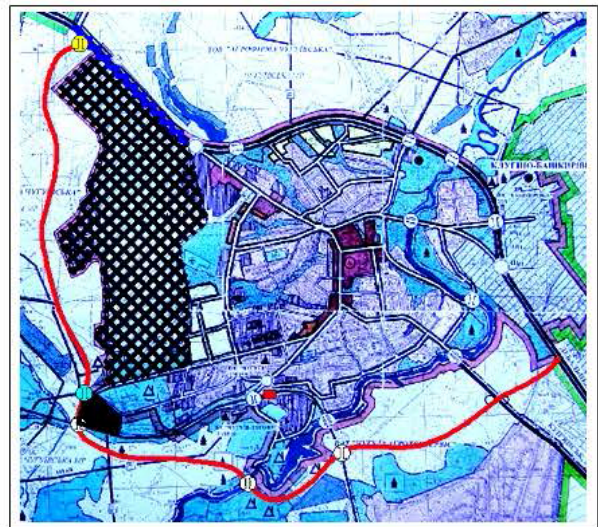
впорядкування автобусних зупинок (зручність і безпека розташування, підходи, захищеність від погодних умов, уніфіковане дизайнерське вирішення пасажирських павільйонів і подання вичерпної інформації про рух тощо);

доступність автобусного транспорту для людей з особливими потребами;

впровадження системи автоматичного обліку обсягу і якості наданих транспортних послуг, у т.ч. поїздок пасажирів пільгового контингенту і оплати проїзду на основі технології безконтактних старт-карт;

організація пільгового користування автобусним транспортом з урахуванням досвіду країн ЄС;

реалізація проектів субсидування лізингових і кредитних схем розвитку автобусного транспорту;



— реконструкція ділянок міжнародної автодороги М-03 "Київ – Харків – Довжанський" за параметрами I технічної категорії; — будівництво південного автодорожнього обходу м. Чугуєва, що одночасно стане під'їздом до аеродрому, вантажної залізничної станції та майбутнього регіонального транспортно-складського логістичного центру; — будівництво шляхопроводу з підходами на примиканні вул. Харківської до об'їзної автодороги; — будівництво шляхопроводу з підходами на перетині об'їзної автодороги з автодорогою на с.м.г. Есхар; — будівництво двох естакад об'їзної автодороги над залізничними коліями; — будівництво мосту об'їзної автодороги над р. Сіверський Донець; — будівництво шляхопроводу з підходами на перетині об'їзної автодороги з автодорогою на м. Куп'янськ; — реконструкція наявного військового аеродрому з урахуванням майбутнього його використання для прийняття цивільних вантажних літаків; — реконструкція з розширенням вантажної залізничної станції; — будівництво регіонального транспортно-складського логістичного центру в південно-західній частині міста.

Рис. 1. Заходи розвитку транспортної схеми м. Чугуєва

підтримка інвестицій значним обсягом фінансування із суспільних фондів, як мінімум, на етапі реструктуризації;

упровадження сучасних телекомунікаційних і навігаційних супутникових технологій;

формування дружнього до пасажирів інформаційного середовища автобусного транспорту.

Організація роз'яснювальної роботи з мешканцями щодо нових форм транспортного обслуговування і правил користування нововведеннями, залучення громадян і громадських організацій до прийняття і запровадження відповідних рішень:

проведення широкого обговорення в ЗМІ та проведення громадських слухань перед ухваленням найбільш важливих рішень щодо організації пасажирських перевезень і дорожнього будівництва.

проведення соціологічних опитувань населення з питань транспортного обслуговування.

**Висновки.** Механізмом реалізації Концепції розвитку транспортної схеми м. Чугуєва в системі інтерагломерації та інструментами досягнення стратегічної мети мають виступати комплексні цільові програми, що дозволять досягти запланованої цінності Концепції за найбільш ефективного використання ресурсів, які необхідно розробити:

проект розвитку системи управління містом «Муніципальна програма врядування та забезпечення стратегії розвитку Чугуєва»;

«Концепція перспективного розвитку транспортної системи м. Чугуєва»;

«Програми розвитку та реконструкції вулично-дорожньої мережі та транспортних споруд м. Чугуєва на період до 2030 р.»;

інші програмні документи довгострокової дії.

Для подальшого розвитку необхідно перетворити м. Чугуїв на полюс активізації господарської діяльності та процесів урбанізації завдяки використанню потенціалу, модернізації та розвитку інфраструктури зовнішнього транспорту, а також підвищити якість території, що має бути досягнуто в результаті розроблення і виконання Концепції як основи науково обґрунтованих рекомендацій і завдань з удосконалення транспортної інфраструктури та автобусних пасажироперевезень.

**Список літератури:** 1. Вильнер М. Я. О стратегии развития территории России [Текст] / М. Я. Вильнер // Проблемы развития агломераций России. – 2009. – С. 52 – 64. 2. Стратегии развития крупных городов. Сборник практик. [Текст]. – М., 2011. – 36 с. 3. Постанова Верховної Ради України «Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів» № 1359-XIV від 24.12.1999 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=1359-14>. 4. Local Transport Plan for Kent 2006-11. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.kent.gov.uk/static/local-transport-plan/section\\_48.html](http://www.kent.gov.uk/static/local-transport-plan/section_48.html). 5. Greater Manchester intergrated transport authority. 2011. – 36 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.tfgm.com/Corporate/Documents/Miscellaneous/1985\\_Act\\_concessionary\\_scheme\\_3\\_april\\_2011.pdf](http://www.tfgm.com/Corporate/Documents/Miscellaneous/1985_Act_concessionary_scheme_3_april_2011.pdf). 6. Integrated Transport in Donegal. 2011. – 27 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://westmeathruraltransport.ie/wp-content/uploads/2011/12/SITT-Case-Study.pdf>. 7. Burgas Integrated Urban Transport Project. 2006. – 16 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.burgas.bg/uploads/b483febe02d7f8e9fd93ebbc8a203064.pdf>. 8. Стратегія розвитку Києва до 2025 року. Рішення, Київської міської ради від 15.12.2011 року N 824/7060 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://kievcity.gov.ua/content/13\\_strateghija-rozvytku-2025.html](http://kievcity.gov.ua/content/13_strateghija-rozvytku-2025.html). 9. Стратегія сталого розвитку Харківської області до 2020 року. Рішення Харківської обласної ради від 23 грудня 2010 року № 27-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [kharkivoda.gov.ua/documents/2922/104.pdf](http://kharkivoda.gov.ua/documents/2922/104.pdf). 10. Стратегічний план розвитку міста Чугуєва на 2008–2012 роки. Рішення XL сесії міської ради V скликання від 29 лютого 2008 року № 1201-V [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://chuguev-rada.gov.ua/index.php?option>. 11. Природоохоронна програма щодо покращення екологічного стану м. Чугуєва на 2013–2014 роки. Рішення V сесії Чугуївської міської ради VI скликання



УДК 656.135

**Концепція розвитку транспортної схеми м. Чугуєва/ Линник І. Е., Сосіпатров А. М., Никитенко Ю. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.97-103. – Бібліогр.: 11назв. ISSN 2079-5459

Освещаются основные проблемы, существующие в транспортной сфере г. Чугуева, указаны глобальные стратегические цели развития транспортной схемы и намечены первоочередные мероприятия ее развития.

**Ключевые слова:** концепция, транспортная схема, международный транспортный коридор, региональный логистический центр.

**Conception of transport patterns Chuguyev/ I. E. Lynnyk, A. M. Sosipatrov, J. V. Nykytenko** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.- № 7 (1050).- P.97-103. Bibliogr.: 11. ISSN 2079-5459

Highlights the main challenges in the transport sector, the Chugueva, are global strategic development of the transport scheme and identified priority measures its development.

**Keywords:** concept, transport scheme, international transport corridor, regional logistics center.

УДК: 004.056.5

**В. В. ПОЛІНОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, дирек., Інститут комп'ютерних технологій, Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна», Київ;  
**М. І. ОГУРЦОВ**, н.с., Інститут Кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, Київ

## МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ УАК ПРИ ПОБУДОВІ РЕАКТИВНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ

В роботі проведений аналіз загроз методами експертних оцінок STRIDE та DREAD, розроблено зонно-периметральну модель безпеки, метод безпроводної адаптивної мережі безпеки, запропонований метод розділення автентифікаційних даних та розроблений метод неперервного реактивного контролю користувачів на основі УАК з вбудованим NFC-пристроєм, що базується на технології комунікації ближнього поля, застосовні для надійної багатофакторної автентифікації користувачів.

**Ключові слова:** аналіз загроз, модель безпеки, методи безпеки, захист інформації, реактивна система, зонно-периметральна модель, багатофакторна автентифікація.

**Вступ.** З кожним роком зростає кількість загроз для інформації з обмеженим доступом у сучасному суспільстві [1, 2]. Пропорційно зростає і кількість засобів захисту від цих загроз. Їх кількість настільки велика, що призводить до необхідності регулярного внесення змін у систему захисту інформації (СЗІ), включаючи зміни конфігурації та структури СЗІ для адаптації та адекватного реагування сучасним загрозам [3]. Можливе також застосування проактивного підходу, протилежності реактивного, коли відбувається попередження реалізації можливих загроз а не реагування на їх реалізацію [3, 4], але зі зростанням кількості загроз такий підхід втрачає актуальність.

**Мета даної роботи.** Розробка нових методів та алгоритмів, застосовних для побудови реактивних систем захисту інформації, призначених як для великих корпорацій та державних структур, так і для високотехнологічного домашнього оточення, так званого «розумного дому» [5].

**Методика експериментів.** Приступаючи до аналізу архітектури побудови реактивних систем захисту інформації та контролю доступу, слід перш за все формалізувати об'єкт захисту. При цьому слід розуміти, що реактивна система захисту інформації



повинна відстежувати місцезнаходження кожного суб'єкта в сфері її дії і відстежувати його як санкціоновані так і несанкціоновані дії, видаючи відповідну реакцію на кожен варіант цих дій. На основі розробленої моделі загроз можна створювати архітектуру та конкретні рішення, що дозволять захиститись від потенційних небезпек.

**Огляд результатів.** Проведемо розробку моделі загроз для розробки архітектури реактивних систем захисту інформації для формального об'єкту, що потребує захисту, враховуючи при цьому всю сукупність загроз, цінність інформації та її носіїв, вразливості в системі захисту інформації, аудит засобів безпеки [3]. Щоб унеможливити успішні атаки на ІЗОД об'єкту, слід організувати комплексну реактивну систему [2] технічного захисту інформації на базі архітектури реактивних систем захисту інформації. Загальна схема проведення робіт по ЗІ. Проведення робіт по ЗІ повинно бути наступним [5]:

1. Необхідно визначити на об'єкті інформацію, яку необхідно захищати, визначити вартість витоку чи втрати цієї інформації [6].

2. Далі будується модель об'єкту (включаючи інформаційні потоки) [7-8].

3. Розробляється модель загроз та модель порушника.

4. Виконується аналіз та вибір конкретних заходів ЗІ об'єкту.

2. Аналіз ризиків та модель загроз

Для того, щоб перейти до проектування архітектури реактивних СЗІ і визначити вимоги до її створення, слід визначити множину загроз – побудувати модель загроз. Потрібно визначити цінності інформації, щоб можна було порівняти витрати на ЗІ і розмір збитків у разі успішних атак [6]. В різних джерелах [3,6] мають різні підходи до визначення найбільш небезпечних порушень. Небезпечність та шкідливість тих чи інших порушень може визначатись на основі експертних оцінок [8]. Далі на основі даних, наведених в [3,6, 9-11] проводимо аналіз можливої множини загроз, яким необхідно протистояти, та виділяємо найбільш ймовірні та найбільш небезпечні з них (табл. 1).

Таблиця 1 – Множини ймовірних загроз

Категорії загроз	Ймовірність реалізації	Ступінь втрат
1. Непрямі Z1 – Програмні, вірусні методи, троянські коні	Висока	Дуже висока
Z2 – Перехоплення електромагнітних випромінювань	Низька	Середня
Z3 – Акустичний контроль приміщень (засобами телефонного та централізованого зв'язку)	Висока	Середня
Z4 – Прослуховування приміщень за допомогою лазерного чи інфрачервоного зондування віконного скла, напрямлених мікрофонів	Нижче середньої	Середня
Z5 – Перехоплення виводу на екран	Низька	Низька
Z6 – Перехоплення відходів діяльності	Середня	Низька
2. Прямі Z7 – Зловмисна передача інформації	Висока	Дуже висока
Z8 – Крадіжка, пошкодження, знищення, підробка, блокування, копіювання інформації в результаті НСД до її носіїв чи засобів обробки, передачі й зберігання	Висока	Дуже висока
Z9 – Зміна параметрів підсистеми захисту або інформаційних засобів задля порушення конфіденційності/цілісності/доступності	Середня	Дуже висока
Z10 – Встановлення пристроїв несанкціонованого знімання інформації	Середня	Середня
Z11 – Ненавмисне розголошення інформації або пошкодження носіїв інформації	Дуже висока	Середня
Z12 – Стихійні лиха	Дуже висока	Висока

На основі наведених статистичних даних побудуємо таблицю множини загроз з виділенням ймовірності їх реалізації (у вигляді атаки) та приблизного обсягу фінансових втрат при виконанні такої атаки. Ризик загрози трактується як добуток ймовірності здійснення загрози на величину потенційних втрат. Виявлення загроз та присвоєння ним рейтингу здійснюється на основі методик експертних оцінок DREAD та STRIDE.

STRIDE-методика якісної оцінки вразливості. STRIDE дозволяє типізувати загрози за цілями і задачами. За STRIDE методикою експерт оцінює можливість шести основних атак, відображених на отриманих з дерева загроз вразливостях, або точках застосування атаки (було обрано 4 статистично ймовірні – I – несанкціонований фізичний доступ до носіїв ІзОД, II – помилкові дії легітимних суб'єктів при роботі ІзОД, III – віддалений мережевий доступ до ІзОД, IV – перехоплення виводу на екран) за допомогою діаграм інформаційних потоків, процесів, сутностей та файлів за двозначною логікою. Отриманий перелік атак [3] з експертизою можливості їх проведення дозволяє перейти до розробки стратегії їх протидії. Отримані результати зводяться в таблицю STRIDE (табл. 2).

DREAD-методика оцінки ваги ризиків. Загальна проблема з рейтинговими системами оцінки загроз полягає в тому, що команді експертів важко дійти згоди в призначенні пріоритету загрозам. Тому було запропоновано методику обчислення значущості ризиків. DREAD-методика дозволяє отримати кількісну оцінку значимості загрози на основі опитування експертів, які ставлять бали рівню загроз таким характеристикам атаки: D – Damage potential, втрати при успішній атаці; R – Reproductively, складність атаки; E – Exploitability, рівень супротивника і ресурси для виконання атаки; A – Affected users, кількість користувачів, яким буде нанесено збитки; D – Discoverability, простота виявлення атаки. Отримані результати зводяться у таблицю DREAD і усереднюються (табл. 3).

Таблиця 2 – Результати якісної оцінки загроз за методикою STRIDE

Вразливість	S	T	R	I	D	E
I	x	x	x	x	x	
II		x	x		x	
III	x	x		x	x	x
IV			x	x		x

На основі аналізу розробленої моделі загроз можна зробити висновок, що першочерговим завданням є захист процесу автентифікації користувача та реактивні дії по виявленню програмних атак та крадіжок носіїв інформації.

Таблиця 3 – Результати оцінки ваги загроз за методикою DREAD

Загроза	D	R	E	A	D	$\Sigma/5$
Z1	5	2	3	4	3	4
Z2	1	2	1	1	5	2
Z3	4	1	1	4	1	2
Z4	2	2	2	2	4	2
Z5	2	4	5	1	2	3
Z6	1	4	5	2	5	3
Z7	5	3	5	4	3	4
Z8	5	2	4	3	2	3
Z9	2	1	1	5	2	2
Z10	2	3	3	2	4	3
Z11	2	4	5	2	1	3
Z12	5	4	5	5	1	4

Таким чином, найбільш небезпечними серед категорій загроз за експертними оцінками можна назвати стихійні лиха, необережні дії легітимних користувачів, програмні засоби несанкціонованого доступу (НСД) до інформації, та зловмисна передача інформації легітимними користувачами стороннім особам. Для цього частіше за усе ці користувачі намагаються отримати доступ до інформації, права доступу до якої за своїми повноваженнями вони не мають. Тобто виконаний аналіз можливої множини загроз показав збільшення ролі захисту інформації від несанкціонованого доступу і автентифікації користувачів при виконанні всіх операцій з ІзОД.

**Концепція периметральної безпеки.** Практично будь-який об'єкт піддається розбиттю на окремі сектори з різним рівнем захисту [2], розділених периметрами безпеки, відрізняються в залежності від об'єкту буде лише кількість цих секторів, або зон безпеки. Тому пропонується застосування концепції периметральної безпеки – використовуючи розбиття об'єкту на зони з різним рівнем доступу до них, можна сконцентрувати засоби захисту на кордонах цих зон, на периметрах доступу. Метою застосування концепції є те, щоб жоден користувач не мав змоги отримати доступ до зони, права доступу до якої він не має.

На основі аналізу експертних та статистичних даних були розраховані приблизні ймовірності виконання конкретної атаки в кожній зоні та ймовірність її своєчасного виявлення службою безпеки. Для розрахунку ймовірності атаки була використана наступна формула:

$$I_z = \frac{\sum_{i=1}^m S_{zi} \times \delta_S + \sum_{i=1}^n E_{zi} \times \delta_E}{2} \quad (1)$$

де  $S_{zi}$  – статистичні дані по ймовірності реалізації загрози  $Z$  з джерела  $i$ ;

$E_{zi}$  – експертні оцінки ймовірності реалізації загрози  $Z$  з джерела  $i$ ;

$\delta$  – коефіцієнти довіри експертним оцінкам та статистичним даним (сума  $\delta_S$  та  $\delta_E$  дорівнює одиниці);

$m$  – кількість джерел статистичних даних;

$n$  – кількість експертних оцінок.

Аналогічна формула використовувалась і для розрахунку ймовірності своєчасного виявлення атаки:

$$I_{vz} = \frac{\sum_{i=1}^m S_{zi} \times \delta_S + \sum_{i=1}^n E_{zi} \times \delta_E}{2} \quad (2)$$

В результаті проведених розрахунків було доведено емпірично отримані висновки – найбільш небезпечними порушниками є внутрішні, особливо системні адміністратори та співробітники служби безпеки. Таким чином, побудова ефективної реактивної архітектури з мінімізацією привілеїв зовнішніх користувачів дозволить захиститись від найбільш небезпечної множини загроз.

На основі формул (1-2) визначимо усереднений рівень небезпеки кожної зони (у вигляді середньої ймовірності реалізації атаки саме в цій зоні) для визначення того, на яку з зон треба звертати особливої уваги при побудові СЗІ. Для цього використаємо наступну формулу:

$$H_{zone} = \frac{\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^q (P_{ik}/q)}{l} \quad (3)$$

де  $l$  – кількість загроз в даній зоні;

$q$  – кількість ймовірних категорій порушників для кожної з загроз даної зони;

$P_{ik}$  – ймовірність реалізації атаки в даній зоні по даній загрозі для даної категорії порушників.

Згідно формули (3), найбільшу небезпеку мають атаки в зоні 5 та в зоні 4.

Архітектура побудови реактивних систем захисту інформації. При побудові системи захисту не треба покладатися лише на одну лінію захисту, якою б надійною вона не була. За засобами фізичного захисту (зони 1-2) повинні йти програмно-технічні засоби, за ідентифікацією та автентифікацією – керування доступом (зони 3-5), і як останній механізм, – протоколювання та аудит (зона 5) [3].

Розглянемо запропоновану авторами архітектуру реактивних систем захисту інформації (див. рис. 1). Її ключовою частиною є зонно-периметральна модель безпеки, згідно якої кількість периметрів безпеки залежить від кількості зон організації.

Якщо користувач системи або зовнішній зловмисник намагається перетнути периметр безпеки, не маючи на це повноважень, спрацьовують інтелектуальні реактивні засоби захисту,

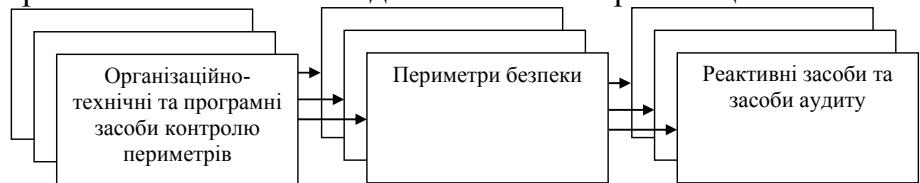


Рис. 1 – Архітектура реактивних систем захисту інформації

що видають реакцію на цю несанкціоновану спробу – блокування доступу, відстеження зловмисника, повідомлення служби безпеки, ввімкнення додаткових засобів захисту, здатних більш адекватно реагувати на зловмисні дії цього типу та ін.

**Побудова безпроводної адаптивної мережі безпеки та бази технології NFC.** Архітектуру реактивних систем захисту інформації пропонується реалізовувати на базі методу безпроводної адаптивної мережі безпеки на основі технології комунікації ближнього поля – Near Field Communication (NFC) [12]. Її застосування забезпечить просте розгортання системи безпеки будь-якої складності в практично будь-яких умовах.

Технологія NFC передбачає три основних ролі:

- 1) безконтактні віртуальні платіжні картки;
- 2) зчитувач RFID міток;
- 3) P2P обмін даними між двома NFC пристроями.

Отож, засіб захисту встановлюється у необхідному місці системи, використовуючи NFC він зв'язується з сусідніми засобами захисту, повідомляє про свою присутність, реєструючи себе у системі захисту. Засіб захисту також повідомляє про свій тип та починає обмінюватись необхідною інформацією з сусідніми засобами. У випадку порушення безпеки засіб захисту повідомляє про це, використовуючи NFC, що дозволяє вважати цю систему такою, що відповідає парадигмі архітектури, орієнтованої на події (Event-driven architecture — EDA) [13].

Використання методу безпроводної адаптивної мережі безпеки дозволить просто змінювати конфігурацію системи захисту та розміщення її елементів, спростить масштабування системи. Загалом у реактивній системі захисту інформації пропонується застосувати пристрої трьох типів:

*Пристрої основної ланки.* Обмінюються інформацією про себе та своє функціонування з сусідніми пристроями, регулярно повідомляючи про себе.

*Роутери.* Відстежують конфігурацію ближнього оточення та її зміни, здатні брати на себе роль основного серверу безпеки у випадку його виходу з ладу.

*Ретранслятори.* Обладнані більш потужними приймачами та передавачами для об'єднання територіально віддалених сегментів системи захисту.

На основі P2P ролі технології NFC або інших методів безпечної передачі інформації з обмеженим доступом пропонується створити канал передачі секретних автентифікаційних даних для роботи алгоритмів захисту інформації від несанкціонованого доступу.

При цьому, як засіб персоналізації обрано вітчизняні (розроблені та впроваджуються авторським науковим колективом) пристрої, а саме український ключ-автентифікатор УАК [14].

Інтеграція УАК та NFC. УАК – це ключ-автентифікатор (рис. 2) – засіб для набору та введення кодової інформації, що забезпечує ідентифікацію/автентифікацію користувачів. Основною особливістю конструкції ключа-автентифікатора є можливість набору на ньому коду за допомогою обертання навколо осі та фіксації в певних положеннях секретних елементів, з яких він складається. Ключ складається з об'ємних секретних елементів, які можуть мати будь-яку форму та містять кодові отвори, що перекривають гвинти, фіксатори та кодові символи.

Основні характеристики УАК детально розписані [14]. Розглянемо, як можна підвищити рівень захисту периметральної системи контролю доступу на основі УАК з використанням NFC. Авторами пропонується метод неперервного реактивного контролю користувачів, для якого

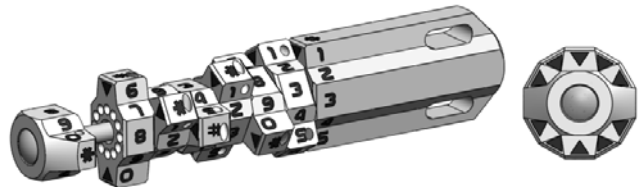


Рис. 2 – Обертання секретних елементів УАК навколо осі

слід вбудовувати NFC пристрій всередину УАК (RC-контури вбудовуються всередину сегментів УАК). Відповідно до функціонування алгоритму реалізації методу неперервного реактивного контролю користувачів, NFC-пристрої, вбудовані в елементи системи захисту, будуть постійно відстежувати наявність та місцезнаходження кожного з користувачів, визначаючи при цьому його рівень повноважень (рис. 3).

В результаті якщо хтось спробує, наприклад, відкрити двері до приміщення, при цьому не маючи біля дверей відповідного NFC-пристрою, вони не відчиняться. І навпаки, для некритичних перевірок безпеки факту наявності NFC-пристрою буде достатньо, і користувачеві не доведеться вводити паролі або відкривати замки – тобто запропонований метод також призведе до спрощення функціонування системи безпеки для користувачів. При переході ж в іншу зону безпеки наявності автентифікатора з відповідним NFC-пристроєм буде недостатньо – його могли поцупити, тому користувач буде додатково вводити до зчитувача вірну комбінацію, набрану на УАК. При реалізації цього методу користувачі будуть вводити комбінацію УАК лише приходячи на роботу, а далі їм досить буде мати його при собі, щоб отримувати доступ в рамках своїх повноважень. При цьому система безпеки в режимі реального часу відстежує присутність, місцезнаходження та дії кожного користувача, перевіряючи за необхідності його права доступу в автоматичному режимі.

Можливо також не вбудовувати NFC-пристрій в УАК, а використовувати запропонований метод розділення автентифікаційних даних, зберігаючи частину даних автентифікації, наприклад, у NFC стільникового телефону – так зване «розділення секрету».

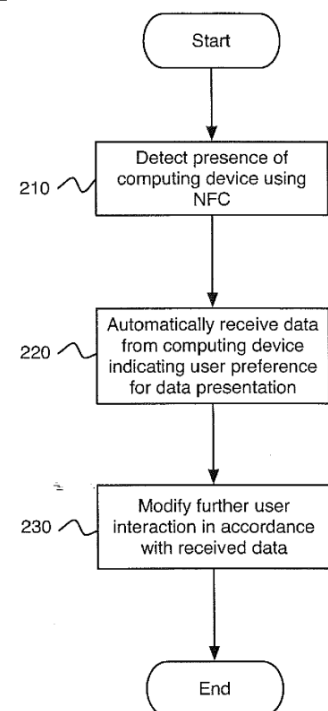


Рис. 3 – Алгоритм реалізації методу неперервного реактивного контролю користувачів

В якості прикладу такої апаратно-програмної персоналізації пропонується наступна схема (див. рис. 4), автентифікації на базі мобільного телефону.

Перевага цієї схеми в тому, що не потрібно розробляти нову версію зчитувача УАК, необхідно буде лише замінити програмні налаштування NFC-протоколу для передачі секретного коду і використовувати звичайні NFC-зчитувачі. Застосування подібних схем можливе й для інших автентифікаторів, наприклад, USB-автентифікації.

Використання вбудованих в УАК RC-контурів надає наступні переваги:

збільшення комбінаторики з базового значення 2256;

забезпечення багатфакторної автентифікації;

Водночас це поєднання має ряд недоліків:

значне зростання вартості УАК;

зростання вартості зчитувача УАК;

можливість обмеженого використання вкраденого УАК всередині тієї ж зони безпеки для проходження некритичних перевірок автентифікації;

складність заміни УАК при його втраті або ротації;

поява електромагнітного каналу витоку даних.

Таким чином, застосування УАК з вбудованим NFC-пристроєм в загальному випадку не рекомендується, воно допустиме лише для систем, що вимагають максимально високого рівня надійності завдяки забезпеченню додаткового рівня захисту.

**Висновки.** В даній роботі була побудована модель загроз та виконано експертну оцінку втрат методами STRIDE та DREAD. Були виділені найбільш небезпечні загрози та категорії порушників, до яких відносяться в першу чергу ненавмисні та зловмисні дії співробітників та адміністраторів безпеки.

Розроблено концепцію периметральної безпеки, запропонована зонно-периметральна модель безпеки, що передбачає розбиття об'єкту захисту на зоні з різним рівнем доступу до них та концентрацію на контролі доступу на кордонах цих зон. Було розроблено архітектуру периметральних реактивних СЗІ, яку пропонується виконувати на основі розробленого методу бездротової адаптивної мережі безпеки, що базується на технології NFC, що дозволить легке та гнучке розгортання, масштабування та оновлення системи захисту.

Для надійного контролю користувачів пропонується застосувати розроблений метод неперервного реактивного контролю користувачів, згідно якого місцезнаходження та дії користувачів будуть постійно відстежуватись СЗІ в автоматичному режимі. В якості засобу автентифікації пропонується застосовувати УАК з вбудованим NFC-пристроєм, що дозволить реалізувати цей метод та забезпечить багатфакторну автентифікацію. Також можна застосувати запропонований метод розділення автентифікаційних даних, згідно якого частина даних автентифікації буде зберігатись на іншому пристрої, наприклад, мобільному телефоні з NFC-пристроєм.

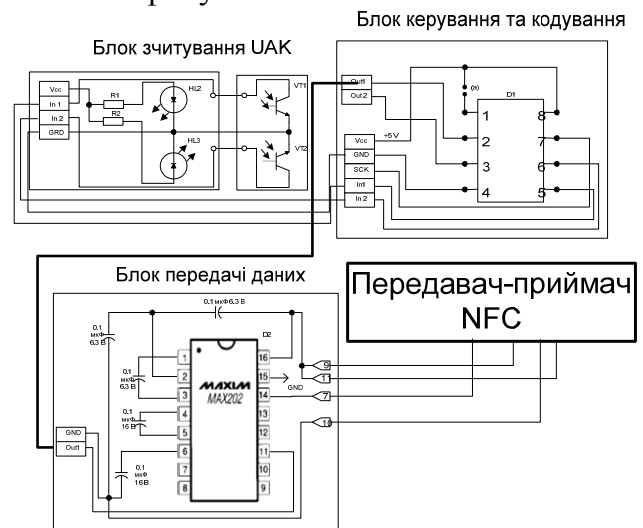


Рис. 4 – Приклад схеми автентифікації з використанням стільникового телефону

інформаційних систем з використанням ВІК-ВАК технологій [Текст] / В. Ф. Бардаченко, В. В. Поліновський, О. В. Костенко // Вісті Академії інженерних наук України. – 2007. – № 1 (31). – с. 3-9. **3.** Поліновський В. В. Методи та рекомендації побудови комплексних систем захисту інформації [Текст] / В. В. Поліновський, М. І. Огурцов // Вісті Академії інженерних наук України. – 2008. – № 3 (37). – с.12-18. **4.** Н. И. Алишов, Самоподобная архитектура подсистемы информационной безопасности [Текст] / Н. И. Алишов, М. И. Огурцов//. – К.: УСИМ, 2006, №3. – с. 82-92. **5.** Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и системы коммуникаций в жилищном строительстве [Текст] / В. Харке // М.: Техносфера, 2006 р. – 416 с. **6.** Задірака В. К. Методи захисту фінансової інформації [Текст] / В. К. Задірака, О. С. Олексюк // – Київ. Вища школа, 2000. – 460с. **7.** Корченко А. Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения. [Текст] / Корченко А. Г. //– К: МК-Пресс. – 2006. – 320 с. **8.** Поліновський В. В. Використання вітчизняних засобів персоналізації мобільних комп'ютерних та телекомунікаційних пристроїв для сучасних хмарних сервісів [Текст] / В. В. Поліновський, В. Ю. Корольов // Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика: Вісник університету «Україна». — № 2.К.: Університет «Україна», 2011. — С. 135– 140. **9.** Поліновський В. В. Аналіз змін архітектури аутентифікації в ОС Microsoft Vista та розробка засобів підвищення рівня безпеки при аутентифікації користувачів [Текст] / В. В. Поліновський, В. А. Герасименко // Інформатика, обчислювальна техніка та кібернетика: Вісник університету «Україна». — № 8.К.: Університет «Україна», 2010. — С. 167 – 173. **10.** Корченко А. Г. Логико-лингвистический подход в задачах оценки уровня безопасности информации в компьютерных системах [Текст] / А. Г. Корченко, В. П. Щербина, Л. Г. Черныш// Збірник наукових праць ІІ-МЕ НАН України. Випуск 10.- Львів: НВМ ІІТ УАД.- 2000.- С. 41 - 46. **11.** Корольов В. Ю. Концепція побудови персоналізованих флеш-накопичувачів даних з апаратним-захистом інформації [Текст] / В. Ю. Корольов, В. В. Поліновський // Математичні машини та системи. –2009. – № 4. – С.96 -105. **12.** Tiruvilwamalai Venkatraman Raman Personalized access using near field communication. [Патент] / Tiruvilwamalai Venkatraman Raman// Google Inc. US20120311019 / EP 2530664 A1 <http://www.google.com/patents/EP2530664A1>. **13.** K. Mani Chandy Event-Driven Applications: Costs, Benefits and Design Approaches [Текст] / K. Mani Chandy // California Institute of Technology, 2006. **14.** Поліновський В. В. Спосіб автентифікації і введення кодової інформації та автентифікатор зі зчитувачем кодової інформації для його здійснення [Патент на винахід] / В. В. Поліновський, О. М. Ходзінський, Т. М. Нупорка, О. В. Усатенко // Патент на винахід UA 89745 Україна, МПК (2009) E 05B 19/00 Заявл. 06.08.2009; Опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4.

*Поступила в редколлегию 30.01.2014*

#### **УДК: 004.056.5**

**Методи та алгоритми застосування УАК при побудові реактивних систем захисту інформації/ Поліновський В. В., Огурцов М. І.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.103-110 . – Бібліогр.:14 назв. ISSN 2079-5459

В работе проведен анализ угроз методами экспертных оценок STRIDE и DREAD, разработана зонно-периметральная модель безопасности, метод беспроводной адаптивной сети безопасности, предложен метод разделения аутентификационных данных и разработан метод непрерывного реактивного контроля пользователей на основе УАК со встроенным NFC-устройством, базирующимся на технологии коммуникации ближнего поля, применимые для надежной многофакторной аутентификации пользователей.

**Ключевые слова:** анализ угроз, модель безопасности, методы безопасности, защита информации, реактивная система, зонно-периметральная модель, многофакторная аутентификация.

**Methods for use UAKey in the construction of the reactive systems for information Security/ Polinovskyi V. V., Ogurtsov M. I.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.103-110. Bibliogr.: 14. ISSN 2079-5459

Paper analyzes possible threats on the basis of expert assessments methods – STRIDE and DREAD. Created concept of perimeter security based on proposed zone-perimeter security model. Developed a method for efficient wireless adaptive network security, a method for the separation of authentication data and a method of continuous control of reactive users based on UAK with integrated NFC-device based on the technology of near field communication, applicable for robust multi-factor authentication of users.

**Keywords:** analyzes possible threats, security model, method of security, information security, reactive systems, zone-perimeter security model, multi-factor authentication.



**Ю. В. ДОРОНИНА**, канд. техн. наук, доц., СевНТУ», Севастополь;  
**В. О. РЯБОВАЯ**, ассистент, СевНТУ», Севастополь

## ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗНАЧИМОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

В статье рассматривается метод оценки структурно-функциональной значимости элементов информационной системы экологического мониторинга с учетом требований, возникших в процессе её функционирования. Библиогр.: 4 назв.

**Ключевые слова:** мониторинговая система, требование к системе, оценка значимости, функциональность.

**Введение.** Использование принципов системного подхода в системах экологического мониторинга (СЭМ) — это творческий процесс. При построении функционально-эффективных вариантов СЭМ возникает задача оптимизации их структурного синтеза и исследование требует рассмотрения совокупности аспектов с учетом их взаимосвязи и использования общеизвестных системных положений.

**Целью работы.** Целью работы является исследование и выделение наиболее существенных компонент или элементов информационной системы экологического мониторинга на основе оценок структурно-функциональной значимости элементов СЭМ, при наличии требований, возникших в процессе её функционирования, с целью повышения эффективности её работоспособности.

**Методика экспериментов.** Анализ значимости элементов системы является традиционной составляющей при оценке её эффективности [1]. Суть анализа значимости состоит в определении степени влияния каждого из элементов системы на её функциональность. В рамках этого анализа вычисляется вероятность функционирования системы в зависимости от функций её элементов.

Функционирование СЭМ — это процесс, в котором она способна реализовать заданную функцию с установленными требованиями, в течение определенного периода времени. Предполагается, что описывающая объект структурная функция  $F^S = \phi(x)$  является монотонной. Это объясняется тем, что при ухудшении функциональности элемента системы, значение функционирования самой системы не может возрасть.

Таким образом, ставится задача определения наиболее значимых элементов СЭМ, в пределах её подсистем, с учетом изменения требований в процессе функционирования.

**Обсуждение результатов.** В общем случае при исследовании целостного объекта необходима его функциональная реструктуризация на основе согласования целей (требований).

Показатели эффективности СЭМ функционально связаны с её структурой, поэтому система  $S$  рассматривается как кортеж

$$S := \langle X, Y, F, G \in D, Z \rangle, \quad (1)$$

где  $X$  — входные данные (элементы СЭМ и их функции);  $Y$  — выходные данные (структуры СЭМ с необходимыми функциями элементов);  $F$  — функциональность системы (множество функций элементов);  $G$  — исходная структура СЭМ;  $\langle D, Z \rangle$  — кортеж свойств элементов СЭМ, в котором  $D$  — значение доминантности функциональных

признаков элементов;  $Z$  — важность элементов СЭМ для  $Y$ .

Целевая функция СЭМ:  $U = F_m(f_1, f_2 \dots f_n) \rightarrow \max$ , где  $m$  — число заданных для СЭМ целей, описываемых функциями  $f^S$  и  $f^\Phi$ ;  $f^S$  и  $f^\Phi$  — множество элементов и их функций соответственно;  $f = f^S \cap f^\Phi$  — функция пересечения структурно-функциональных признаков СЭМ. Описание оптимальной структуры СЭМ в соответствии с множеством необходимых функций следующее: пусть  $G$  — исходная структура СЭМ, а  $G'$  — новая структура СЭМ, при этом:

$$G \left\{ \sum_{i=1}^k f_i \right\} \equiv G' \left\{ \sum_{j=1}^n f_j \right\}, \quad (2)$$

где  $f_i$  — функции исходной структуры СЭМ,  $f_j$  — функции новой структуры СЭМ,  $k$  — количество функций структуры  $G$ ,  $n$  — количество функций структуры  $G'$  при  $k > n$ ,  $k < n$ , и  $k = n$ .

Подобные варианты возможны при наличии разных функциональных элементов в системе (элементов с разной функциональностью, которая и определяет эффективность работоспособности СЭМ)

Для повышения эффективности данных структур каждая из них разбивается на два множества:  $\{F^S\}$  и  $\{F^\Phi\}$ , где  $\{F^S\}$  — множество элементов структуры, а  $\{F^\Phi\}$  — множество функций элементов структуры.

Функция реструктуризации с учетом заданных требований:

$$F_M^R(x) = \sum_{i=1}^m c_i^* f^S(x) f^\Phi(x), \quad (3)$$

где  $c_i^*$ ,  $i = \overline{1, m}$  — коэффициенты (оценки) значимости элементов с учетом требований к СЭМ, возникших в процессе реструктуризации,  $f^S$  и  $f^\Phi$  — множество элементов и их функций соответственно.

Под реструктуризацией понимается целенаправленное изменение структуры информационной СЭМ на основе элементов, формирующих её функциональность, в связи с воздействиями, оказываемыми факторами внешней или внутренней среды. Определение требуемой функциональности  $Fx$  необходимого варианта СЭМ  $X^{F_i}$ , полученного методом реструктуризации, осуществляется с помощью функционального анализа и синтеза на уровне элементов системы [2].

В данном анализе элементы рассматриваются в пределах подсистем СЭМ. Исходная структура СЭМ состоит из  $n$  элементов и  $m$  подсистем, и задана структурной функцией  $\phi(x_1, x_2 \dots x_n)$ .

Для варианта СЭМ, состоящего из  $n=7$  элементов, выделяется две подсистемы  $m$  по  $n_1 = 3$  и  $n_2 = 5$  элемента в каждой. Каждая подсистема рассматривается в случае, когда её элементы имеют два варианта работоспособности (0 — при  $x_i \in G'$ , 1 — при  $x_i \notin G'$ ). Структурная функция задается:

— аналитический, когда уровень функционирования подсистемы равен максимальному уровню функционирования любого из её элементов  $\phi(x) = \max(x_1, x_2 \dots x_n)$ ;

— таблично, когда структурная функция принимает значение «1» при обязательном использовании одного или нескольких элементов.

Рассмотрим подсистему с  $n_1 = 3$ , структурная функция которой  $\phi(x) = \max(x_1, x_2, x_3)$  приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Значение структурной функции СЭМ при  $n_1 = 3$ .

Элементы СЭМ и их состояния								
$x_1$	0	0	0	0	1	1	1	1
$x_2$	0	0	1	1	0	0	1	1
$x_3$	0	1	0	1	0	1	0	1
Структурная функция								
$\phi(x)$	0	0	0	0	0	1	1	1

Каждый  $i$ -й элемент системы характеризуется вероятностью наличия требуемой функциональности:  $p(x_i) = \Pr\{x_i = s\}$ , где  $s = \{0, \dots, m-1\}$  — возможные состояния  $i$ -го элемента. Функция надежности определяется как вероятность нахождения системы в состоянии функционирования в течение заданного периода времени. Для СЭМ эта функция вычисляется как вероятность того, что в заданный временной промежуток структурная функция системы будет иметь единичное значение.

Для анализа значимости отдельных элементов системы предлагается использовать булевы производные (булевы разности) по  $i$ -й переменной:

$$\partial\phi(x)/\partial x_i = \phi(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \oplus \phi(x_1, \dots, \bar{x}_i, \dots, x_n), \quad (4)$$

где  $\phi(x_1, \dots, x_i, \dots, x_n)$  — структурная функция подсистемы СЭМ,  $\phi(x_1, \dots, \bar{x}_i, \dots, x_n)$  — структурная функция, в алгебраическом представлении которой переменная  $x_i$  заменяется на её отрицание  $\bar{x}_i$ ;  $\oplus$  — символ логического сложения по модулю два.

Для монотонной булевой функции, которой является структурная функция подсистемы СЭМ, имеет смысл рассматривать равнонаправленную производную вида:  $\partial\phi(1 \rightarrow 0)/\partial x_i(1 \rightarrow 0) = \partial\phi(x)/\partial x_i$ .

Оценка структурной значимости элемента системы определяется как степень влияния исследуемого элемента с учетом топологических особенностей системы и может интерпретироваться как вероятность понижения эффективности системы при отсутствии в структурном варианте  $i$ -го элемента  $x_i$ . Вычисление этой оценки определяется формулой:

$$C_S(x_i) = \frac{p_i}{2^{n-1} \lambda^i} \quad (5)$$

где  $p_i$  — число состояний системы, для которых отсутствие  $i$ -го элемента системы  $x_i$  приводит к понижению эффективности самой системы,  $\lambda^i$  — показатель требований, которые могут быть обслужены функциями элемента СЭМ.

Значение  $p_i$  определяется как число ненулевых элементов вектора значений направленной булевой производной  $\partial\phi(1 \rightarrow 0)/\partial x_i(1 \rightarrow 0)$  структурной функции, вычисляемой по формуле (4). Оценка структурной значимости, как правило, называется весом элемента [3].

Оценка модифицированной структурной значимости элемента определяется как вероятность неэффективной работы системы при отсутствии  $i$ -го элемента системы  $x_i$

$$C_{MS}(x_i) = \frac{p_i}{p_i^{(1,1)} \lambda^i}, \quad (6)$$

где значение  $p_i$  и  $\lambda^i$  используются из формулы (5), а  $p_i^{(1,1)}$  — число эффективных состояний системы при наличии  $i$ -го элемента системы  $x_i$ :  $\phi(1, x) = 1$ . Эти состояния определяются на основе анализа элементов структурной функции  $\phi(x)$ .

При решении практических задач часто возникает ситуация, когда требуется проанализировать одновременное изменение функциональности нескольких элементов системы [4]. В этом случае оценки значимости нужно рассчитывать не для одного элемента системы, а для группы из нескольких элементов.

Структурная значимость и модифицированная структурная значимость  $k$ - элементов системы позволяет определить вероятность снижения уровня функционирования системы при условии снижения состояния функциональности  $k$ - элементов с точки зрения топологических особенностей и требований к СЭМ:

$$C_S(kx_i) = \frac{P_{ik}}{2^{n-k} \lambda^i}, \quad C_{MS}(kx_i) = \frac{P_{ik}}{P_{ik}^{(1,1)}}, \quad (7)$$

где  $p_{ik}$  — число состояний системы, для которых изменения функциональности  $k$ - элементов обуславливает изменение уровня функционирования системы и соответствует числу ненулевых элементов направленной булевой производной  $\phi(x)$ ,  $p_{ik}^{(1,1)}$  — число состояний системы при функционировании  $k$ - элементов (в таком случае имеет смысл замены двух элементов одним).

Коэффициент положительного вклада элемента интерпретируется как увеличение потенциала функционирования системы при использовании  $i$ -го элемента системы  $x_i$ .

$$C_{PW}(x_i) = \frac{\Pr\{\varphi(1_i, x) = 1\}}{R}, \quad (8)$$

где  $\Pr\{\varphi(1_i, x) = 1\} = \Pr\{\varphi(x_1 \dots x_n) = 1\}$  — вероятность функционирования системы, при условии использования  $i$ -го элемента системы  $x_i$ ;

$R$ —значение функции надежности.

Коэффициент отрицательного вклада значимости элемента противоположен по смыслу коэффициенту  $C_{PW}(x_i)$  и представляет потенциал отрицательного влияния  $i$ -го элемента системы  $x_i$ :

$$C_{NW}(x_i) = \frac{R}{\Pr\{\varphi(0, \dots x) = 1\}} \quad (9)$$

Оценки структурной значимости и модифицированной структурной значимости для трех элементов СЭМ и коэффициенты положительного и отрицательного вкладов, вычисляются с использованием направленных булевых производных и приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценки значимости и коэффициенты вкладов элементов СЭМ

$i$	$C_S(x_i)$	$C_{MS}(x_i)$	$C_{PW}(x_i)$	$C_{NW}(x_i)$	$i$	$C_S(kx_i)$	$C_{MS}(kx_i)$
$x_1$	0.75	1	1	$\infty$	$x_1$ и $x_2$	1	0.5
$x_2$	0.25	0.5	0.745	3.92	$x_1$ и $x_3$	1	0.5
$x_3$	0.25	0.5	0.851	6.71	$x_2$ и $x_3$	0.5	0.25

Анализ результатов табл. 2 показывает, что обе оценки характеризуют первый элемент, имеющий максимальное влияние на функциональность системы, с точки зрения её топологических особенностей. Второй и третий элементы характеризуются одинаковым влиянием на снижение функциональности.

Представленные оценки позволяют всесторонне проанализировать влияние изменения функциональности элемента на изменение функционирования системы. Достоинство такого подхода состоит в том, что вычисление оценок значимости для одного и нескольких элементов системы осуществляется с единых методологических позиций, позволяя учитывать постоянно меняющиеся требования к СЭМ.

**Выводы.** Для анализа значимости элементов СЭМ, с целью определения степени влияния каждого из элементов системы на её функциональность, предложен метод оценки структурной значимости элемента системы с учетом заданных ограничений и требований к входным и выходным параметрам СЭМ, возникших до или в процессе её эксплуатации, что позволяет определить и реализовать необходимые функции.

Рассмотренные оценки значимости одного и нескольких элементов СЭМ позволяют всесторонне проанализировать влияние изменения функциональности элемента на изменение функционирования системы. Важным обстоятельством является вычисление всех оценок значимости с единых методологических позиций на основании математических методов многозначной логики и, в частности, логического дифференциального исчисления.

**Список литературы:** 1. Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы анализа обеспечения [Текст] / под ред. Харченко В.С. — Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». — 2011. — 603 с. 2. Рябовая, В. О., Доронина, Ю. В. Повышение эффективности систем экологического мониторинга / В.О. Рябовая, Ю.В. Доронина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — Выпуск 4/6 (58) — Харьков: Изд-во Технологический Центр, 2012. — С. 41- 44 3. Рябинин, И. А. Определение «веса» и «значимости» отдельных элементов при оценке надежности сложной системы [Текст] / И.А. Рябинин, Ю.М. Парфенов // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. —1978. — №6. —С.22-32 4. Доронина, Ю. В., Рябовая, В.О. Метод структурно-функционального синтеза в задачах реструктуризации систем экологического мониторинга / Ю.В. Доронина, В.О. Рябовая // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». — 2013. — № 6. — С. 79-89.

*Поступила в редколлегию 30.01.2014*

УДК 004.9

**Оценка структурно-функциональной значимости элементов в информационных системах экологического мониторинга/ Доронина Ю. В., Рябовая В. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.111-115. – Бібліогр.: 4 назв. ISSN 2079-5459**

У статті розглядається метод оцінки структурно-функціональної значущості елементів інформаційної системи екологічного моніторингу з врахуванням вимог, які виникли в процесі її функціонування.

**Ключові слова:** моніторингова система, вимога до системи, оцінка значущості, функціональність.

**Estimation of structural-functional meaningfulness of elements in informative systems of ecological monitoring/ J. V. Doronina, V.O. Ryabovaya//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.00-00. Bibliogr.:4 . ISSN 2079-5459**

In the article the method of estimation of structural-functional meaningfulness of elements of the ecological monitoring's system is examined taking into account requirements, in the process of it's functioning.

**Keywords:** monitoring system, system requirement, estimation of meaningfulness, functionality.

**І. Г. РАДЗІЄВСЬКА**, канд. техн. наук, доц., НУХТ, Київ;  
**О. П. МЕЛЬНИК**, канд. хім. наук, асистент, НУХТ, Київ;  
**А. П. БЕЛІНСЬКА**, канд. техн. наук, ст. викл., НТУ «ХП»;  
**І. В. ЛISOVA**, доц., НТУ «ХП»;  
**Т. О. ОВСЯННІКОВА**, ст. викл., НТУ «ХП»

## ХОЛЕСТЕРОЛ ЯК БІОЛОГІЧНО АКТИВНИЙ КОМПОНЕНТ ЖИРІВ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

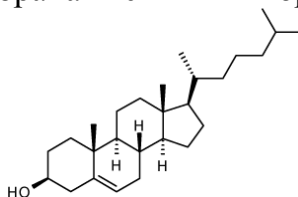
Приведено результати визначення вмісту стеролів у тваринних жирах хроматографічним методом, показано вплив споживання тваринних жирів на ймовірність формування атеросклерозу в організмі.

**Ключові слова:** захворювання, атеросклероз, холестерол, хроматографія.

**Вступ.** Відомо, що три чверті населення у більшості європейських країн страждають на захворювання, виникнення і розвиток яких пов'язані з харчуванням. Хворобами цивілізації вважаються надлишкова маса тіла, високий кров'яний тиск, атеросклероз, цукровий діабет, хвороби печінки, нирок, кишковика. Європейське регіональне бюро ВООЗ вважає, що біля 80% усіх захворювань так або інакше пов'язано з харчуванням, у тому числі 41% – з детермінантами харчування.

Останнім часом у науковій літературі з'являються результати численних досліджень щодо ролі окремих складових компонентів харчування у розвитку тих чи інших захворювань [1, 2]. Важливе значення серед яких надається холестеролу харчових продуктів, постійній і обов'язковій частині усіх клітин тваринного організму. Дослідники звернули увагу на участь холестеролу у патогенезі одного із розповсюджених захворювань – атеросклерозу, що стало основою для рекомендацій обмеженого надходження його з їжею.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** Холестерол  $C_{27}H_{46}OH$  (старогрецькою *Χολή* – жовч і *στερεός* – твердий) – органічна сполука, високомолекулярний одноатомний спирт, що міститься в клітинних мембранах всіх живих організмів [3].



Близько 80 % холестеролу виробляється самим організмом (печінкою, кишківником, нирками, наднирковиками, статевими залозами), інші 20 % надходять з їжею. В тваринних жирах міститься 80 % холестеролу у вільному стані і 20 % у вигляді його ефірів з жирними кислотами [3]. В організмі людини він перетворюється на вітамін D, який необхідний для вироблення стероїдних гормонів, зокрема кортизолу, кортизону, альдостерону, жіночих статевих гормонів естрогену і прогестерону, чоловічого статевого гормону тестостерону, приймає участь у регулюванні проникності клітин та відіграє важливу роль в діяльності імунної системи. Під впливом ультрафіолетових променів холестерол епідермісу шкіри перетворюється на провітамін  $D_3$  [3, 4]. Холестерол не розчиняється у воді, і у чистому вигляді не може бути доставленим до тканин організму з кров'ю. У кров'яному руслі холестерол знаходиться у вигляді розчинних у воді комплексних сполук з білками-транспортерами. Такі комплексні сполуки називаються

ліпопротеїдами. Розрізняють такі групи ліпопротеїдів: високомолекулярні (*HDL*, ЛПВЩ, ліпопротеїди високої щільності) і низькомолекулярні (*LDL*, ЛПНЩ, ліпопротеїди низької щільності), що розрізняються молекулярною масою і ступенем розчинності комплексного з'єднання (схильністю до випадіння кристалів холестеролу в осад і до формування атеросклеротичних бляшок). Велика кількість ЛПНЩ корелює з атеросклеротичними порушеннями в організмі. Низькомолекулярні ліпопротеїди малорозчинні і схильні до формування атеросклеротичних бляшок в судинах. Коли кількість бляшок збільшується, судина закупорюється – виникає атеросклероз, який є причиною важких захворювань. Крім ішемічної хвороби серця він викликає аневризму аорти і ураження судин мозку, які ведуть до ішемічного інсульту. Ліпопротеїди високої щільності діють протилежним чином, очищуючи від його надлишків стінки судин і транспортують холестерол для утилізації в печінці. Високомолекулярні ліпопротеїди – легкорозчинна форма, яка не випадає в осад. Високий вміст ЛПВЩ в крові характерний для здорового організму. ЛПНЩ транспортують холестерол від печінки до клітини. Ці ліпопротеїди відносно нестійкі і під час переносу можуть втрачати холестерол, з якого формуються атеросклеротичні бляшки на стінках судин. ЛПВЩ працюють у зворотньому напрямку, вони приєднують надлишковий холестерол зі стінок судин і утилізують його в печінці. Надлишковий холестерол видаляється з організму у вигляді жовчних кислот через кишковик. Рівень ЛПНЩ в крові не повинен перевищувати 100 мг/дл, а для осіб з високим ризиком серцево-судинних захворювань – нижче 70 мг/дл. Якщо рівень низькомолекулярних ліпопротеїдів вище 160 мг/дл, слід дотримуватись дієти з метою його зниження. Вміст ЛПВЩ повинен становити не менше 1/5 загального рівня холестеролу [3-5].

**Мета досліджень, постановка проблеми.** Для формування індивідуальної корегуючої дієти необхідно кількісно визначати концентрацію різних класів ліпопротеїдів індивідуальних жирних кислот. Цього можна досягти, застосовуючи метод високоефективної рідинної хроматографії для формування повного уявлення про функціональну роль холестеролу в організмі людини.

**Матеріали досліджень.** Хроматографічним методом визначено вміст холестеролу в тваринних жирах за ДСТУ ISO 6799-2002 “Жири та олії тваринні і рослинні. Визначання складу стерінової фракції. Газохроматографічний метод (ISO 6799:1991, IDT)”. Предметом дослідження обрано: свинячий, яловичий, баранячий топлени жири та жир коров'ячого молока. Досліджувані зразки відповідають вимогам нормативно-технічної документації: ГОСТ 25292-82 “Жиры животные топлённые пищевые”, ДСТУ 4399:2005 “Масло вершкове”. Метод дозволяє розрізнити стероли рослинного (*Brassicasterol*, *Campasterol*, *Stigmasterol* at al.) і тваринного походження (*Cholesterol*, *7-Dehydrocholesterol*).

**Результати досліджень.** На рис.1 показано хроматограму визначення вмісту холестеролу на прикладі молочного жиру. Видно, що рослинні стероли відсутні в досліджуваному молочному жирі, піки з часом виходу 4,930 хв та 5,175 хв ідентифіковані як холестерол та 7-дегідрохолестерол, відповідно. Серед усіх досліджуваних зразків 7-дегідрохолестерол знайдено лише в молочному жирі, а в інших тваринних жирах він відсутній (табл. 1).

Таблиця 1 – Вміст холестеролу в жирах

Жир	Холестерол, мг%	7-дегідрохолестерол, мг%	Загальний вміст, мг% за даними С. Г. Лібермана
Молочний	99,4	0,6	-
Свинячий	164	-	74,5-126
Яловичий	163	-	75,0
Баранячий	127	-	29,0



Нормальний вміст холестерину в крові становить 1,9–2,1 г/л. Нестача холестеролу в крові (менше 1,5 г/л) викликає ураження наднирників, розростання щитоподібної залози. Кількість холестеролу в крові залежить від раціону харчування, його основне джерело – жиромістивні продукти тваринного походження [4, 5].

Найбільше холестеролу в субпродуктах (печінці, нирках, мозку 0,30–0,80%), яєчних жовтках (0,25–0,30 %), вершковому маслі (0,18–0,19 %), жирному м'ясі, особливо у свинині та яловичині (0,80–0,10 %),

твердих сирах (0,80–0,12 %), ковбасі і сосисках (0,60–0,11 %). Загальний вміст холестеролу в плазмі крові людини від 250 до 350 мг/100мл свідчить про помірну, а вище 350 мг/100мл – виражену гіперхолестеринемію, що супроводжується захворюваннями судин серця або мозку [4–6].

Первинними факторами ризику, що визначають розвиток ліпідного дисбалансу, є жири, зокрема насичені жири, і холестероли їжі. Результати досліджень показали, що на рівень холестеролу в плазмі крові впливає співвідношення між насиченими і ненасиченими жирними кислотами, присутніми в раціоні харчування, або індекс атерогенності. Індекс атерогенності – це співвідношення потоків транспортування холестеролу в крові – в судини з печінки і з судин в печінку в складі ЛПНЩ і ЛПВЩ. ЛПВЩ здатні не тільки гальмувати утворення атеросклеротичної бляшки, але і сприяють її зворотному розвитку.

У нормі співвідношення атерогенних і антиатерогенних ліпідів не повинно перевищувати 3,5. Індекс атерогенності (ІА) понад 4 вказує на високий рівень розвитку атеросклерозу та ішемічної хвороби серця і вимагає призначення холестеролзнижувальної терапії. Однак, визначаючи ІА в крові, ми можемо свідчити лише про вже існуючий факт – кількість холестеролу, в основному, ліпопротеїдів низької щільності, які вже потрапили в організм людини. Тому доцільно оцінювати атерогенність харчового продукту або раціону харчування для подальшого корегування і прогнозування впливу раціону на здоров'я (табл. 2).

Таблиця 2 – Індеси атерогенності (ІА) жирів раціону людини

Найменування жиру	Спожито на 1 середньостатистичну людину, кг	Індекс атерогенності (ІА)	Частка індексу загалом, %
Молочний	7,200	2,03	64,9
Свинячий	5,598	0,52	0,36
Яловичий	2,245	0,80	0,15
Баранячий	0,181	0,97	0,02

З представлених даних видно, що баранячий жир має найбільший ІА, проте середньорічний обсяг споживання баранини людиною незначний. Максимальні ж значення отримані для молочного жиру, який переважає за рівнем атерогенності та кількісними показниками споживання. Підсумовуючи результати проведених досліджень можна визначити вплив споживання тваринних жирів на ймовірність формування атеро-

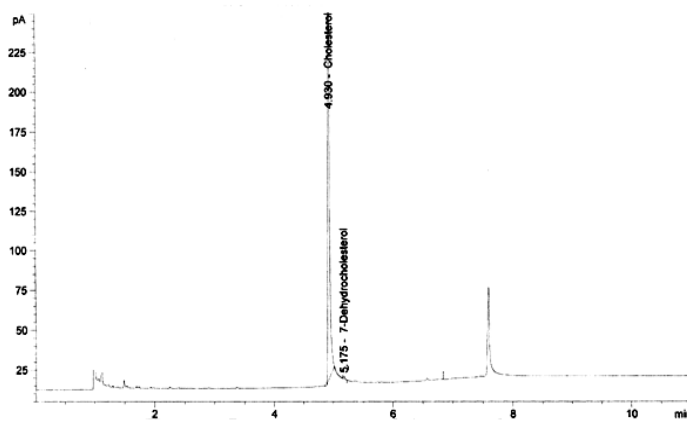


Рис.1 – Хроматограма вмісту холестеролу в молочному жирі

склерозу в організмі людини: в порядку зростання індексу атерогенності: свинячий (0,52) → яловичий (0,80) → баранячий (0,97) → молочний (2,03).

Одним з основних методів немедикаментозного лікування є дотримання дієти з обмеженим вживанням жирів тваринного походження і зниженням калорійності харчування. При цьому будь-яку корекцію слід починати з усунення факторів ризику, що сприяють прогресуванню атеросклерозу: куріння, гіподинамія, а також з нормалізації індексу маси тіла.

У дослідженнях *Veterans Administrations* дієтотерапія протягом восьми років призвела до зниження рівня загального холестеролу на 12,7% і зменшення частоти розвитку інфарктів міокарду на 20% [1, 6].

У дослідженні *Finnish Mental Hospital Study* за шестирічний період спостереження у 450 хворих обох статей віком 34–64 років на тлі дієти з низьким вмістом холестеролу відзначено зниження його рівня в крові на 15% до 5,8 ммоль/л. При цьому не було відзначено зниження загальної смертності в будь-якій з груп хворих [4].

Однак не в усіх випадках ідеально складена дієта виявлялась ефективною. Холестеролова теорія атеросклерозу, яка набула широкого поширення до цього часу виявилася неспроможною пояснити причини та механізми розвитку цього захворювання. Останнім часом, з'являються численні публікації [4, 6] про поліетиологічний характер цього захворювання та ряд теорій його виникнення: ліпідна, вірусна, стресова, генетична, гомоцистеїнова.

**Висновки.** Головним фактором, що знижує вміст холестеролу в крові, є максимально повне виключення з їжі пальмітинової кислоти і збільшення кількості есенціальних жирних кислот (лінолева С18:2, ліноленова С18:3, арахідонова, ейкозапентаєнова С20:4, докозагексаєнова С22:6). Їх важливим джерелом є жир риб холодних морів та рослинні олії лінолевої групи (лляна, соєва, кукурудзяна). Згідно з рекомендаціями ВООЗ, добова потреба кислот повинна складати 2 г.

Головна харчова олія України – соняшникова, на її частку припадає  $\frac{3}{4}$  вітчизняного виробництва олій. Основою жирнокислотного складу соняшникової олії є незамінна лінолева кислота, якій притаманна висока біологічна активність та здатність прискорювати метаболізм ефірів холестеролу. Соняшникова олія регулює обмін речовин, підвищує стійкість організму до інфекцій, нормалізує кровотворення. Це традиційний недефіцитний продукт щоденного попиту і споживання. Переважне споживання рослинних олій та виключення з раціону тваринних жирів нормалізуватиме холестероловий обмін у довготривалій перспективі.

**Список літератури:** 1. Самсонов М. А. Новое в профилактике и лечении атеросклероза, ишемической болезни сердца, гиперлипидемии и других заболеваний [Текст] / М. А. Самсонов, В.Л. Исаев // Вопросы питания. – 1995. – № 4, – С. 33–34. 2. Доценко В.А. Теоретические и практические проблемы питания здорового и больного человека [Текст] / В.А. Доценко // Вопросы питания. – 2004. – №6. – С. 36–39. 3. Северин Е.С. Биохимия: [учебник для вузов] [Текст] / Северин Е.С., Пальцев М.А., Иванов А. А. – М.:ГЭОТАР- Медиа, 2003. – 784 с. 4. Медведев Ж. Холестерин – друг или враг? [Текст] / Ж. Медведев // Наука и жизнь. – 2008. – №1. – с. 12-94, №2. – с. 35-43. 5. Монастырский К. Функциональное питание [Текст] / К. Монастырский – СПб.: ГИОРД, 2000. – с. 373. 6. О холестерине замолвите слово [Электронный ресурс] // Популярная механика. – Режим доступа: <http://www.popmech.ru/article/900-o-holesterine-zamolovite-slovo/>

Надійшла до редколегії 28.12.2013

УДК 665.238

Холестерол як біологічно активний компонент жирів тваринного походження / Радзівська І. Г., Мельник О. П., Белінська А. П., Лисова І. В., Овсяннікова Т. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.116-120. – Бібліогр.: 6 назв. ISSN 2079-5459

Приведены результаты определения содержания стеролов в животных жирах хроматографическим методом, показано влияние потребления животных жиров на вероятность формирования атеросклероза в организме.

**Ключевые слова:** заболевание, атеросклероз, холестерол, хроматография.

**Cholesterol AS biologically active component of animal fats/ I. G. Radzievska, A. P. Miller, A. P. Belinskaya, I. V. Lisova, T. A. Ovsyannikova //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.116-120. Bibliogr.:6. ISSN 2079-5459**

The results of determination of the content of sterols in animal fats chromatographic method, shows the effect of consumption of animal fats on the probability of the formation of atherosclerosis.

**Keywords:** disease, atherosclerosis, cholesterol, chromatography.

**УДК 661.333**

*Д. В. ФІЛОНЕНКО*, здобувач, НТУ «ХПІ»;

*О. В. ШЕСТОПАЛОВ*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

### **ЩОДО ПИТАННЯ РОЗКЛАДАННЯ ХЛОРИДУ АМОНІЮ В РЕАКТОРІ-ЗМІШУВАЧІ ВІДДІЛЕННЯ ДИСТИЛЯЦІЇ СОДОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

У статті розглянуті способи розкладання хлориду амонію. Розглянуті способи підвищення ефективності роботи реактора-змішувача розкладання хлориду амонію вапняним молоком. Проаналізовані шляхи удосконалення устаткування відділення дистиляції. Визначені напрями подальших досліджень.

**Ключові слова:** реактор-змішувач, кальцинована сода, дистиляція, відходи процесу гасіння, дрібна та велика фракції.

**Вступ.** Якщо проаналізувати витратні коефіцієнти за сировиною і енергією, які характеризують весь процес отримання кальцинованої соди, то стає очевидно, що значна частина цих показників визначається умовами проведення процесу регенерації аміаку. Наприклад, витрата вапняку і аміаку на 1 т соду, витрата пари на дистиляцію і інші витрати значною мірою залежать від умов ведення процесу в змішувачі і дистилері. Таким чином, для виявлення шляхів модернізації процесу отримання соди за способом Сольве необхідно достатньо глибоко вивчити процес регенерації аміаку і на підставі цього виявити резерви для економії матеріальних і енергетичних ресурсів. Для вирішення даної проблеми на сьогодні фахівцями різних країн виконано велику кількість експериментальних робіт, розроблено і вдосконалено устаткування і запропоновані нові способи і технологічні схеми регенерації аміаку, які мають свої переваги і свої недоліки.

Останнім часом розвиток і вдосконалення аміачного способу виробництва соди направлений, в основному, на створення потужніших і економічніших апаратів дистиляції, абсорбції, карбонізації, проектування нових типів вапняних і содових печей, розробку технологій утилізації твердих і рідких вторинних матеріальних ресурсів содового виробництва. Так, можна виділити роботи, в яких розкладання хлориду амонія проводилося з метою отримання аміаку і хлориду шляхом нагрівання його з оксидом заліза, марганцю, цинку, ванадію, хрому або їх з'єднань. Після виділення аміаку хлорований метал окисляли при нагріванні для виділення хлору [1]. Оскільки здійснити утилізацію хлору на содових підприємствах складно, інтерес представляє розкладання хлориду амонія на аміак і хлористий водень або аміак і хлористий кальцій [2]. Для скріплення хлористого водню застосовуються різні оксиди, істотною перешкодою тут є низький ступінь використання кисню.

© Д. В. ФІЛОНЕНКО, О. В. ШЕСТОПАЛОВ, 2014

**Літературний обзор.** Цікавим є можливість використання карбонату кальцію, який є відходом виробництва і утворюється під час очищення розсолу, для розкладання хлориду амонію. Використання карбонату кальцію замість CaO для розкладання NH<sub>4</sub>Cl представляє певний інтерес для содового виробництва. Заміна частини вапняного молока карбонатом кальцію приводить до економії вапняного молока, зменшує скидання відходів на «біле море» і знижує необхідну потужність вапняного господарства за рахунок використання шламу каустифікації при виробництві їдкого натра вапняним способом, підвищує концентрацію Ca<sup>2+</sup> у дистилерній рідині.

Відомо [3], що при кип'ятінні твердого CaCO<sub>3</sub> з розчином NH<sub>4</sub>Cl, вуглекислий кальцій повністю розкладається згідно реакції:



Дослідження галузі розробки безвапняних способів регенерації аміаку з маткової рідини содового виробництва показали, що возогнаний NH<sub>4</sub>Cl при температурі 425-500°C повністю реагує з CaCO<sub>3</sub> з отриманням хлористого кальцію. Недоліком цього способу є висока корозійна дія NH<sub>4</sub>Cl при високій температурі, тому в якості конструкційного матеріалу для виготовлення обладнання рекомендується кераміка. Для реалізації способу потрібне громіздке устаткування, печі із зовнішнім електрообігрівом, оскільки термічне розкладання хлориду амонію здійснюється за рахунок тепла рециркулюючого піску, який нагрівається до 800-900°C, щоб підтримувати температуру розкладання на рівні 364-400°C. Крім того, карбонатна сировина потребує підсушуванню і тонкому подрібненню, а також призводить до забруднення продуктів домішками.

Дослідження останніх років [4] дозволяють стверджувати, що метод розкладання хлориду амонію карбонатом кальцію може бути практично застосований для часткового або повного розкладання NH<sub>4</sub>Cl. Відомо, що якщо CaCO<sub>3</sub> ввести у фільтрову рідину [5] до подачі вапняного молока, то, окрім зниження пересичення (за CaSO<sub>4</sub> та CaCO<sub>3</sub>), може мати місце розкладання 10—15 % NH<sub>4</sub>Cl за допомогою введеного CaCO<sub>3</sub>, в результаті виділиться додаткова кількість CO<sub>2</sub> і знизиться витрата вапняного молока (на розкладання NH<sub>4</sub>Cl). Проведені дослідження [6] показали, що з допомогою CaCO<sub>3</sub> можна розкласти всі 100 % NH<sub>4</sub>Cl фільтрової рідини. Практичне використання цієї реакції стримується тією обставиною, що процес розкладання здійснюється дуже повільно. Так, при подачі CaCO<sub>3</sub> за стехіометрією до NH<sub>4</sub>Cl повне розкладання відбувається за 150—300 хв. (2,5-5 години) в умовах, зіставних із звичайною дистилляцією: температура, тиск, дисперсність. У роботі Посторонко А. І. показано, що в аміачно-содовому виробництві перед регенерацією NH<sub>3</sub> з NH<sub>4</sub>Cl вапняним молоком можна на 20-30% NH<sub>4</sub>Cl розкласти за допомогою шламової суспензії каустифікації при виробництві NaOH протягом всього 30-40 хвилин при температурі 105°C. Ступінь розкладання NH<sub>4</sub>Cl карбонатом кальцію збільшується з підвищенням температури, кількості інертного газу або пари, що продувається через розчин, і ступені перемішування суспензії. CaCO<sub>3</sub>, що міститься в шламі для ефективнішої регенерації заздалегідь піддають подрібненню з використанням колеса із струнними елементами відцентрового насоса. Регенерація аміаку з фільтрової рідини за допомогою вапняного молока є першою розробкою у області технології регенерації аміаку з фільтрової рідини в аміачно-содовому процесі. Л. М. Фрідберг [7] вказує на можливість здійснення двостадійної обробки фільтрової рідини, яка полягає в тому, що фільтрову рідину обробляють спочатку крейдою для регенерації до 50 % аміаку, а потім вапняним молоком для регенерації решти кількості аміаку. Це дозволяє економити вапно і енергетичні ресурси. Одним з ефективних шляхів інтенсифікації даного процесу є застосування сухого вапна замість вапняної суспензії. У літературі є дані, що при розмірі частинок CaO 1 мм і менше та температур 95°C реакція взаємодії завершується на протязі 1,5 хв. [8]. В даний час в содовій промисловості для регенерації аміаку використовується переважно вапняна су-

спензія, що одержується гасінням кускового вапна водою. Основними недоліками цього способу є значне споживання води (2,2-2,5 м<sup>3</sup> на 1 т соди) і великий питомий обсяг дистилерної рідини (8-10 м<sup>3</sup> на 1 т соди). У комплексній схемі содового виробництва це приводить до підвищеної витрати пари при отриманні хлориду кальцію з дистилерної рідини. Тому раціональнішим виявляється використання дистилерної рідини для гасіння вапна. Це дозволяє збільшити масову частку хлориду кальцію в дистилерній рідині до 15,5 %, а отже, зменшити її обсяг на 20-25 %.

Проаналізувавши переваги і недоліки вказаних способів, можна зробити наступний висновок: з техніко-економічної точки зору найбільш економічним є спосіб регенерації аміаку з використанням сухого вапна. Проте для реалізації даного способу необхідне відповідне конструктивне оформлення процесу введення твердих компонентів в реактор-змішувач. Для вирішення цієї проблеми застосовуються спосіб регенерації аміаку, що включає гасіння вапна рідиною теплообмінника дистиляції і подальшу подачу суспензії, що утворюється, в змішувач для розкладання хлориду амонію. Ще в 1956 р. проводилися дослідження під керівництвом Хвата І.Б. і Буханцева Г.В. з розробки конструкції апарату, розрахованого на поєднання процесів гасіння вапна і взаємодії його з рідиною ТДС. Необхідно відзначити, що дана робота охоплює широкий круг питань з вивчення процесу гасіння вапна рідиною дистилера і теплообмінника дистиляції. Авторами було встановлено, що швидкість гасіння вапна дистилерною рідиною в 1,3 разів, а рідиною ТДС – в 1,6 разів більше, ніж при гасінні водою. Також були зроблені висновки про таке:

- із збільшенням розміру шматків вапна, що подається на гасіння, ступінь дисперсності утвореної суспензії знижується;
- підвищення температури суспензії сприяє збільшенню її дисперсності;
- збільшення швидкості перемішування в межах від 0,6 до 1,5 м/с не позначається на швидкості реакції обмінного розкладання і ступеня дисперсності суспензії.

Для обробки рідини ТДС вапном автори запропонували використовувати традиційну схему його гасіння з ущільненням гасителя вапна, вібросит і кульових млинів. Газу, що утворюється в гасителі, на віброситах і в кульовому млині пропонувалося відводити в низ теплообмінника за допомогою вентилятора. Такі рішення виявилися ненадійними в експлуатації і також не змогли знайти практичного застосування.

У роботі останніх років [9] описана вдосконалена технологічна схема гасіння вапна рідиною ТДС в гасителі барабанного типу. Приведені результати лабораторних експериментів по гасінню вапна рідиною ТДС з використанням заводських рідин і вапна. Показано, що очікуваний економічний ефект від реалізації пропонованої схеми на одному з содових заводів з потужністю виробництва 800 тис. тонн кальцинованої соди на рік складає 18428,54 тис. грн/рік.

Гасінню вапна дистилерною рідиною проводив Зозуля О.Ф. [10, 11]. На підставі експериментів Зозулею А.Ф. була розроблена стендова установка протиточного гасіння комового вапна дистилерною рідиною. Важлива перевага отримання вапняного молока шляхом гасіння вапна дистилерною рідиною – зменшення впливу концентрації  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  у вапняній суспензії на значення питомого об'єму дистилерної рідини, що відводиться в накопичувач «біле море» або на виробництво хлориду кальцію. Іншими словами, при гасінні вапна дистилерною рідиною без використання води зниження концентрації  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  у вапняному молоці вже не приводить до розбавлення скидної дистилерної рідини і збільшенню її питомого об'єму. Навпаки, значення питомого об'єму дистилерної рідини, що скидається в накопичувач або відводиться на виробництво хлориду кальцію, зменшуватиметься на 15-20 % за рахунок використання її частини в схемі гасіння вапна. При цьому концентрація солей в дистилерній рідині досягне максимально можливого (теоретичного) рівня і не залежатиме від значення молярної частки еквівалента  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  у

вапняному молоці – 240 або 140 н.д. Таким чином, постійні коливання концентрації  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  у вапняному молоці, які характерні для виробничих умов, вже не викликатимуть відповідних коливань концентрації солей в дистилерній рідині [12].

Вказані вище способи приготування вапняної суспензії інтенсифікують технологічний процес, проте при цьому мають значні недоліки: впровадження в технологічну схему громіздкого і енергоємного млина, установку додаткових мішалок і транспортерів; зміну конструкції гасителя і реконструкцію цеху гасіння.

Для усунення вказаних недоліків цікава нова технологічна схема гасіння вапна дистилерною рідиною і диспергування вапняного молока. Для вирішення цього питання на одному з содових заводів була проведена серія випробувань з використанням існуючого заводського устаткування за винятком застосування дослідного зразка диспергатора типу ПРГ-160, змонтованого відповідно до виданих рекомендацій, а потім і з використанням дослідно-промислового диспергатора ПРГ-400. Зроблено висновки про доцільність використання цієї схеми та показано, що очікуваний економічний ефект від реалізації запропонованої схеми на одному із содових заводів при потужності виробництва 800 тис. т кальцинованої соди на рік складає 7848 тис. грн./рік. Диспергування вапняної суспензії дасть можливість значно зменшити втрати  $\text{CaO}_{\text{акт}}$  із дистилерною суспензією, що скидається до накопичувача. Окрім того, у процесі диспергування вапняної суспензії, отриманої гасінням вапна рідиною з об'ємною часткою 50-60 % дистилерної рідини, забезпечується стабільна робота дистилера без заростання його верхньої частини [13].

Для розробки способу раціонального використання вапняного молока представляє інтерес дослідження реакційної здатності його малоактивної частини. Малоактивне вапно утворюється в процесі випалення при взаємодії окислу кальцію з домішками, що знаходяться в карбонатній сировині і золі палива. Інша причина утворення малоактивного окислу кальцію у відсутності домішок – структурні зміни, що відбуваються у вапні протягом тривалого випалення при високих температурах.

Випробування двохпотокової схеми подачі вапняного молока з розділенням його у гідроциклоні були проведені в промислових умовах Михайловою Е.Н. [14]. Для порівняння знімалися показники роботи елемента без гідроциклону і проводилися вимірювання Т:Р. Під час роботи елемента до включення гідроциклону Т:Р складало в середньому 0,028, а після включення Т:Р – 0,024, тобто відбулося зменшення кількості твердих частинок на 12,4 % за рахунок збільшення реакційної здатності  $\text{CaO}_{\text{м.а.}}$ . Таким чином, збільшення реакційної здатності  $\text{CaO}_{\text{м.а.}}$  приводить до економії вапняного молока в порівнянні з діючою схемою на 0,103 м<sup>3</sup> на 1 т соди. При вмісті в 1 м<sup>3</sup> вапняного молока 266,2 кг  $\text{CaO}_{\text{акт}}$ , 85 % економія вапна в перерахунку на  $\text{CaO}$  складає 32,3 кг на 1 т соди.

Представляє інтерес підвищення ступеню використання малоактивного вапна в двоступінчатій схемі, реалізованій на Стерлітамаькому ВАТ «Сода», який полягає в тому, що вапняне молоко подається на дистиляцію двома потоками: основний з витратою 43-50 м<sup>3</sup>/год і додатковий – 3-6 м<sup>3</sup>/год. Основний потік регулюється за значенням рН в змішувачі, подачу якого потрібно контролювати і підтримувати в інтервалі 8,5-8,9 (переважно 8,7), створюючи найбільш сприятливий режим для використання малоактивної частини вапна [15].

На сучасному етапі серйозною проблемою відділення дистиляції є інкрустація устаткування – верхньої частини дистилера. Утворені в процесі дистиляції солі  $\text{CaSO}_4$  та  $\text{CaCO}_3$  схильні до утворення пересичених розчинів. Кристалізація цих солей при знятті пересичення є також істотним чинником в процесі утворення твердих відкладень на стінках апаратів. Тому необхідні заходи, сприяючі зменшенню і навіть зняттю пересичення. Швидкість зняття пересичення залежить від умов змішення рідини з вапняним молоком, якості вапняного молока, наявності твердих домішок і кристалів приманки – центрів кристалізації  $\text{CaSO}_4$  та  $\text{CaCO}_3$ .

За умов інтенсивного перемішування вапняного молока з рідиною утворюється більше центрів кристалізації і ступінь пересичення знижується. Присутність у вапняному молоці високодиспергованих твердих домішок, які можуть служити центрами кристалізації, також зменшує ступінь пересичення. В цьому випадку особливо корисна присутність тих же кристалів  $\text{CaSO}_4$  та  $\text{CaCO}_3$ .

В НІОХІМі [16] розроблена вдосконалена схема дистиляції, що передбачає реактор попереднього змішення фільтрової рідини і вапняного молока, в якому відбувається утворення полугідратної форми гіпсу.

Згідно цієї схеми фільтрова рідина (рідина ТДС) і вапняне молоко поступають в реактор попереднього змішення, який працює під тиском. Тиск в апараті створюється гідростатичним стовпом рідини ТДС і вапняного молока. Надлишок концентрації зв'язаного аміаку в реакторі попереднього змішення складає 2-3 н. д. Завдяки реакції розкладання хлориду амонію вапняним молоком і тиску, що створюється стовпом рідини в апараті, температура піднімається вище  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , що приводить до утворення напівводної форми гіпсу. Суспензія з реактора самопливом поступає в змішувач, де відбувається скидання тиску і за рахунок інтенсивного випаровування аміаку – зниження температури.

Установка реактора попереднього змішення дозволила підвищити температуру процесу до  $100\text{-}102\text{ }^\circ\text{C}$  і одержати полугідратну форму сульфату кальцію. Вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  у реакторі попереднього змішення відповідає освіті в твердій фазі напівгідрату сульфату кальцію ( $\text{SO}_4^{2-}=0,375$  н.д.). У змішувачі вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  у освітленій дистилярній рідині зменшується ( $\text{SO}_4^{2-}=0,36$  н.д.), що говорить про зняття пересичення за гіпсом в об'ємі дистилярної рідини, а на виході з дистилера зростає ( $\text{SO}_4^{2-}=0,422$  н.д.), що свідчить про підрозчинення твердої фази.

Не дивлячись на численні дослідження, проблема ліквідації інкрустацій на станції дистиляції содового виробництва дотепер повністю не вирішена. Чищення апаратів пов'язане із застосуванням важкої фізичної праці, пониженням їх продуктивності і втратами аміаку при їх зупинці. Як відомо, при переході з одного елемента на інший проходить певний проміжок часу, протягом якого знов включений елемент виводиться на нормальний технологічний режим. Протягом цього періоду має місце погіршення показників роботи не тільки станції дистиляції, але і решти станцій содового виробництва через тісний взаємозв'язок їх технологічних режимів. Дотепер не було створено безінкрустаційного режиму, хоча механізм утворення кристалогідратів гіпсу і перехід з однієї модифікації в іншу добре відомий.

**Висновок.** Аналіз літератури дозволяє стверджувати, що сучасні погляди науковців на проблему удосконалення роботи реактора-змішувача полягає в інтенсифікації процесів розкладання хлориду амонію за умов економії вапняного молока, яка досягається шляхом збільшення реакційної здатності малоактивної складової вапна або його частковою заміною на інші речовини, наприклад, карбонат кальцію.

На підставі проаналізованої літератури щодо принципів вдосконалення апаратурного оформлення стадії дистиляції содового виробництва можна констатувати, що серед головних наукових задач підвищення ефективності роботи цеху дистиляції є такі:

– інтенсифікація процесу розкладання хлориду амонію в реакторі-змішувачі з метою попередження втрати аміаку, вуглекислого газу разом з дистилярною рідиною та економії вапна за рахунок використання малоактивного  $\text{CaO}$  вапняного молока;

– пошук шляхів інтенсивного зняття пересичення розчину з метою зменшення сульфатної інкрустації устаткування відділення дистиляції та скорочення часу перебування рідини в реакторі змішувачі.

Саме потреба вирішення цих наукових задач обумовила необхідність проведення



подальших досліджень. Для встановлення відповідних залежностей і чинників, які впливають на роботу реактора-змішувача необхідно:

- дослідити кінетику розкладання хлориду амонію вапняним молоком, на підставі чого визначити шляхи подальшої інтенсифікації процесу;
- дослідити вплив різних чинників (вмісту малоактивних складових, лужності, гідромеханіки потоків, тепломасообміну та ін.) на ефективність роботи реактора-змішувача в заводських умовах з використанням реальних потоків;
- розробити математичну модель реактора-змішувача підвищеної потужності з метою та реалізувати її на ЕОМ;
- розробити рекомендації щодо впровадження удосконаленої конструкції реактора-змішувача, яка забезпечуватиме достатньо повне розкладання хлориду амонію, економію вапняного молока та не призводитиме до заростання дистилера.

**Список літератури:** 1. *Микулин Г. И.* Дистилляция в производстве соды / *Г. И. Микулин, И. К. Поляков.* – М.: Госхимиздат, 1956. – 348 с. 2. *Михайлов Ф. К.* Проблема комплексного использования хлорида натрия в производстве соды по аммиачному способу: Докторская диссертация / *Ф. К. Михайлов.* – Харьков: ХПИ, 1967. – 400 с. 3. *Карпетьянц М. Х.* Общая и неорганическая химия / *М. Х. Карпетьянц, С. И. Дракин.* – М.: Химия, 2000. – 592 с. 4. *Посторонко А. И.* Исследование регенерации аммиака из фильтровой жидкости содового производства / *А. И. Посторонко* // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Хімія і хімічна технологія". – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – Випуск 152. – С. 127–131. 5. *Шокин И. Н.* Технология соды / *И. Н. Шокин, С. А. Крашенинников.* – М.: Химия, 1975–287 с. 6. *Фруммин В. М.* Некоторые особенности кинетики процесса разложения карбонатом кальция хлорида аммония, содержащегося в фильтровой жидкости производства кальцинированной соды / *В. М. Фруммин, В. М. Гут, В. Л. Бурин* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2007. – Том LXXV. – С. 29-30. 7. А. с. 59859 СССР, МКИ12i8 C01D7/18., C01C1/10. Способ регенерации аммиака из хлористого содового производства / *Фридберг Л. М.* – Заяв. 28.01.40; опубл. 30.04.41. 8. *Зозуля А. Ф.* О применении «сухой» извести для регенерации аммиака в производстве кальцинированной соды / *А. Ф. Зозуля, Ю. Н. Кузенко* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2005. – Том 74. 9. Регенирация аммиака при гашении извести жидкостью теплообменника дистилляции / *В. Н. Гридасов, Е. Н. Михайлова, А. П. Заикин, и др.* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2007. – Том LXXV. – С. 15–20. 10. Проверить в заводских условиях возможность применения противоточного гасителя для гашения комовой извести и дистиллерной жидкости с выдачей заключения о возможности применения противоточного гасителя: Отчет о НИР / ХНПО Карбонат. – Харьков, 1978. – 40 с. 11. *Зозуля А. Ф.* Разработка методики расчета уровня концентрирования дистиллерной жидкости при регенерации аммиака известковой суспензией, приготовленной на дистиллерной жидкости / *А. Ф. Зозуля, В. А. Панасенко, Ю. Н. Кузенко* // Восточно-европейский журнал передовых технологий – Харьков: Технологический центр. – 2007. – № 2/3 (26). – С. 44–46. 12. *Пилипко Е. В.* Обзор работ по способам приготовления известковой суспензии, используемой при разложении хлорида аммония в производстве соды кальцинированной / *Е. В. Пилипко, А. П. Заикин, В. Н. Гридасов* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2010. – Том LXXV. – С. 40-47. 13. Диспергирование известковой суспензии, используемой для разложения хлорида аммоний на стадии дистилляции в содовом производстве / *А. П. Заикин, В. Н. Гридасов; В. Ф. Аннопольский и др.* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2010. – Том LXXV. – С. 25-31. 14. *Михайлова Е. Н.* Повышение степени использования карбонатного сырья при регенирации аммиака в содовом производстве / *Е. Н. Михайлова* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2003. – Том LXXIII. – С. 29-30. 15. К вопросу усовершенствования технологи подачи известкового молока на дистилляцию в Стерлитамакском ОАО «Сода» / *Ю. Н. Кузенко, В. И. Олесюк, Е. Л. Русина, К. М. Кухтенков* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2003. – Том LXXIII. – С. 77-87. 16. Усовершенствованная схема дистилляции с реактором предварительного смешения фильтровой жидкости и известкового молока / *Ю.Н. Кузенко, В. И. Молчанов, Е. Н. Михайлова и др.* // Труды НИОХИМ. – Харьков: НИОХИМ, 2003. – Том LXXV. – С. 24-29.

Надійшла до редколегії 28.12.2013

**Щодо питання розкладання хлориду амонію в реакторі-змішувачі відділення дистиляції содового виробництва / Філоненко Д. В., Шестопапов О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.120-126. – Бібліогр.: 16 назв. ISSN 2079-5459**

В статье рассмотрены способы разложения хлорида аммония. Рассмотрены способы повышения эффективности работы реактора-смесителя разложения хлорида аммония известковым молоком. Проанализированы пути усовершенствования аппаратуры отделения дистиляции. Определены направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** реактор-смеситель, кальцинированная сода, дистиляция, отходы процесса тушения, мелкая и крупная фракции.

**On the question of the expansion of ammonium chloride in the reactor-mixer of the distillation of soda production / Filonenko D. V, Shestopalov O. V. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.- № 7 (1050).- P.120-126. Bibliogr.:16. ISSN 2079-5459**

The methods of decomposition of salmiac are considered in the article. The methods to increase efficiency of reactor-mixers work for the decomposition of salmiac by a limewater are considered. The ways of improvement distillation department equipment are analysed. Directions of further researches are certain.

**Keywords:** reactor-mixer, soda ash, distillation, waste of quenching, the small and large faction.

## УДК 541.127: 542.943

*А. Г. ГАЛСТЯН*, канд. хім. наук, доц., Східноукраїнський національний університет ім. В.Дала Інститут хімічних технологій, Рубіжне

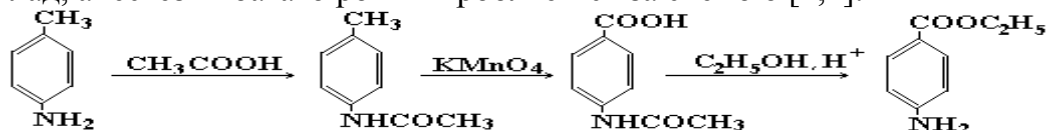
### СПОСІБ ОТРИМАННЯ 4-АМІНОБЕНЗОЙНОЇ КИСЛОТИ – НАПІВПРОДУКТУ ДЛЯ СИНТЕЗУ АНЕСТЕЗУЮЧИХ ПРЕПАРАТІВ

Вивчено реакцію окиснення 4-амінотолуену озоном в оцтовій кислоті. Показано, що після попереднього ацилювання субстрату та в присутності каталізатора окиснення перебігає в основному за метильною групою з утворенням 4-ацетиламінобензойної кислоти з виходом 75%. Запропоновано механізм каталітичного озонування, який відповідає експериментальним даним.

**Ключові слова:** окиснення, 4-ацетиламінотолуен, озон, оцтова кислота.

**Вступ.** Фізіологічна активність тропеїнів, кокаїну та їх аналогів обумовлена присутністю в їх структурі залишку бензойної кислоти, зв'язаною ефірним зв'язком з азотовмісною групою молекули [1]. Вивчення властивостей ефірів бензойної кислоти показало, що вони володіють анестезуючою дією, однак викликають сильні подразнення. Менш токсичними є ефіри амінобензойних кислот. Деякі з них, завдяки своїм властивостям, виробляються методами органічного синтезу і застосовуються у виробництві фармацевтичних препаратів.

Наприклад, анестезин багато років виробляється за схемою [1,2]:



Друга стадія окиснення 4-ацетиламінотолуену потребує коштовного перманганату калію і супроводжується утворенням токсичних відходів. В умовах значного забруднення довкілля ці недоліки сприяють пошуку новітніх екологічно чистих технологій. Такою є технологія окиснення з використанням безбаласного окиснювача - озону. Його використання дозволяє вести процес в м'яких умовах практично в замкнутому циклі з високою селективністю процесу і якістю кінцевого продукту [3].

На сьогодні реакція озону з амінотолуолами майже не вивчена. Практично відсутні дані щодо кінетики і механізму цієї реакції. Лише відомо, що озон реагує з молекулою ароматичного аміну з високою швидкістю ( $k = 10^3 \div 10^5$  л/моль·с [4]) з утворенням на першій стадії нітросильного радикалу з подальшим розкриттям ароматичного циклу [4]. Реакція озону по метильній групі амінотолуенів до сьогодні не обговорювалась.

**Мета роботи.** Метою роботи є вивчення реакція озону з 4-амінотолуеном у розчині крижаної оцтової кислоти з метою одержання 4-амінобензойної кислоти.

**Методика експериментів.** В експериментах використовували крижану оцтову кислоту кваліфікації „ч.д.а.” без попереднього очищення і хроматографічно чистий 4-амінотолуен після трьохкратної перекристалізації з води. Озон отримували на лабораторному озонаторі [5] з концентрацією в озоні повітряній суміші 0,8% об.

Дослідження проводили в скляній колонці з пористою перетинкою при температурі 60-90°C. У колонку завантажували крижану оцтову кислоту, 4-амінотолуен і подавали повітря для перемішування. Реакційну масу кип'ятили з відгонкою реакційної води до повного ацилювання 4-амінотолуену, після цього прямий охолоджувач змінювали на зворотній, додавали каталізатор і пропускали озоні повітряну суміш. Після окиснення реакційну масу розводили охолодженою водою (5°C) до співвідношення 1 : 5, 4-ацетиламінобензойну кислоту, що випадала в осад, фільтрували, сушили, аналізували.

Вміст озону у газовій фазі визначали спектрофотометричним методом за поглинанням в області 254 – 290 нм [5]. Для цього крізь проточну кювету спектрофотометра пропускали озоні повітряну суміш, на діаграмній стрічці приладу безперервно реєструвались показники оптичної густини, відповідні визначній концентрації озону. Концентрацію озону розраховували за допомогою калібровочного графіку, складеного відповідно до формули  $[O_3] = D / \varepsilon \cdot \ell$ , де  $[O_3]$  – концентрація озону, моль·л<sup>-1</sup>; D – оптична густина озоні повітряної суміші;  $\varepsilon$  – коефіцієнт екстинкції, що дорівнює 3025 при  $\lambda = 254$  нм [3];  $\ell$  – довжина кювети, 1-7 см.

Концентрацію 4-амінотолуену, 4-ацетиламінотолуену і продуктів його подальшого перетворення у розчині визначали методом газорідинної хроматографії на хроматографі з полум'яно-іонізаційним детектором на колонці довжиною 3м і діаметром 4мм, носій інертон AW-DMCS, з нанесеною на нього нерухомою фазою SE—30 у кількості 5% від ваги носія у наступних умовах: температура випаровувача 250°C; температура термостату 190°C; швидкість газу-носія (азот) - 1.8, водороду – 1.8 і повітря -18 л·год<sup>-1</sup>. В якості внутрішнього стандарту використовували 4-нітрохлорбензен.

Методика визначення констант швидкості реакції озону з 4-амінотолуеном і його ацилюванням похідним пов'язана з безперервним пропусканням озоні повітряної суміші крізь термостатований реактор типу „каталітична качка”, що містив розчинник. Після насичення розчинника озonom вводився точно визначений об'єм розчину субстрату. Змішування газової і рідинної фаз здійснювалось за рахунок коливань реактора зі швидкістю, яка дозволяла проводити експеримент у кінетичній області ( $\geq 8$  коливань за секунду). Аналіз концентрації озону в газовій фазі до реактору і після нього проводили вище описаним методом.

Ефективні константи швидкості розраховувались відповідно до формули [5]:

$$k_{ef} = \frac{\omega([O_3]_o - [O_3]_k)}{\alpha [O_3]_k^n [ArH]_o^m}, \text{ л·моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1},$$

де  $\omega$  – швидкість газового потоку, л·с<sup>-1</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт Генрі;  $[ArH]_o$  – початкова концентрація субстрату, моль·л<sup>-1</sup>;  $[O_3]_o$  і  $[O_3]_k$  – концентрація озону у газовій фазі до і після реактору, моль·л<sup>-1</sup>; n і m – порядки реакції по компонентах.

**Обговорення результатів.** В розчині крижаної оцтової кислоти озон реагує з 4-амінотолуеном по N-H зв'язку аміногрупи з високою швидкістю ( $k = 2,6 \cdot 10^3 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ). Кінцевими продуктами окиснення в цих умовах є озоніди – продукти озонолітичної деструкції ароматичного кільця. Продукти реакції по метильній групі зі збереженою ароматичною структурою не знайдені. Механізм цих перетворень поки ще не вивчено.

4-Ацетиламінотолуен, утворений ацилюванням 4-амінотолуену, має реакційну здатність в реакції з озоном значно нижчу ( $k = 0,9 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ ,  $20^\circ\text{C}$ ) за реакційну здатність 4-амінотолуену, що свідчить про зміну напрямку атаки озоном. З утворенням більш міцного N-C зв'язку в ацильованій аміногрупі озон реагує, в першу чергу, по подвійних зв'язках ароматичного кільця і метильній групі. Але, як свідчать кінетичні дослідження, і в цих умовах сумарний вихід продуктів окиснення по метильній групі не перевищує 14% (рис.1).

$[\text{ArCH}_3]_0 = 0,4$ ;  $[\text{O}_3]_0 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ . Відомо, що при озонуванні метилбензенів ефективним методом отримання відповідних бензойних кислот є каталітичне окиснення у розчині крижаної оцтової кислоти в присутності солей металів змінної валентності і бромідів лужних металів [6].

Як каталізатори селективного окиснення озоном в розчині оцтової кислоти нами були вивчені ацетати кобальту(II), мангану(II), хрому(III) та нікелю(II). Виявилось, що потенційно кращим каталізатором окиснення 4-ацетиламінотолуену в присутності калій броміду є ацетату кобальту (II). Він з достатньо високою швидкістю окиснюється озоном, і, що дуже важливо, має найвищу швидкість ініціювання окиснення за метильною групою (таблиця 1).

Таблиця 1 – Вплив природи металу змінної валентності на селективність окиснення 4-ацетиламінотолуену озонотворним газом в оцтовій кислоті при  $90^\circ\text{C}$ .  $[\text{Me}(\text{OAc})_n]_0 = 0,1$ ;  $[\text{KBr}]_0 = 0,1$ ;  $[\text{ArCH}_3]_0 = 0,4$ ;  $[\text{O}_3]_0 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ ;  $V_p = 0,01 \text{ л}$ ;  $v = 0,5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Каталізатор	$E_p^{298} \text{ Me}^{n+}/\text{Me}^{n+1}$ [10]	$k_{\text{Me}^{n+1} + \text{ArCH}_3}^{298}$ , $\text{л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{с})^{-1}$	$k_{\text{Me}^{n+} + \text{O}_3}^{298}$ , $\text{л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{с})^{-1}$	Вихід 4-ацетил-амінобензойної кислоти, %
Ni(OAc) <sub>2</sub>	0,407	$0,3 \cdot 10^{-5}$	15,0	14,3
Cr(OAc) <sub>3</sub>	0,740	$1,5 \cdot 10^{-5}$	44,5	17,5
Mn(OAc) <sub>2</sub>	1,510	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^3$	58,7
Co(OAc) <sub>2</sub>	1,810	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^2$	75,0

$[\text{ArCH}_3]_0 = 0,4$ ;  $[\text{Co}(\text{OAc})_2]_0 = 0,1$ ;  $[\text{KBr}]_0 = 0,1$ ;  $[\text{O}_3]_0 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль} \cdot \text{л}^{-1}$ .

На рис. 2 приведені результати кінетичних досліджень реакції окиснення 4-ацетиламінотолуену озоном в присутності ацетату кобальту (II) і броміду калію. Видно, що при температурі  $90^\circ\text{C}$  в умовах каталізу утворюється 4-ацетиламінобензойна кислота з виходом 75%.

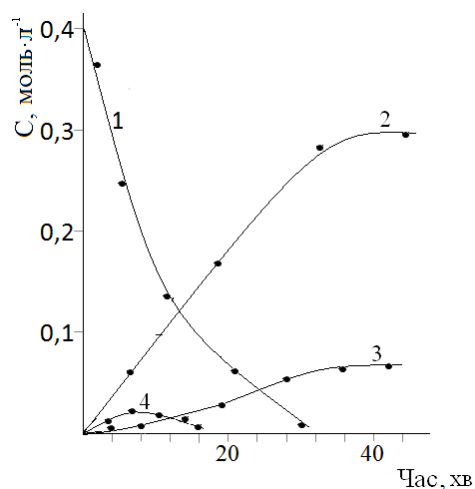


Рис. 1 - Зміна концентрації компонентів реакційної суміші при озонуванні 4-ацетиламінотолуену при  $20^\circ\text{C}$ : 1 – 4-ацетиламінотолуен; 2 – озоніди; 3 – 4-ацетиламінобензойна кислота; 4 – 4-ацетиламінобензальдегід.

В якості проміжних продуктів знайдено 4-ацетиламінобензальдегід і „сліди” 4-ацетиламіно-бензилового спирту. Така селективність окиснення по метильній групі стає можливою лише при високих концентраціях каталізатора і броміду калію (по 0,1 моль·л<sup>-1</sup>). Початок реакції супроводжується переходом забарвлення розчину з рожевого до зеленувато-фіолетового, що свідчить про швидке окиснення Co<sup>2+</sup> в Co<sup>3+</sup>, концентрація якого потім залишається постійною на протязі усього процесу окиснення (рис.).

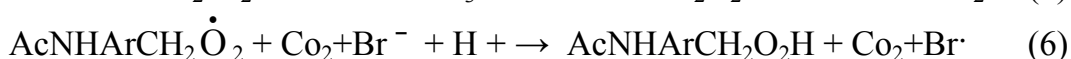
Припинення подачі озону в систему сприяє швидкому переходу Co<sup>3+</sup> у Co<sup>2+</sup>, при цьому реакція зупиняється. Все це свідчить про те, що в присутності кобальтбромідного каталізатора озон насамперед реагує не з субстратом, а з утвореним комплексом Co<sup>2+</sup>Br<sup>-</sup> [7]:



Утворений по реакції (2) кобальтбромідний радикал з високою швидкістю залучає молекулу 4-ацетиламінотолуену в окиснення по метильній групі:



Подальше перетворення 4-ацетиламінобензильного радикалу можна описати наступною схемою реакцій:



В умова досліджу, коли  $[\text{O}_2] / [\text{O}_3] \approx 10^2$ , бензильний радикал переважно перетворюється в пероксидний (р.4) і далі рекомбінує по реакції (7) з кінцевим утворенням 4-ацетиламінобензойної кислоти. Проходженням реакцій (5-6) можна знехтувати, оскільки за даними [8] при 70°C для толуену  $r_5 < r_6 < r_7$  ( $r_5 \approx 0,8 \cdot 10^{-6}$ ;  $r_6 \approx 4 \cdot 10^{-5}$ ;  $r_7 \approx 1,5 \cdot 10^{-4}$  моль·л<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup>;  $[\text{ArCH}_3]_0 = 0,5$ ;  $[\text{Co}_2 + \text{Br}]_0 = 1,9 \cdot 10^{-2}$  моль·л<sup>-1</sup>;  $k_5 = 1,6$ ;  $k_6 = 2,1 \cdot 10^3$ ;  $k_7 = 108$  л·моль<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> [9]).

**Висновки.** Вивчено реакцію озону з 4-ацетиламінотолуеном. Показана можливість окиснення 4-ацетиламінотолуену по метильній групі зі збереженням ароматичної структури. В присутності кобальтбромідного каталізатора вихід 4-ацетиламінобензойної кислоти досягає 75 %.

**Список літератури:** 1. Майофис, Л. С. Технология химко-фармацевтических препаратов [Текст] / Л. С. Майофис. – Л.: Мед. литература, 1958. – 538 с. 2. Рубцов, М. В. Синтетические химко-фармацевтические препараты [Текст] / М. В. Рубцов, А. Г. Байчиков. – М.: Медицина, 1971. – 328 с. 3. Галстян, Г.А. Кинетика и механизм каталитической реакции озона с метилбензолами в уксусной кислоте [Текст] / Г. А. Галстян, Т. М. Галстян, Л. И. Микуленко // Кинетика и катализ. – 1994. – Т.35, №2. – С. 255-260. 4. Галстян, Г. А. Озон и его реакции с ароматическими соединениями в жидкой

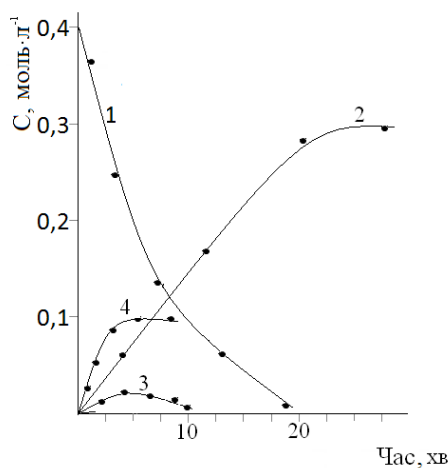


Рис. 2 – Зміна концентрації компонентів реакційної суміші при озонуванні 4-ацетиламінотолуену в присутності кобальтбромідного каталізатора при 90°C: 1 – 4-ацетиламінотолуен; 2 – 4-ацетиламінобензойна кислота; 3 – 4-ацетиламінобензальдегід; 4 – Co<sup>3+</sup>.

фазе [Текст] / Г. А. Галстян, Н. Ф. Тюпало, С. Д. Разумовский. – Луганськ: ВУНУ, 2004. – 272с. **5.** Розумовський, С. Д. Озон та його реакції з аліфатичними сполуками [Текст] / С. Д. Розумовський, Г. А. Галстян, М. Ф. Тюпало. – Луганськ: СУДУ, 2000. – 318 с. **6.** Галстян, Г. А. Реакції озона с алкілбензолами в жидкой фазе [Текст] / Г. А. Галстян // Журн. физ. химии. – 1992. – Т. 66, №4. – С. 875–878. **7.** Галстян, А. Г. Кинетика и механизм окисления 4–нитротолуола озоном в растворе уксусной кислоты в присутствии металлбромидного катализатора [Текст] / А. Г. Галстян, Н. Ф. Тюпало, П. Ю. Андреев // Кинетика и катализ. – 2003. – Т.44, №1. – С. 91–94. **8.** Захаров, И. В. Механизм и параметры окисления алкилароматических углеводородов в присутствии ионов кобальта и брома [Текст] / И. В. Захаров, Ю. В. Галетий // Нефтехимия. – 1978. – Т.18, № 4. – С.615–621. **9.** Захаров, И. В. Кобальтбромидный катализ окисления органических соединений [Текст] / И. В. Захаров, Ю. В. Галетий, В. А. Адамян // Кинетика и катализ.–1991. – Т.32, №1. – С.39–44. **10.** Лурье, Ю. Ю. Справочник по аналитической химии [Текст] / Ю. Ю. Лурье– М.: Химия, 1967. – 390 с.

Надійшла до редколегії 08.01.2014

УДК 541.127: 542.943

**Спосіб отримання 4-амінобензойної кислоти –напівпродукту для синтезу анестезуючих препаратів/ Галстян А. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 7 (1050). – С.126-130. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459**

Исследована реакция окисления 4-аминотолуола озоном в уксусной кислоте. Показано, что после предварительного ацилирования субстрата и в присутствии катализатора окисление протекает в основном по метильной группе с образованием 4-ацетиламинобензойной кислоты с выходом 75%. Предложен механизм каталитического озонирования, который соответствует экспериментальным данным.

**Ключевые слова:** окисление, 4-ацетиламинотолуол, озон, уксусная кислота.

**Method for 4-aminobenzoic acid – intermediates for the synthesis of anesthetic drugs/ A. G. Galstyan //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.126-130. Bibliogr.:10. ISSN 2079-5459**

The studied of reaction of the oxidation of 4-aminotoluene ozone in acetic acid. It is shown that after a preliminary substrate and acylation in the presence of a catalyst, oxidation occurs mainly on the methyl group to give 4-benzoic acid in 75%. Proposed the mechanism of catalytic ozonation, which is consistent with experimental data.

**Keywords:** oxidation, 4-acetylaminotoluene, ozone, acetic acid.

УДК 665.36

**А. О. НЕТРЕБА**, аспірант, НТУ «ХПІ»;  
**Ф. Ф. ГЛАДКИЙ**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»

## РАЦІОНАЛЬНІ УМОВИ ВИДАЛЕННЯ ВОСКОПОДІБНИХ РЕЧОВИН ІЗ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

Досліджено процес кристалізації воскоподібних речовин із соняшnikової олії. Встановлено раціональні умови проведення процесу та доведено можливість використання методу інтенсивного охолодження при вилученні воскоподібних речовин (вінтеризації). Показано можливість збільшення термінів зберігання олії при використанні волокнистих фільтруючих матеріалів.

**Ключеві слова:** соняшnikова олія, воскоподібні речовини, кристалізація, волокнисті фільтруючі матеріали.

**Вступ.** При оцінці якості олії важливе значення мають не тільки її фізико-хімічні показники, але і товарний вигляд, який визначається ступенем її прозорості, що в свою чергу залежить від присутності в ній воскоподібних речовин. В роботах [1–3] описана класична схема вилучення воскоподібних речовин із рослинних олій, яка складається із обережного поступового охолодження олії до температури кристалізації воску,

© А. О. НЕТРЕБА, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, 2014

подальшої витримки при цій температурі та видалення воску шляхом фільтрації. Однак, не дивлячись на численні дослідження [4–6], ця технологія залишається доволі складною і тому потребує вдосконалення.

В процесі кристалізації важливу роль відіграють темп охолодження, температура та тривалість процесу. Все це впливає на швидкість росту кристалів, їх форму та розміри. Від цих параметрів залежить надалі ступінь поділу рідкої і твердої фракцій. Занадто швидке охолодження олії призводить до утворення твердої фракції, яку важко відокремити від рідкої, шляхом фільтрування через бавовняні фільтри [3,6].

Нами запропоновано метод фільтрації за допомогою волокнистих фільтруючих матеріалів [7]. Ці фільтри добре і швидко розділяють суспензію олія-віск, вловлюють найменші частинки кристалів воску, що дозволяє створити нову технологію виморожування воскоподібних речовин, скоротити тривалість процесу і втрати олії [8].

Вплив електромагнітного поля на протікання фізико-хімічних процесів в рідкій фазі останнім часом викликає підвищений інтерес вчених. Проводиться багато досліджень з використання електромагнітної обробки сировини і матеріалів для зміни їх хімічних показників і протікання технологічних процесів. Дослідження такого впливу на процес кристалізації соняшникової олії показало позитивний результат [9].

**Мета роботи.** Метою роботи є встановлення раціональних параметрів технологічного процесу вінтеризації соняшникової олії при її інтенсивному охолодженні, а також визначення можливості збільшення терміну зберігання соняшникової олії.

**Матеріали та результати досліджень.** Ретельний підбір параметрів процесу дуже важливий для кожного виду олії. З метою встановлення раціональних параметрів проведення процесу і для максимального скорочення термінів проведення експериментів, здійснено їх центральне композиційне ортогональне планування другого порядку (ЦКОП) з подальшим математичним моделюванням у програмних пакетах MathCad і Microsoft Excel [10, 11].

Оскільки на процес кристалізації впливають темп охолодження, час проведення процесу і вплив електромагнітної обробки, то ці показники і вибрано параметрами відгук в матриці планування.

Для проведення серії дослідів готували модельні зразки на тричі вимороженій соняшниковій олії, з внесенням в неї необхідної кількості воску (виділеного та очищеного, обезжиреного воску із соняшникової олії) концентрацією 0,3 мас.%. З метою повного розчинення воску пробу соняшникової олії з внесеним воском нагрівали до температури 90 – 105°C та витримували при цій температурі до повного розчинення воску в олії. Потім пробу соняшникової олії охолоджували до температури 7 – 5 °С. Темп охолодження становить 1 °С/хв. Віск та воскові сполуки виділились у вигляді «сітки» (спостерігалось помутніння олії), після чого заміряли оптичну густину та проводили фільтрування олії. Фільтрування модельного зразку проводили на волокнистих фільтрах з метою відокремлення воску та встановлення його температури плавлення [12].

Оптичну густину заміряли на приборі колориметр фотоелектричний концентраційний КФК-2 при довжині хвилі  $\lambda = 440$  нм в кюветі 10 мм. Вмісту воску та воскоподібних речовин в соняшниковій олії розраховували за формулою, яка достовірно описує залежність оптичної густини зразку від процентного вмісту воску:

$$C = 0,864D \quad (1)$$

де D – оптична густина суспензії, C – концентрація воску та воскоподібних речовин в соняшниковій олії.

З отриманих результатів розраховували повноту кристалізації воску з олії. Умови проведення досліджень представлені в табл. 1.



Таблиця 1 – Умови проведення досліджень

Фактори	Темп охолодження °С/хв	Час кристалізації, хв	Час електромагнітної обробки, хв
Код	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Основний рівень, X <sub>і0</sub>	1	45	0,5
Інтервал варіювання, ΔX <sub>і</sub>	0,5	20	0,25
Верхній рівень, +1	1,5	65	0,75
Нижній рівень, -1	0,5	25	0,25
Верхня зіркова точка, +1,215	1,6	69	0,8
Нижня зіркова точка, -1,215	0,4	21	0,2

Матриця планування експерименту в натуральному та кодованому вигляді факторів і його результати представлені в табл. 2.

Для можливості статистичної обробки досліджень в центрі плану проведені в трьох паралелях. На підставі відповідних розрахунків [10] знайдені значення функцій відгуку і отримані криві регресії.

Залежність температури плавлення воскоподібних речовин від основних параметрів проведення процесу кристалізації у фізичних змінних має вигляд:

$$y = 124,8 - 619,6 \cdot x_1 - 0,26 \cdot x_2 - 368 \cdot x_3 + 0,122 \cdot x_1 \cdot x_2 + 849 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,49 \cdot x_2 \cdot x_3 + 162,4 \cdot x_1^2 + 652,44 \cdot x_3^2 \quad (2)$$

Аналіз цієї моделі показує, що домінуючим фактором є час впливу електромагнітної обробки і темп охолодження суспензії, а також спільна дія цих двох чинників. А час проведення процесу істотного впливу не має.

Таблиця 2 – Матриця планування експерименту і його результати

№ досліджу	Фактори в натуральному вигляді			Фактори в кодованому вигляді			Результати експерименту	
	Темп охолодження, °С/хв	Час кристалізації, хв	Час електромагнітної обробки, хв	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Повнота кристалізації воску, мас. %	Температура плавлення воску, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,5	65	0,75	+1	+1	+1	90	70
2	0,5	65	0,75	-1	+1	+1	60	68
3	1,5	25	0,75	+1	-1	+1	53	65
4	0,5	25	0,75	-1	-1	+1	97	66
5	1,5	65	0,25	+1	+1	-1	73	59
6	0,5	65	0,25	-1	+1	-1	64	70
7	1,5	25	0,25	+1	-1	-1	50	71
8	0,5	25	0,25	-1	-1	-1	80	58
9	1,6	45	0,5	+1,215	0	0	97	64
10	0,4	45	0,5	-1,215	0	0	98	62
11	1	69	0,5	0	+1,215	0	96	76
12	1	21	0,5	0	-1,215	0	70	71
13	1	45	0,8	0	0	+1,215	83	77
14	1	45	0,2	0	0	-1,215	90	78
15	1	45	0,5	0	0	0	99	75
16	1	45	0,5	0	0	0	98	76
17	1	45	0,5	0	0	0	99	77

Іншим важливим показником процесу кристалізації є повнота виділення воскоподібних речовин із соняшникової олії (Z, % мас.), яка у фізичних перемінних має вигляд:

$$z=188,96-472,2\cdot x_1+2,6\cdot x_2-595,6\cdot x_3+0,129\cdot x_1\cdot x_2+880\cdot x_1\cdot x_3+5,2\cdot x_2\cdot x_3+164\cdot x_1^2+273\cdot x_3 \quad (3)$$

Аналіз цієї моделі показує, що домінуючим фактором на повноту виділення воскоподібних речовин в першу чергу впливає час електромагнітної обробки і темп охолодження суспензії, а також спільна дія цих двох чинників. А час проведення процесу істотного впливу не має.

В процесі математичного описання встановлено кількісну залежність (у вигляді регресивної моделі) процесу кристалізації воскоподібних речовин з соняшникової олії від темпу охолодження, часу електромагнітної обробки і часу кристалізації, а також розраховані раціональні параметри процесу. Графічні зображення поверхонь відгуку і зон раціональних значень при часу кристалізації 45 хв показано на рисунках 1, 2.

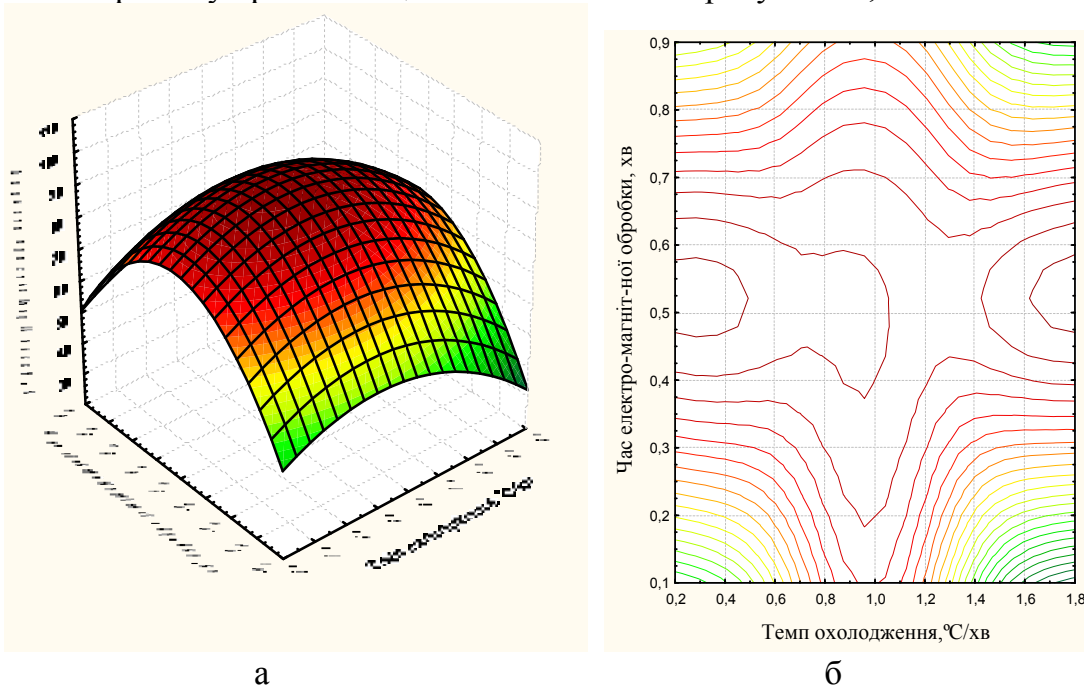


Рис. 1 – Залежність температури плавлення воскоподібних речовин соняшникової олії від темпу охолодження і часу електромагнітної обробки при тривалості кристалізації 45 хв: а – модель поверхні відгуку; б – зона раціональних значень

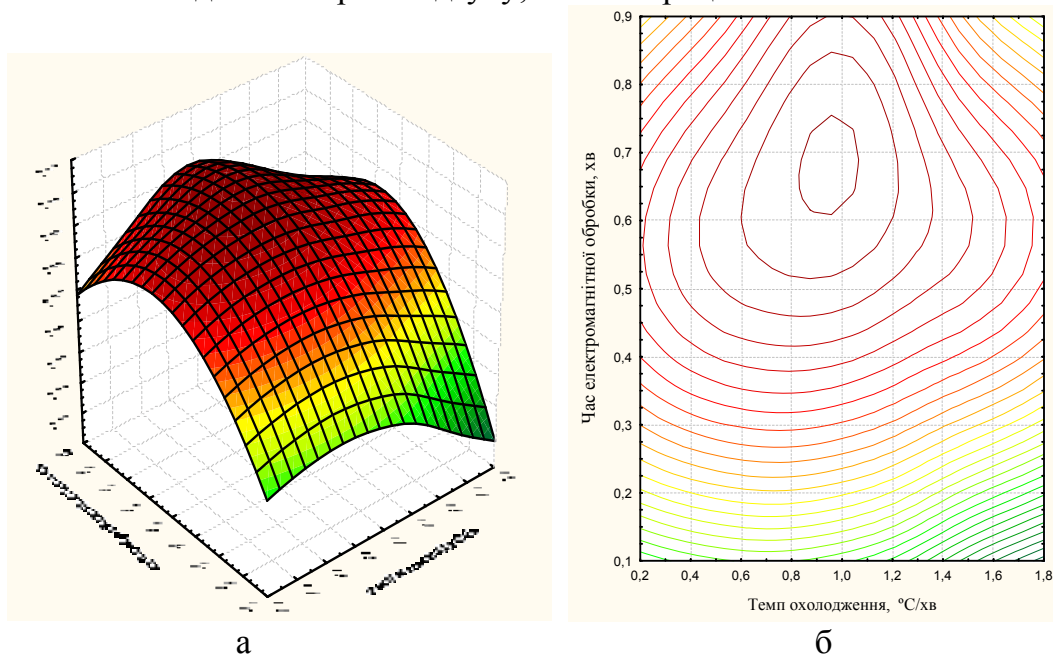


Рис. 2 – Залежність повноти виділення воскоподібних речовин соняшникової олії від темпу охолодження і часу електромагнітної обробки при тривалості кристалізації 45 хв: а – модель поверхні відгуку; б – зона раціональних значень

Результати досліджень підтвердили, що є можливість проведення процесу вінтеризації соняшникової олії при її інтенсивному охолодженні з можливістю виведення всіх воскоподібних речовин.

При тривалому зберіганні або при зберіганні в несприятливих умовах жири піддаються окисленню, набувають неприємного смаку і запаху, і виявляються непридатними для харчових цілей. Тому запобігання окислювальних процесів при отриманні, переробці та зберіганні жирів, контроль за цими процесами і регенерація олій мають дуже важливе значення з позиції безпеки харчових продуктів [1–3].

Проведено дослідження застосування волокнистих фільтруючих матеріалів для видалення супутніх речовин, розчинених в олії, для поліпшення її якості, а також подовження термінів зберігання.

Для цього попередньо визначали якісні показники соняшникової олії, а потім пропускали його через бавовняні фільтри (бельтинг) і волокнисті фільтруючі матеріали. Після чого визначали терміни зберігання і показники якості профільтрованої олії протягом усього терміну зберігання. Показники якості порівнювали з [13]. Результати дослідів представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Зміна якісних показників соняшникової олії при її зберіганні після фільтрації

Зразок олії	Показники якості	Час зберігання, тижні											
		0	1	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Олія, профільтрована через бельтинг	Кислотне число, мг КОН/г	1,9	1,9	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0	4,3	4,8	4,9
	Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	6,5	6,5	8,8	9	9,2	9,5	9,7	9,9	10	11	13	16
Олія, профільтрована через волокнистий фільтр	Кислотне число, мг КОН/г	1,9	1,2	1,9	2,1	2,5	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	3,9	4,0
	Пероксидне число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	6,5	4,4	6,5	6,9	7,3	7,5	7,7	7,9	8,5	8,6	9,1	10

З таблиці 3 видно, що олія профільтрована через волокнисті фільтруючі матеріали, зберігає свої якості протягом більшого часу, що дає змогу подовження строків зберігання. При досягненні граничних значень показників якості соняшкову олію знову пропускали через волокнисті фільтр матеріали, після чого визначали показники олії. Виявилось, що тільки після четвертої фільтрації, кожна з якої через нове фільтр полотно (КЧ1 та ПЧ1) якість олії поверталася до попередніх норм; а при фільтрації через один і той же фільтр (КЧ2 та ПЧ2) – показники олії покращувались повільніше [13]. Результати представлені на рисунку 3. На підставі цього була проведена фільтрація відразу через чотири шари фільтрувальної тканини, в результаті чого отримали більш задовільні результати (перекисне число з 10,0 зменшилося до 6,9; а при фільтрації через п'ять шарів – до 6,5).

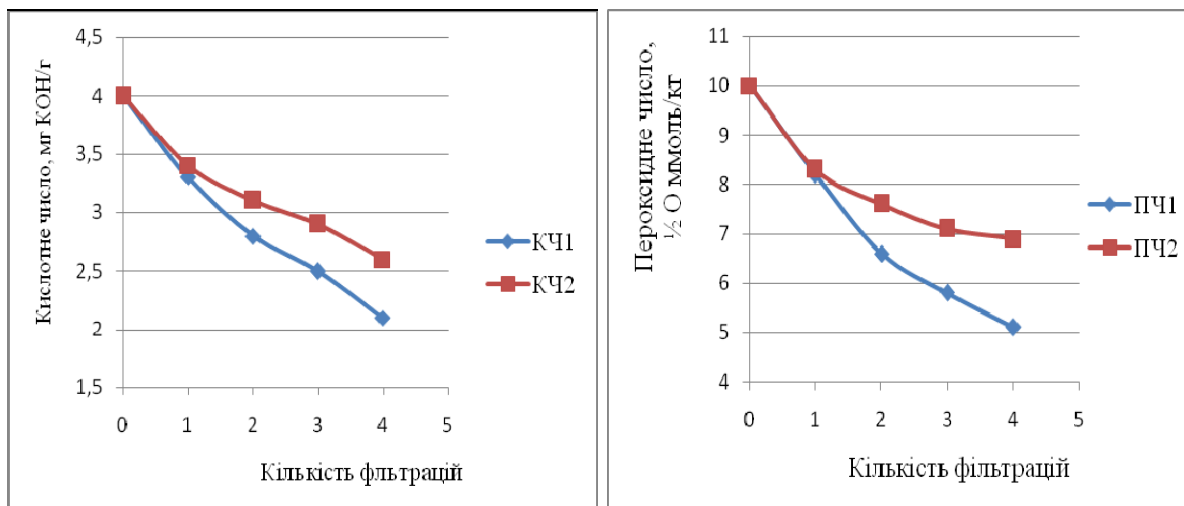


Рис. 3 – Зміна показників якості соняшникової олії після фільтрації через волокнисті матеріали

**Висновок.** За результатами досліджень показана можливість проведення процесу вінтеризації соняшникової олії при її інтенсивному охолодженні та встановлені раціональні умови його проведення. Доведена здатність волокнистих фільтруючих матеріалів затримувати на своїй поверхні полярні супутні речовини і домішки, розчинні в олії, завдяки наявності на них електричного заряду. Це дає не тільки велику перевагу волокнистим фільтруючим матеріалами в порівнянні з бавовняними, але і можливість подовження строків зберігання та створення нової технології рафінації соняшникової олії.

**Список літератури:** 1. *Осейко М. І.* Технологія рослинних олій: Підручник / *М. І. Осейко*. – К: Варта. – 2006. – 280 с. 2. *Арутюнян Н. С.* Рафинация масел и жиров. Теоретические основы, практика, технология, оборудование / *Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена, Е. А. Нестерова*. – С.-Пб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. : ил. 3. *О’Браєн Р.* Жири и масла. Производство, состав и свойства, применение / *Р. О’Браєн*; [пер. с англ. *В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Маглы*]]. – [2-е изд.]. – С.-Пб.: Профессия, 2007. – 752 с. 4. *Е. Т. Klimenko*. Kinetics of wax crystallization from methyl ethyl ketone solutions / *Е. Т. Klimenko, М. N. Seliverstov, М. I. Fal'kovich* // *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. – 1997. – Vol. 13. – No. 10. – P. 712-714. 5. *G. Rivarola*. Crystallization of waxes during sunflowerseed oil refining / *G. Rivarola, M. C. Aron, A. Calvelo* // *J. Am. Oil Chemists' Soc.* – 1999. – Vol. 62. – No. 10. – P. 1508-1513. 6. *S. Martini*. Crystallization of sunflower oil waxes / *S. Martini, M. C. Aron* // *J. Am. Oil Chemists' Soc.* – 2003, Vol. 80, No. 6, pp 525-532 7. Волокнистые фильтрующие материалы ФП / *И. В. Петрянов, В. И. Козлов, П. И. Басманов, Б. И. Огородников*. – М.: Знание, 1968. – 78 с. 8. *Нетреба А. О.* Використання нових волокнисто-фільтруючих матеріалів в технології вінтеризації соняшникової олії / *А. О. Нетреба, Ф. Ф. Гладкий* // Вісник НТУ «ХП». – 2013. – № 55 (1028). – (Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів). – С. 22 – 30. 9. Применение современных методов физико-химического воздействия для рафинации растительных масел / *Юхвид И. М., Артеменко И. П., Бабушкин А. Ф., Стеринчук А. Г.* // Материалы второй международной научно – практической конференции, посвященной 100-летию Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф. Попова В.И. «Прогрессивные технологии и оборудование для пищевой промышленности», г. Воронеж, 22 – 24 сентября 2004г., с. 47 – 48. 10. *Бондарь А. Г.* Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры) / *Бондарь А. Г., Статюха Г. А., Потезенко И. А.*: [Учебное пособие] – Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 264 с. 11. *Саутин С. Н.* Планирование эксперимента в химии и химической технологии / *С. Н. Саутин*. – Л., «Химия», 1975. – 48 с. 12. Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля: ГОСТ Р 52179 - 2003. [Чинний від 2005-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2007. 13. Олія соняшникова. Технічні умови: ДСТУ 4492:2005. [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006.

Надійшла до редколегії 08.12.2013

**Рациональні умови кристалізації воскоподібних речовин із соняшникової олії / Нетреба А. О., Гладкий Ф. Ф.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.130-136. – Бібліогр.: 13 назв. ISSN 2079-5459

Исследовано процес кристалізації воскоподібних речовин з підсонячного масла. Установлено раціональні умови проведення процесу і доведена можливість використання методу інтенсивного охолодження при извлечении воскоподібних речовин (вінтеризації). Показано можливість збільшення строків зберігання підсонячного масла при використанні волокнистих фільтруючих матеріалів.

**Ключевые слова:** підсонячне масло, воскоподібні речовини, кристалізація, волокнисті фільтруючі матеріали.

**Rational crystallization conditions waxes from sunflower oil/ Anna Netreba, Fedor Gladkiy** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.- № 7 (1050).- P.130-136. Bibliogr.:13 ISSN 2079-5459

Investigated the crystallization of wax-like substances from sunflower oil. Established rational process conditions and proved the possibility of using the method of intensive cooling when removing wax-like substances (winterization). Shown the possibility of increasing the shelf life of sunflower oil by using fibrous filter materials.

**Keywords:** sunflower oil, vegetable wax, crystallization, fibrous filtering material.

## УДК 628

**А. Ю. БАХАРЕВА**, канд. техн. наук, ст. препод., НТУ «ХПІ»;

**Е. А. СЕМЕНОВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ ГАЗООБРАЗНЫМИ ВЫБРОСАМИ ИЗ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Статья посвящена решению актуального задания – обеспечить экологическую безопасность окружающей природной среды с доведением концентраций серо- и азотсодержащих соединений в газообразных выбросах канализационных сетей путем конвертирования этих соединений в экологически безопасные соединения. Для доведения концентрации серо- и азотсодержащих соединений в газообразных выбросах из канализационных сетей до норм ПДК разработан биотехнологический метод.

**Ключевые слова:** газообразные выбросы, соединения, экологическая безопасность, биотехнологический метод, канализационные сети.

**Введение.** Атмосферный воздух, являющийся одной из самых важных жизнеобеспечивающих природных сред, представляет собой смесь газов и аэрозолей приземного слоя атмосферы, которая сложилась в ходе эволюции Земли, деятельности человека и находится за пределами жилых, производственных и иных помещений. Результаты экологических исследований свидетельствуют о том, что загрязнение приземной атмосферы – самый мощный, постоянно действующий фактор воздействия на человека, пищевую цепь и окружающую среду. Атмосферный воздух имеет неограниченную емкость и играет роль наиболее подвижного, химически агрессивного и всепроникающего агента взаимодействия вблизи поверхности компонентов биосферы, гидросферы и атмосферы [1, 2].

Атмосфера оказывает интенсивное воздействие не только на человека и биоту, но и на гидросферу, почвенно-растительный покров, геологическую среду, здания, сооружения и другие техногенные объекты. Поэтому охрана атмосферного воздуха является наиболее приоритетной проблемой экологии и ей уделяется пристальное внимание во всех развитых странах [1, 2, 3].

Загрязнение приземной атмосферы вызывает рак легких, горла и кожи, расстройства ЦНС, аллергические и респираторные заболевания, дефекты у новорожденных и многие другие болезни, список которых определяется присутствующими в воздухе загрязняющими веществами и их совместным воздействием на организм человека [2, 3].

На фоне общего достаточно тяжелого экологического положения Украины, результаты обследований последних лет выявляют опасную тенденцию к увеличению газообразных выбросов [4 – 6]. Особую остроту загрязнение атмосферного воздуха приобретает в городах с большим количеством промышленных предприятий [7]. Потенциально загрязнение воздуха является наиболее серьезной экологической проблемой для здоровья людей в ближайшей и среднесрочной перспективе. От загрязнения воздуха труднее уберечься, чем от загрязнения воды [8].

Оценка состояния химического загрязнения атмосферного воздуха в городах Украины осуществлялась по данным наблюдений, которые проводились в 53 городах на 162 стационарных постах и на двух станциях трансграничного мониторинга. В целом, в атмосферном воздухе определялось содержание 33 загрязняющих веществ, включая тяжелые металлы и бензапирен [9].

Из 53 городов Украины, в которых проводились наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на стационарных постах, по валовым выбросам вредных веществ первое место занимает Кривой Рог, второе – Мариуполь, третье – Донецк [8]. Украинский город Ужгород не относится к городам с активно развитой промышленной структурой, тем не менее, в нем зафиксирован высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха [10].

Достаточно серьезным фактором загрязнения атмосферного воздуха больших городов являются канализационные сети, в газообразных выбросах которых присутствует достаточно широкий спектр дурнопахнущих, а главное, токсичных и высокотоксичных веществ, концентрации которых превышают, а зачастую, многократно превышают нормы ПДК.

В данной статье приведен обзор биотехнологических методов борьбы с экологически опасными концентрациями серо- и азотсодержащих веществ канализационных сетей различных стран, а также, приведены собственные лабораторные экспериментальные исследования биотехнологической детоксикации серо- и азотсодержащих веществ канализационных сетей (данные по г. Харькову), концентрации которых превышают нормы ПДК.

**Основная часть.** Газообразные выбросы из канализационных сетей содержат ряд экологически опасных серо- и азотсодержащих токсичных соединений 2-го и 3-го класса опасности, концентрации которых существенно превышают установленные нормы ПДК. К настоящему времени опубликованы результаты значительного числа как лабораторных исследований, так и промышленного использования процессов биологической очистки газообразных выбросов из канализационных сетей от серо- и азотсодержащих соединений [11 – 13].

Компанией «Инновационные технологии» совместно с Институтом биохимии им. Баха разработан производительный биофильтр с орошаемым слоем «Биореактор ТМ» [11]. Установки, созданные на основе этой разработки, успешно эксплуатируются в системе «Мосводоканал», а также за рубежом – в Англии и Корее. При времени контакта 4-7 с они могут обеспечивать высокую эффективность очистки: по сероводороду и меркаптанам – 99%, по аммиаку – 95% [14]. Годичные испытания установки такого типа на очистных сооружениях показали, что при средней концентрации загрязнения на входе 12 мг/м<sup>3</sup> и подаче 100 м<sup>3</sup>/ч, эффективность не опускалась ниже 90%, а, начиная с 38-й недели, составляла около 95%. На другой канализационной сети в аналогичных испытаниях

при времени контакта 1,85 с содержание сероводорода снижалось в среднем с 0,75 до 0,064 мг/л, то есть на 91,4% [15]. Сделан вывод об оптимальности применения разработанных установок для очистки выбросов на очистных сооружениях с большими расходами (до 50000 м<sup>3</sup>/ч и более) [11].

Во время пилотных испытаний на канализационных сооружениях в Великобритании получено 100 %-ное удаление H<sub>2</sub>S. При этом использовалось существующее оборудование для очистки газов [13].

В качестве путей интенсификации рассматривается преобразование скрубберов в биоструйные фильтры и разработка новых активных носителей (например, биоуглеродный электрод) [16, 17]. На основе результатов восьмимесячной эксплуатации показано, что при интенсивности поступления загрязненного воздуха 16000 м<sup>3</sup>/ч и времени контакта 1,6-2,2 с достигаемые объемы удаления сероводорода составили 105-110 г/м<sup>3</sup> ч, а концентрация вредного вещества на выходе поддерживалась на уровне значительно более низком, чем допустимые значения. Расчетный срок окупаемости преобразования традиционного скруббера в биохимическую установку составил 1,3 года.

Таким образом, выполненный значительный объем экспериментальных исследований свидетельствует о широких технологических возможностях биотехнологической детоксикации газообразных выбросов из канализационных сетей.

В собственном лабораторном эксперименте устанавливали кинетические характеристики биотехнологической детоксикации сероводорода, диоксида серы и аммиака. Для установления кинетических характеристик биотехнологической детоксикации H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> – удельной скорости окисления S<sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> – в лабораторной установке проводили обработку воды (солевой состав среды Сориано и Уокера), содержащей какой-либо один из очищаемых газов.

Результаты экспериментов по определению кинетических характеристик биохимического окисления растворенных в воде H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> представлены на рис. 1 – 8 [18, 19].

Поскольку S<sup>2-</sup> и SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> окисляют бактерии одной и той же эколого-трофической группы, то можно предположить, что H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> в водной среде могут конкурировать за оксидазы тиобацилл. Поэтому в специальном эксперименте обрабатывали воду, в которой эти два S-содержащих субстрата находились в равных концентрациях (рис. 7, 8).

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что биохимическое окисление позволяет очистить водную среду от H<sub>2</sub>S на 100% (рис. 1 – 2). В диапазоне концентраций H<sub>2</sub>S в воде 15-120 мг/дм<sup>3</sup> скорость окисления S-H<sub>2</sub>S изменялась от 12 мг/г·ч в области минимальных концентраций до максимальных значений равных примерно 40 мг/г·ч (рис. 1).

Близкие и аналогичные по характеру результаты получены и для скорости окисления S-SO<sub>2</sub> в воде (рис. 3, 4). Диоксид серы также активно окисляется тиобациллами, иммобилизованными на твердом носителе: через 4 ч обработки его концентрация падала до 0. Максимальная скорость окисления S-SO<sub>2</sub> при концентрации субстрата 60-180 мг/дм<sup>3</sup> составила ≈ 40 мг/г·ч.

Жизнедеятельность аммонийокисляющих бактерий, иммобилизованных на загрузке, удаляет NH<sub>4</sub><sup>+</sup> на 100%. В диапазоне концентраций N-NH<sub>3</sub> в воде 2,5-20 мг/дм<sup>3</sup> скорость окисления изменялась от примерно 1,5 мг/г·ч при минимальных концентрациях до максимального значения равного 5 мг/г·ч (рис. 5, 6).

Из сравнения данных рис. 1, 3 и 7 следует, что максимальная удельная скорость окисления S-содержащих субстратов, составляющая 80 мг/г·ч, практически вдвое превышает удельные скорости окисления H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub>. Таким образом, можно утверждать, что окисление H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub> осуществляют различные тиобациллы, не конкурирующие друг с



другом за серосодержащие субстраты. В противном случае удельная скорость окисления S-содержащих субстратов должна была бы составлять около 40 мг/г·ч.

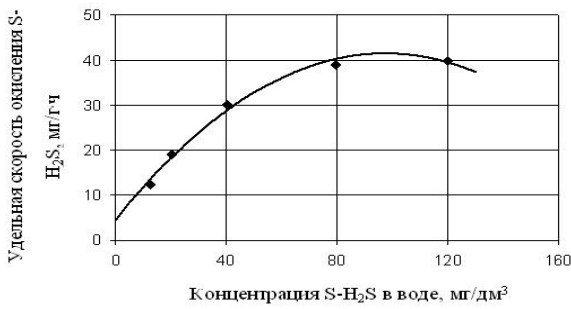


Рис. 1 – Влияние концентрации H<sub>2</sub>S в воде на скорость биосорбционного окисления

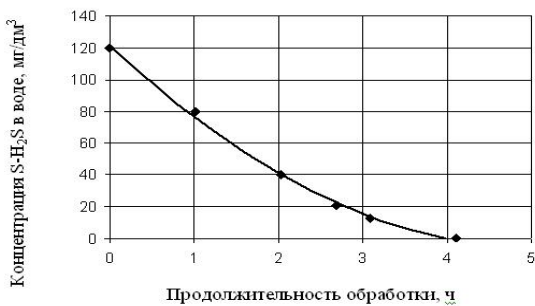


Рис. 2 – Влияние продолжительности обработки на концентрацию H<sub>2</sub>S в воде

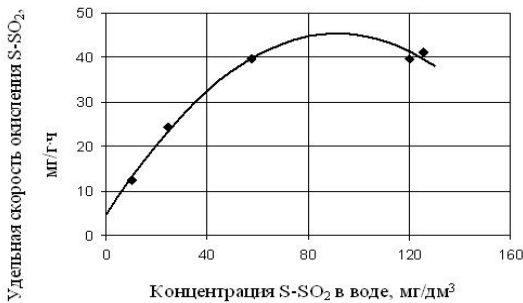


Рис. 3 – Влияние концентрации SO<sub>2</sub> в воде на скорость биосорбционного окисления



Рис. 4 – Влияние продолжительности обработки на концентрацию SO<sub>2</sub> в воде

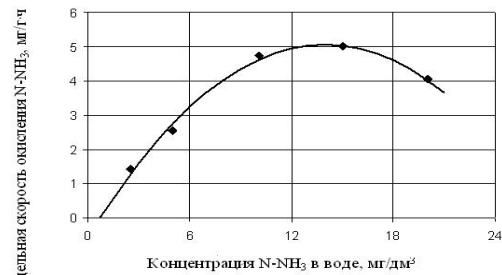


Рис. 5 – Влияние концентрации NH<sub>3</sub> в воде на скорость биосорбционного окисления

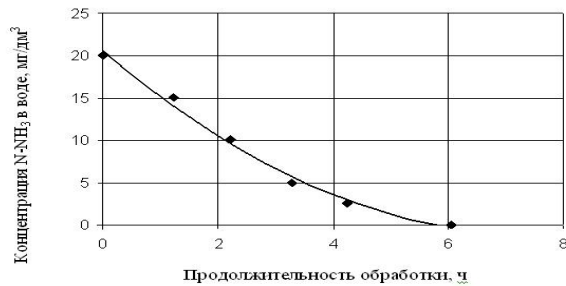


Рис. 6 – Влияние продолжительности обработки на концентрацию NH<sub>3</sub> в воде

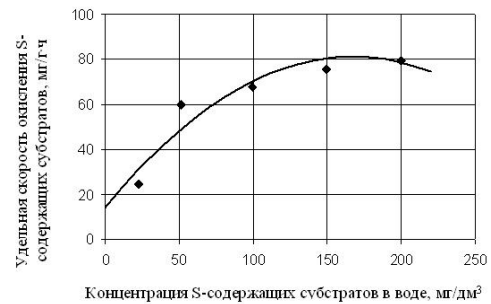


Рис. 7 – Влияние концентрации S-содержащих субстратов в воде на скорость биосорбционного окисления

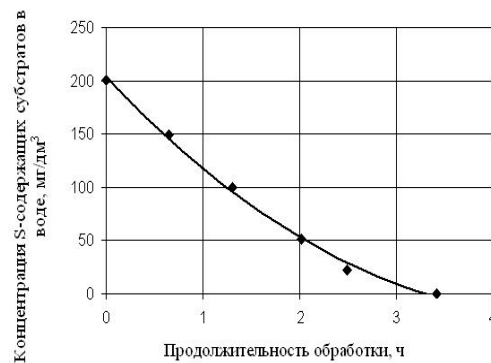


Рис. 8 – Влияние продолжительности обработки на концентрацию S-содержащих субстратов в воде

**Выводы.** Анализ результатов статистической обработки экспериментальных данных свидетельствует о том, что с высокой степенью точности (величины доверительных интервалов) и вероятности (коэффициенты детерминации и отношения наблюдаемого значения F-критерия к табличному) зависимости удельной скорости биохимического окисления в воде  $H_2S$ ,  $SO_2$  и  $NH_3$  от их концентрации существуют и имеют вид кривой с максимумом. Об этом же наглядно свидетельствует и внешний вид кривых (рис. 1, 3, 5).

Уменьшение концентрации исследованных вредных веществ в течение большей части процесса биохимической очистки близко к линейному (рис. 2, 4, 6). Заметная нелинейность проявляется только при минимальных концентрациях в конце процесса. Об этом свидетельствует и статистическая достоверность применения линейной зависимости для описания экспериментальных данных.

В целом, выполненный на лабораторной установке эксперимент, по полученному уровню скоростей окисления, показывает технологическую применимость биореактора для очистки от  $H_2S$ ,  $SO_2$  и  $NH_3$  в сетях водоотведения.

**Список литературы:** 1. Батлук, В. А. Основи екології: підруч [Текст] / В. А. Батлук – К.: Знання, 2007. – 519 с. 2. Мельник, Л. Г. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підруч. [Текст] / Л. Г. Мельник, М. К. Шапочка – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759с. 3. Бойчук, Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища [Текст] / Ю. Д. Бойчук, Е. М. Солошенко, О. В. Бугай – Навчальний посібник. – К.: Палітурка, 2007. – 304с. 4. Стольберг, Ф. В. Экология города [Текст] / Ф. В. Стольберг – К.: Либра, 2000. – 464 с. 5. Косовец, А. А. Некоторые вопросы состояния загрязнения атмосферного воздуха на территории Украины [Текст] / А. А. Косовец, И. А. Колесник // Экология и промышленность. – Харьков: Энергосталь. – 2008. – № 1(14). – С. 19-23. 6. Яковлев, С. О. Эколого-ресурсні фактори сучасного природокористування та їх зв'язок із національною безпекою України [Текст] / С. О. Яковлев, Л. М. Якушенко // Экология и промышленность. – Харьков: Энергосталь. – 2009. – № 3(20). – С. 9-12. 7. Шкуро, В. В. Эколого-гігієнічні проблеми сучасного урбанізованого міського середовища [Текст] / В. В. Шкуро // Тезисы докладов XIII (ежегодной) Международной научно-технической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов», 13-17 июня 2005г., Алушта. – Харьков: УГНИИ «УкрВОДГЕО», 2005. – С. 289-294. 8. Агеева, Ю. В. Оценка фотохимического смога на загрязнение атмосферного воздуха г. Донецка формальдегидом: Магистерская выпускная работа: спец. «Управление экологической безопасностью» [Текст] / Ю. В. Агеева. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 127 с. 9. Зеркалов, Д. В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль [Текст] / Д. В. Зеркалов – Навчальний посібник. – К.: КНТ, Дакор, Основа, 2007. – 412 с. 10. Довідка про стан забруднення атмосферного повітря по місту Ужгороду за 2006 рік [Текст] // 30 ГМЦ. – Ужгород, 2007. (10) 11. Храменков, С. В. Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации [Текст] / С. В. Храменков, А. Н. Пахомов, Д. А. Данилович, М. Н. Козлов, А. Г. Дорофеев, А. Р. Агевнин // Водоснабжение и санитарная техника. – М.: ООО «Изд-во ВСТ». – 2006. – № 11. – С. 40-47. 12. Денисов, А. А. Очистка выбросных газов от соединений серы (обзор) [Текст] / А. А. Денисов // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – К.: Институт газа НАН Украины. – 2009. – № 3. – С. 55-60.(12) 13. Barbosa, V. L. Hydrogen sulphide removal by activated sludge diffusion [Текст] / V. L. Barbosa, D. Dufol, J. L. Callan, R. Sneath, R. M. Stuetz // Water Science and Technology. – Portland: IWAPublishing. – 2004. – № 4. – P. 199-205. 14. Жуков, В. Г. Микробиологические методы очистки промышленных вентиляционных выбросов от летучих примесей. Возможности и перспективы практического использования технологии «Биореактор» для борьбы с индустриальными загрязнениями атмосферы [Текст] / В. Г. Жуков, В. О. Попов, В. Г. Хоменков // Наука Москвы и регионов. – М.: Минпромнауки РФ и Московский комитет по науке и технологии. – 2003. – № 3. – С. 61-68. 15. Пахомов, А. М. Исследование применения газовых биофильтров для удаления дурнопахнущих веществ на очистных сооружениях Курьяновской станции аэрации [Текст] / А. М. Пахомов, В. О. Попов, Д. А. Данилович // Тезисы докладов VI международного конгресса «ЭКВАТЭК – 2004», 1-4 июня 2004г., Москва. – М.: ЗАО «Фирма Сибико Интернейшл», 2004. – С. 73-81. 16. Jan, R. Bath experiment on  $H_2S$  degradation by bacteria immobilised on activated carbons [Текст] / R. Jan, V. L. Ng, X. G. Chen, A. L. Geng, W. D. Gouhd, H. Q. Duan, D. T. Ling, L. C. Koe // Water Science and Technology. – Portland: IWAPublishing. –

2004. – № 4. – P. 299-308.17. *Gabrieland, D.* Technical and economical analysis of the conversion of a full-scale scrubber to a biotrickling filter for odour control [Текст] / *D. Gabrieland, M. A. Deshusses* // *Water Science and Technology*. – Portland: IWA Publishing. – 2004. – № 4. – P. 309-318. 18. *Бахарева, А. Ю.* Использование биотехнологического метода для очистки промышленных газообразных выбросов от H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> и SO<sub>2</sub> [Текст] / *А. Ю. Бахарева, В. А. Юрченко* // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2005. – № 5/1(17). – С. 95-99 19. *Бахарева, Г. Ю.* Біотехнологічна очистка газоподібних викидів від H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> та NH<sub>3</sub> [Текст] / *Г. Ю. Бахарева, В. О. Юрченко* // *Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток наукових досліджень», 7-9 листопада 2005р., Полтава*. – Полтава: «ІнтерГрафіка», 2005. – С. 81-84.

*Поступила в редколлегию 10.01.2014*

УДК 628

**Загрязнение атмосферы городов газообразными выбросами из канализационных сетей/ Бахарева А. Ю., Семенов Е.А.** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.136-141. – Бібліогр.:19 назв. ISSN 2079-5459

Статтю присвячено вирішенню актуального завдання – забезпечити екологічну безпеку навколишнього природного середовища з доведенням концентрацій сірко- та азотвмісних сполук у газоподібних викидах каналізаційних мереж шляхом конвертації їх у екологічно безпечні сполуки. Для доведення концентрації сірко- та азотвмісних сполук у газоподібних викидах з каналізаційних мереж до норм ГДК розроблено біотехнологічний метод.

**Ключові слова:** газоподібні викиди, сполуки, екологічна безпека, біотехнологічний метод, каналізаційні мережі.

**Pollution of city atmosphere with gasiform throw outs from sewerage networks/ A. Yu. Bahareva, E. A. Semenov** // *Bulletin of NTU “KhPI”*. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.136-141. Bibliogr.:19. ISSN 2079-5459

The article is devoted to solution of topical ecological problem of ensuring of the environmental state with optimization of H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> concentrations in gasiform throw outs from sewerage networks to bixed MAD by means of its transformation in ecological safety compounds. The methods for bioenvironmental safe of city atmosphere in gasiform throw outs region, containing H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> have been developed. The effective biotechnology of gasiform throw outs treatment out of sewerage networks has been proposed.

**Keywords:** gasiform throw outs, environmental, ecological safety, biotechnological detoxication, sewerage networks.

УДК 666.768

**Ю. В. ХАРЫБИНА**, аспирант, НТУ «ХПІ»;

**Я. Н. ПИТАК**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

**О. Я. ПИТАК**, ассистент, НТУ «ХПІ»

## **БЕЗОБЖИГОВЫЕ МУЛЛИТОКОРУНДОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ НА ФОСФАТНЫХ СВЯЗКАХ**

Рассмотрены вопросы разработки безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках для стекловаренных печей. Показаны перспективы расширения разработки безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров для получения конкурентоспособных огнеупорных материалов. Обобщение литературных данных позволило установить, что перспективной для получения огнеупорных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами являются композиции на основе системы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - SiO<sub>2</sub> - CaO - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Ключевые слова:** безобжиговые огнеупоры, фосфатные связки, стекловаренная печь

**Введение.** На сегодняшний день главным и общим направлением научно-технического прогресса в химической, металлургической, машиностроительной отраслях промышленности является разработка и внедрение новых видов конкурентоспособных

© Ю. В. ХАРЫБИНА, Я. Н. ПИТАК, О. Я. ПИТАК, 2014

огнеупоров, обладающих высокими эксплуатационными свойствами. В последние годы в Украине разрабатываются и постепенно приходят на смену традиционным изделиям – новые огнеупоры, значительно термо- и коррозионностойкие, с высокой механической прочностью [1]. Стремление к уменьшению издержек производства, ужесточающиеся экологические стандарты, а так же желание повысить качество выпускаемой продукции являются существенными аспектами в условиях жесткого экономического кризиса. Выбор эффективных огнеупорных материалов для футеровки стекловаренных печей является возможностью оптимального позиционирования на рынке изготовителей стекла, поскольку применение высококачественных огнеупоров является определяющим показателем качества изготавливаемой продукции.

В настоящее время придается немало значения проблемам экологической чистоты технологических процессов и безотходности производства. Важным направляющим стимулом развития современной огнеупорной промышленности является совершенствование существующих и появление новых высокотемпературных технологий, предъявляющих все более высокие требования к условиям эксплуатации огнеупоров. При этом задачи улучшения служебных характеристик огнеупоров неразрывно связаны с соблюдением экологических стандартов, а так же возможностью утилизации отходов производства огнеупоров. Вовлечение в производство огнеупорных материалов 1 % отходов позволяет уменьшить затраты на извлечение минерального сырья на 2 %. [2].

Перспективными путями решения данных исследований является, во-первых, замена дорогостоящих штучных обжиговых огнеупоров безобжиговыми, во-вторых, применение в качестве сырьевых материалов соответствующих промышленных отходов, во многих случаях являющихся бросовым материалом [3].

#### **Анализ проблемной области получения безобжиговых огнеупоров.**

Отечественные стекольные предприятия потребляют около 4 % отечественных огнеупоров, поэтому, внедрение новых технологических процессов требует использование более высококачественных огнеупоров [4]. Высокая стоимость зарубежных сырьевых материалов заметно удорожает конечную огнеупорную продукцию, а зачастую ограничивает ее использование. В связи с этим, главными направлениями в производстве огнеупоров являются разработка отечественных материалов, расширение их ассортимента и рациональное использование.

Анализ состояния и основных направлений по совершенствованию производства огнеупоров [5] указывает на преимущество развития технологии безобжиговых огнеупоров. В качестве связующего материала наиболее перспективным следует считать фосфатные соединения, которые хорошо зарекомендовали себя в технологии огнеупоров, обеспечивая высокую термостойкость и прочность огнеупорного материала при высоких температурах [6].

Алюмофосфатные связки (АФС)– коллоидные растворы алюмофосфатов, полученные в результате взаимодействия гидрата технического глинозема с разбавленной ортофосфорной кислотой [7]. Алюмохромфосфатные связки (АХФС)– это водный раствор смешанных фосфатов алюминия и хрома с общей формулой  $Al_2O_3 \cdot xCr_2O_3 \cdot (xCrO_3) \cdot yP_2O_5 \cdot nH_2O$  [7], а алюмоборфосфатное связующее (АБФС) является продуктом взаимодействия ортофосфорной и борной кислот с гидратом оксида алюминия.

Учитывая высокую наукоемкость технологии, ее экологические, технологические и ресурсосберегающие аспекты делают ее современной и конкурентоспособной на рынке стройиндустрии. Согласно [8] фосфатные связующие применяются для изготовления высококачественных муллитокорундовых, корундовых, муллитовых изделий, предназначенных для эксплуатации в жестких условиях воздействия высоких температур, агрессивных сред, а так же механических нагрузок.

Хорошая вяжущая способность АХФС, малая кислотность, низкая температура отверждения и высокие адгезионные свойства обеспечивают широкое применение АХФС в технологии высокоглиноземистых огнеупорных материалов. Эти преимущества АХФС перед ортофосфорной кислотой полностью компенсируют относительно большую стоимость этих материалов, что связано с необходимостью применения дополнительного технологического процесса для приготовления АХФС.

На основании [9], можно сделать вывод, в качестве связующего материала фосфатные связки, являются наиболее подходящими в технологии безобжиговых огнеупоров. От безобжиговых огнеупоров требуется ускоренный рост прочности, высокая огнеупорность, сохранение достаточной прочности при нагревании и после нее, стойкость в агрессивных средах. Последнее требование для стекловаренных печей имеет особо важное значение, так как футеровочный материал подвергается не только воздействию высоких температур, но и воздействию химической агрессии среды. Фактор стойкости (химическая стойкость) фосфатных связующих имеет значения 0,66 – 0,75, что является достаточно высоким показателем химической стойкости в агрессивных средах стекловаренных печей.

С учетом существующих в настоящее время в странах производителях тенденции развития высококачественных огнеупоров является актуальным и перспективным обратить свое внимание на изучение и разработку безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках для стекловаренных печей. Применение таких материалов позволяет расширить сырьевую базу и снизить себестоимость изготовления огнеупоров при сохранении высоких показателей свойств. Таким образом, огнеупорные изделия на фосфатных связках обладают достаточно высокими исходными физико-механическими характеристиками без применения высокотемпературного обжига, что является весьма актуальным при современном уровне энергодефицита.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы явилось разработать научные основы технологии безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров на основе композиций системы  $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$  для футеровки стекловаренных печей.

Системы, включающие огнеупорные оксиды и соединения, с одной стороны, и композиции оксидов, входящих в состав стекла, с другой стороны, а также оксиды фосфора представляют огромный интерес для описания физико-химических процессов протекающих на контакте огнеупор – шихта при различных температурах службы. Одной из таких систем, имеющих существенное прикладное значение в технологии тугоплавких неметаллических материалов, особенно при рассмотрении вопросов службы огнеупоров в агрессивной среде стекловаренных агрегатов является система  $Al_2O_3 - SiO_2 - P_2O_5 - CaO$ .

Для этого в статье обосновывается выбор технологии производства безобжиговых муллитокорундовых огнеупоров на фосфатных связках для футеровки варочного бассейна стекловаренных печей.

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что разработка в области огнеупоров нового поколения для стекольной промышленности, в частности безобжиговых на фосфатных связках, позволяют достичь значительного прогресса в технологии огнеупоров [5, 11]. Производство огнеупоров для стекловаренных печей существенно отличается от производства огнеупоров общего назначения. В первую очередь, огнеупоры для кладки стекловаренных печей должны соответствовать таким жестким требованиям:

- 1) иметь точность габариторазмеров и правильность формы;
- 2) иметь высокую механическую прочность при воздействии высоких температур;
- 3) иметь высокую эрозионную устойчивость по отношению к расплаву стекломассы;
- 4) иметь высокую термостойкость на протяжении длительного времени;
- 5) сохранять постоянство объема во время службы.

Стеклоустойчивость или стойкость огнеупоров к коррозии — важнейшее свойство огнеупоров для стекловаренных печей. Существует два вида коррозии: активная и пассивная. При активной коррозии образуются новые легкоплавкие фазы, снижающие рабочие характеристики футеровки. При пассивной коррозии образованные новые фазы являются огнеупорными, они заполняют поры в материале, препятствуя дальнейшему проникновению расплава в объем футеровки. Расплав может, как проникать в глубь футеровки, так и образовывать на поверхности огнеупора контактный слой определенной толщины, который смывается или стекает. Этот процесс удаления продуктов взаимодействия, сопутствующий коррозии, называется эрозией.

Поэтому, выбор огнеупорного материала для футеровки стекловаренных печей является очень серьезным шагом, определяющий общий эксплуатационный ресурс печи, влияя на качество выпускаемой продукции. Качество огнеупорного материала для кладки варочного бассейна стекловаренных печей существенно влияет на качество выпускаемой стекольной продукции, поскольку в процессе эксплуатации частицы огнеупорного материала попадают в расплав стекломассы, снижая качество готового стекла [4, 12]. С учетом вышеизложенного можно сделать выводы, что применение муллитокорундовых изделий для кладки дна варочного бассейна стекловаренных печей является целесообразно.

Огнеупорные изделия на фосфатных связках обладают достаточно высокими исходными физико-механическими характеристиками без применения высокотемпературного обжига. Свойства огнеупорных изделий при первичной термообработке до 400°C на заводе-изготовителе уже обеспечивают необходимую плотность, требуемую монтажную прочность, пористость огнеупорных изделий [13]. Для сооружения различных зон стекловаренной печи применяются огнеупоры различного спектра. Самыми эффективными из традиционных огнеупоров, применяемых в стекловаренных печах, являются электроплавленные бадделеито-корундовые огнеупоры. Однако их применение увеличивает затраты на производство стекла, а планируемая длительность межремонтных кампаний печей не всегда достигается. Кроме того, серьезным недостатком бакоровых огнеупоров является их пониженная термостойкость, особенно в интервале температур 1000-1200°C при нагревании и 1000-900°C при охлаждении, что связано с полиморфными превращениями диоксида циркония, вызывающими объемные изменения в материале [14]. Одним из существенных недостатков бакоровых огнеупоров является также их химическая и минералогическая неоднородность по толщине отливки, образующаяся из-за специфических условий охлаждения и кристаллизации. Возникшие крупнокристаллические зоны снижают стеклоустойчивость огнеупора. Частично эти недостатки удается устранить в цирконоглино-глиноземистых огнеупорах на фосфатном связующем.

Обобщая литературные данные, следует отметить, что в последние годы широко изучены свойства плавленных и спекшихся алюмосиликатных огнеупоров и по полученным результатам созданы новые огнеупорные материалы. Однако у этих огнеупоров имеются специфические для каждого материала приведенные выше недостатки, которые ограничивают область их применения. Наиболее эффективными разновидностями огнеупоров, предназначенных для кладки дна варочного бассейна стекловаренных печей, являются муллитокорундовые, муллитовые, огнеупоры таких марок МКС-90, МЛС-62, СВНС-4, СВНС-6. Поэтому остается актуальной проблемой создания и всестороннему исследованию муллитокорундового огнеупорного материала на фосфатном связующем с целью применения в стекловаренных печах и других высокотемпературных тепловых агрегатах. Однако, сложность физико-химических процессов, обуславливающих процессы твердения и структурообразования материалов на фосфатных связках, а так же недостаточное количество систематизированных данных о зависимости их свойств от состава и технологических параметров изготовления требуют более детального изучения и опыта

применения в различных областях промышленности. Так же мало изучены физико-химические процессы, происходящие в материале при нагревании до высоких температур (1550°С) без которых невозможно прогнозировать надежную службу изделий. Важно отметить, при прогнозировании технических свойств безобжиговых огнеупоров на фосфатных связках следует учитывать химический, минералогический состав компонентов шихты, а так же кинетику дегидратации фосфатных связующих, фазовый состав новообразований в результате взаимодействия порошковых компонентов со связующим, так как в настоящее время отсутствуют систематизированные данные о зависимости технических свойств фосфатных материалов от их состава [10].

Поэтому, с целью улучшения эксплуатационных характеристик муллитокорундовых огнеупорных изделий и расширения сырьевой базы для ее изготовления, большой интерес представляет проведение исследований влияния фосфатных связок на свойства готовых изделий.

**Выводы.** В результате изучения литературных источников установлено, что неотъемлемым этапом в процессе получения высококачественного стекла является применение высококачественных огнеупорных материалов. Одним из элементов, который находится в наиболее агрессивных условиях в процессе службы и к которым предъявляются высокие требования, является дно стекловаренной печи.

Две основные проблемы – интенсификация технологических процессов и экономное использование энергоресурсов – выдвигают повышенные требования к различным огнеупорным материалам. Поэтому актуальной задачей является разработка, исследование и внедрение в промышленность принципиально новых, стойких к повышенным тепловым нагрузкам огнеупорных материалов и организация производства большеразмерных конструкций на их основе, которые позволят расширить ассортимент и индустриализировать строительство и ремонт тепловых агрегатов.

Таким образом, внедрение современных связующих для усовершенствования огнеупорной матрицы и свойств муллитокорундовых изделий позволят получить нам новые виды конкурентоспособных огнеупорных изделий для стекловаренных печей с повышенной высокотемпературной коррозионной стойкостью в агрессивной среде варочного бассейна. Замена традиционных обжиговых огнеупоров безобжиговыми изделиями позволяет индустриализировать строительство и ремонт тепловых агрегатов, принимать принципиально новые технические решения при разработке конструкций печей и улучшить их эксплуатационные свойства, что в конечном итоге характеризуется высокой экономической эффективностью. Применение фосфатных связующих для изготовления муллитокорундовых изделий значительно упрощает технологию изготовления огнеупорных материалов, исключает их высокотемпературный обжиг или плавку шихты, сокращает технологические потери и снижает себестоимость материала. По своим эксплуатационным свойствам высокоглиноземистые огнеупоры на фосфатных связующих не только не уступают традиционным, но часто и превосходят их.

Внедряя в производство безобжиговые огнеупоры на фосфатных связках, можно разрешить задачи совершенствования, в частности, разработки новых составов технических материалов, которые по методам изготовления и способам применения могут быть отнесены к строительным материалам, а по физико-химическим свойствам являются огнеупорами.

**Список литературы:** 1. Семченко, Г.Д. Неформованные огнеупоры [Текст] / Г.Д. Семченко – Харьков: НТУ «ХПИ», – 2007.–304 С. 2. Сорокин, Ю. В. Переработка и использование техногенных отходов на предприятиях горно-металлургической отрасли [Текст] / Ю. В. Сорокин, Л. А. Смирнов, Л. А. Шубин // Сталь. – 2005. – № 6. – С. 148–150. 3. Абызов, В.А. Жаростойкий газобетон на основе алюмомагнийфосфатного связующего и высокоглиноземистых промышленных отходов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.05 / Юж.-Урал. гос. ун-т. – Челябинск, 2000.–21 С. 4. Аксельрод, Л. М. Огне-



упорная промышленность России в фокусе общемировых тенденций [Текст] / Л.М. Аксельрод // Сб. докл. Междунар. конф. С элементами научной школы для молодежи «Керамика и огнеупоры: перспективные решения и нанотехнологии», Белгород, 9 – 12 нояб. 2010 г. – Белгород : И зд-во БГТУ, 2010. – С. 14 – 29. **5.** Скурихин, В. В. Традиционные и новые огнеупорные материалы для строительства и ремонта стекловаренных печей [Текст] / В. В. Скурихин, И. Н. Ермаков // Стекло и керамика. – 2004. – № 10. – С. 36–39. **6.** Семченко, Г. Д. Вогнетривкі виробі для футерування теплових технологічних агрегатів: навч. посіб. [Текст] / Г. Д. Семченко. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 176 С. **7.** Кащеев, И. Д. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие [Текст] / И. Д. Кащеев, К. К. Стрелов, П. С. Мамыкин М.: – Интернет Инжиниринг, 2007. – 752 С. **8.** Копейкин, В. А. Материалы на основе металлофосфатов [Текст] / В. А. Копейкин, А. П. Перова, И. Л. Рашкован – М.: Химия, 1976. – 200 С. **9.** Хлыстов, А. И. Физико-химические основы определения составов жаростойких бетонов [Текст] / А. И. Хлыстов // Строительные материалы. – 1998. – № 8. – С. 8–9. **10.** Шаяхметов, У. Ш. Фосфатные композиционные материалы и опыт их применения [Текст] / У. Ш. Шаяхметов – Уфа: РИЦ «Старая Уфа», 2001.–150 С. **11.** Попов, О. Н. Состояние и перспективы развития производства и рационального применения огнеупорных материалов в стекловаренных печах [Текст] / О. Н. Попов // Новые огнеупоры. 2002. № 1. С. 44–49. **12.** Семенов, Б. А. Методика и результаты оптимизации параметров системы обдува ограждений варочного бассейна стекловаренных печей [Текст] / Б. А. Семенов, Н. А. Озеров // Вестник СГТУ, 2011. № 4(59). Выпуск 1. **13.** Кононов, В. А. Производство огнеупорных материалов в России и перспективы его развития: в 2 ч. Ч. II. Анализ работы огнеупорных предприятий за 199–2001 гг. [Текст] / В. А. Кононов // Огнеупоры и техническая керамика. 2002. № 1. С. 40–47. **14.** Галдина, Н. М. Электроплавленные огнеупоры для стекловаренных печей [Текст] / Н. М. Галдина, Л. Л. Чернина М.: Стройиздат» 1975 - 181 С., ил.

*Поступила в редколлегию 20.01.2014*

УДК 666.768

**Безобжиговые муллитокорундовые огнеупоры на фосфатных связках/ Ю. В. Харьбина, Я. Н. Питак, О. Я. Питак** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.141-146 . – Бібліогр.:14 назв. ISSN 2079-5459

Розглянуто питання розробки безвипальних вогнетривів на фосфатних зв'язках для скловарних печей. Показані перспективи розширення розробки безвипальних муллітокорундових вогнетривів для отримання конкурентоспроможних вогнетривких матеріалів. Узагальнення літературних даних дозволило встановити, що перспективною для отримання вогнетривких матеріалів з підвищеними експлуатаційними властивостями є композиції на основі системи  $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$

**Ключові слова:** безвипальні вогнетриви, фосфатні зв'язки, скловарна піч

**Unburned mullite corundum refractories on the phosphate ligaments/ Y.V. Kharybina, Y.N. Pitak, O.Y. Pitak** // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.141-146. Bibliogr.:14. ISSN 2079-5459

Issue development unburned refractories on the phosphate ligaments for glass furnaces are considered. The prospects for expansion development unburned mullite corundum refractories for competitive refractory materials. Generalization of the literature dates that promising for refractory materials with improved performance characteristics based on composition system  $Al_2O_3 - SiO_2 - CaO - P_2O_5$  are revealed.

**Key words:** unburned refractories, phosphate ligaments, glass furnaces

УДК 661.152.4

**Р. О. ОСТРОГА**, аспірант, Сумський державний університет

## **КІНЕТИКА КАПСУЛЮВАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ОРГАНІЧНОЮ ОБОЛОНКОЮ**

Розроблена математична модель процесу капсулювання мінеральних гранул органічною оболонкою в апараті псевдозрідженого шару. Отримані залежності для визначення товщини органічної оболонки та швидкості росту гранул. Запропоновано рівняння для визначення розміру отриманих в апараті

© Р. О. ОСТРОГА, 2014

гранул, що враховує швидкість росту гранул та зміну щільності розподілу гранул за розмірами в процесі плівкоутворення. Приведено порівняльний аналіз теоретичних результатів розрахунку з експериментальними даними.

**Ключові слова:** капсулювання, апарат псевдозрідженого шару, органічна оболонка, кінетика росту.

**Вступ.** Капсулювання гранульованих мінеральних добрив здійснюється для зниження непродуктивних втрат елементів живлення під час їх перебування у ґрунті. Нанесена на поверхню частинок органічна оболонка створює додатковий опір масоперенесенню в процесі розчинення добрив. Отримане таким чином добриво має пролонговану дію і більш продуктивно живить рослину протягом тривалого часу, а завдяки органічному походженню матеріалу оболонки – не забруднює ґрунт [1, 2].

Капсулювання дисперсних матеріалів у стані псевдозрідження (рис. 1) є поширеним фізичним методом нанесення оболонок. Механізм росту гранул неоднозначний і істотно залежить від специфіки суспензії та режиму процесу капсулювання, що визначають характер взаємодії диспергованої суспензії з дисперсною твердою фазою. Специфіка киплячого шару при капсулюванні складається з багаторазового змінення температури на поверхні гранул. Найбільш вагомим фактором, що впливає на кінетику росту гранул, є характер взаємодії між краплями суспензії та мінеральними гранулами. Температура під газорозподільною решіткою регулюється в межах 100-200°C, при цьому температура в шарі гранул змінюється від 50 до 100°C. Зниження температури в шарі є наслідком введення вологості суспензії, яка випаровується і тим самим відбирає тепло.

В залежності від різниці температур між прирешіточною зоною та зоною введення суспензії можна виділити чотири характерні режими, за якими відбувається капсулювання гранул (рис. 2) [3]. Функціональне призначення покриття є визначальним у виборі матеріалу плівкоутворювача із певними фізико-хімічними характеристиками. Тому основним показником якісного покриття у випадку капсулювання гранульованих мінеральних добрив є рівномірно розподілена по всій поверхні гранули оболонка визначеної товщини, яка сприяє повному залученню мінеральних ядер в шар органічної речовини. Таким чином, робочим є оболонковий режим, що дозволяє доростити всі гранули до товарного розміру (рис. 3).

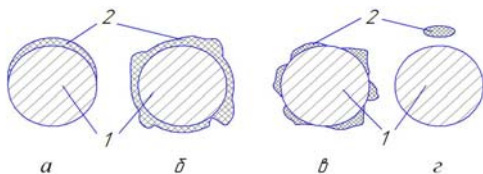


Рис. 1 – Схема та потоки апарату псевдозрідженого шару: 1 - корпус апарата; 2 - газорозподільна решітка; 3 - пневмофорсунка; 4 - патрубок для відводу запиленого газу; 5 - патрубок для виведення покритих гранул; I - зона сушіння; II - зона зрощення; III - зона сепарації

Рис. 2 – Режими приросту гранул: а – одинічний; б – оболонковий; в – нерівномірний з тріщинами; г – з утворенням нових центрів грануляції; 1 – мінеральна гранула; 2 – суха органічна речовина



Рис. 3 – Загальний вигляд органо-мінеральних гранул пролонгованої дії

**Постановка завдання.** Розробку та впровадження апаратів з киплячим шаром на багатьох виробництвах стримує відсутність надійних методів їх розрахунку. Одна з основних причин – недостатня вивченість складних і різноманітних процесів. Адже описувані математичні моделі дозволяють встановлювати межі такого саморегулювання процесів і мінімум заходів по застосуванню додаткового автоматичного регулювання. Тому останнім часом велика увага приділяється побудові та застосуванню принципових математичних моделей [4].

При побудові математичних моделей слід враховувати, що в реальному апараті киплячого шару одночасно знаходиться величезна кількість частинок. Ці частинки мають різні розміри і рухаються з різними швидкостями у будь-яких напрямках. В процесі періодичних переміщень плівка органічного розчину потрапляє на гранулу, висихає і залишає на цій поверхні зневоднений залишок. Нарощування значного шару осаду відбувається протягом багатьох таких циклів. Ці обставини дозволяють розглядати апарат киплячого шару як систему із зосередженими параметрами, тобто вважати, що всі частинки знаходяться в однакових умовах і вводити усереднені характеристики швидкості росту гранул [5].

Таким чином, виробництву добрив нового покоління передуює перш за все розробка математичної моделі процесу капсулювання гранульованих мінеральних добрив органічною оболонкою в апараті киплячого шару.

**Базова теоретична частина.** Розробка математичної моделі ґрунтується на гіпотезі рівномірно-поверхневого зростання гранул, згідно з якою матеріал відкладається на гранулах у вигляді кілець постійної товщини. Також приймається допущення, що всі частинки в шарі однакового розміру і мають правильну (сферичну) форму (рис. 4).

Збільшення маси шару органічної оболонки на поверхні сферичної частинки можна виразити наступним диференціальним рівнянням:

$$dM = G_0 d\tau, \quad (1)$$

де  $dM$  – приріст органічної маси, кг;

$G_0$  – витрата матеріалу оболонки, кг/с;

$d\tau$  – проміжок часу проведення процесу, с.

Загальна маса органічної плівки в шарі:

$$M = \rho_c \cdot n \cdot 4\pi R^2 \cdot (R - R_0), \quad (2)$$

де  $n$  – кількість частинок в шарі;

$\rho_c$  – густина органічної суспензії, кг/м<sup>3</sup>;

$4\pi R^2$  – площа поверхні частки, м<sup>2</sup>.

Для визначення зміни маси плівки на поверхні частинок продиференціюємо рівняння (2):

$$dM = \rho_c \cdot n \cdot 4\pi R^2 dR. \quad (3)$$

Розв'язуючи систему рівнянь (1) і (3), отримуємо залежність, яка дає змогу спрогнозувати значення товщини органічної оболонки в будь-який момент часу:

$$\delta = R_0 \cdot \left( \sqrt[3]{g_0 \cdot \frac{\rho_{ГР}}{\rho_c} \cdot \tau + 1} - 1 \right). \quad (4)$$

де  $\rho_{ГР}$  – щільність матеріалу гранул затравки, кг/м<sup>3</sup>;

$g_0$  – питома витрата матеріалу оболонки (віднесена до маси затравки) с<sup>-1</sup>.

Розглянемо весь об'єм киплячого шару як сукупність елементарних об'ємів (комірок). Із усієї сукупності гранул в сусідню комірку перейдуть частинки, розмір яких більший деякого критичного. Частинки розміром меншим критичного значення будуть продовжувати укрупнюватися в шарі або перейдуть у вище розташовані комірки за рахунок винесення їх газовим потоком. В такому випадку функція розподілу (щільність розподілу) гранул за розмірами виразиться:

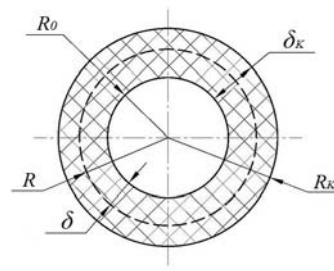


Рис. 4 – Розрахункова схема частинки покритої органічною плівкою:  $R_0, R, R_K$  – початковий, поточний і кінцевий радіуси часток відповідно;  $\delta, \delta_K$  – поточна і кінцева товщини плівки

$$\frac{\partial f(R, \tau)}{\partial \tau} = \text{div}(u_\tau f(R, \tau)) + \frac{\partial(vf(R, \tau))}{\partial R} - \frac{\partial f(R, \tau)}{\partial G_y} \cdot \frac{dG_y}{d\tau} \quad (5)$$

Згідно з рівнянням (5), функція зміни щільності розподілу гранул у будь-якій локальній області шару визначається переміщенням гранул з однієї точки робочого об'єму апарата в інший. Це відбувається за рахунок:

- 1) вимушеного руху потоку частинок (перший доданок враховує конвективний перенос гранул);
- 2) збільшення діаметра гранул (другий доданок враховує швидкість лінійного росту гранул);
- 3) винесення з шару дрібних частинок (третій доданок).

Нехтуємо зміною гранульованого складу за рахунок конвективного переносу, подрібнення та стирання. Також вважаємо, що швидкість росту гранул постійна ( $v = \text{const}$ ). У такому випадку рівняння (5) перетворюється:

$$\frac{\partial f(R, \tau)}{\partial \tau} = \frac{v \partial(f(R, \tau))}{\partial R} \quad (6)$$

Перетворенням Лапласа вирішуємо рівняння (6):

$$R = R_0 + v \cdot [\ln f_K(R, \tau) - \ln f_H(R, \tau)] \quad (7)$$

Рівняння (7) описує функцію збільшення розміру часток залежно від швидкості росту гранул і зміни щільності розподілу гранул за розмірами в киплячому шарі протягом часу  $\tau$ .

**Результати та обговорення.** Результати математичного моделювання кінетики нарощування органічної оболонки порівнювались із експериментальними дослідженнями процесу в апараті псевдозрідженого шару з форсуноковим розпилюванням. В якості ядра використовувалося гранульоване мінеральне добриво – карбамід, яке в процесі досліджень покривалося суспензією пташиного посліду (рис. 3). Процес капсулювання має раціональні режимно-технологічні параметри (табл. 1).

Таблиця 1 – Режимно-технологічні параметри процесу капсулювання в апараті псевдозрідженого шару

Параметр	Значення	
Витрата суспензії (курячий послід), <i>мл/хв.</i>	10	20
Маса гранул затравки в апараті, <i>кг</i>	0,5	
Швидкість повітря, <i>м/с</i>	4,8	
Гідралічний опір, <i>Па</i>	580	610
Температура повітря в шарі дисперсного матеріалу, <i>°C</i>	65	
Час проведення процесу, <i>хв.</i>	50	
Доля органічної оболонки, <i>% мас.</i>	0,35	0,5

Результати теоретичних розрахунків за формулою (4) і експериментальних досліджень кінетики нарощування органічної оболонки приведені на рис. 5 та 6.

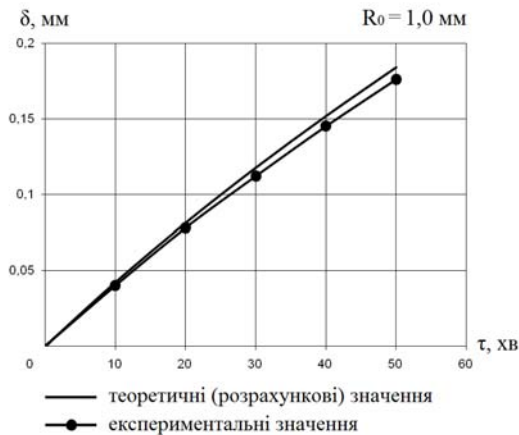


Рис. 5 – Порівняння теоретичних та експериментальних значень кінетики нарощування органічної оболонки при питомій витраті суспензії  $g_0 = 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$

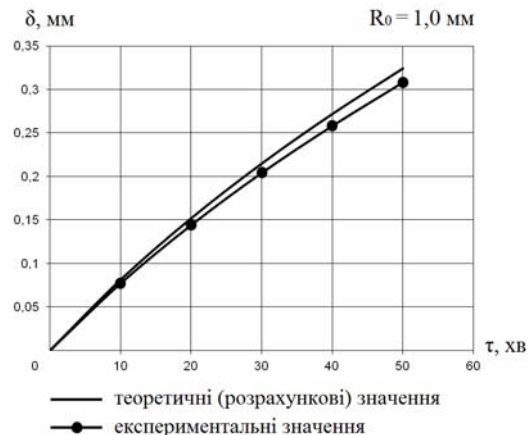


Рис. 6 – Порівняння теоретичних та експериментальних значень кінетики нарощування органічної оболонки при питомій витраті суспензії  $g_0 = 3,72 \cdot 10^{-4} \text{ c}^{-1}$

Як це видно з рис. 5 та 6, дослідні значення задовільно співпадають з теоретичними (розбіжність складає 5÷8 %). Така розбіжність пояснюється тим, що математична модель прораховує ідеальний випадок, коли вся волога, що вноситься з суспензією, випаровується. До того ж, у реальному апараті киплячого шару деякі краплі органічної суспензії разом з повітрям виносяться з робочої зони апарату.

Врівноважити теоретичні значення з експериментальними можна за рахунок коефіцієнта пропорційності, який у випадку капсулювання курячим послідом дорівнює 0,95. Відтак рівняння (4) буде мати наступний вигляд:

$$\delta = 0,95 \cdot R_0 \cdot \left( \sqrt[3]{g_0 \cdot \frac{\rho_{ГП}}{\rho_C} \cdot \tau + 1} - 1 \right). \quad (8)$$

Продиференціюємо рівняння (8):

$$\frac{d\delta}{d\tau} = \frac{d}{d\tau} \left[ 0,95 \cdot R_0 \cdot \left( \sqrt[3]{g_0 \cdot \frac{\rho_{ГП}}{\rho_C} \cdot \tau + 1} - 1 \right) \right]. \quad (9)$$

Як результат отримуємо рівняння для визначення швидкості росту часток в псевдозрідженому шарі:

$$v = \frac{d\delta}{d\tau} = \frac{0,95 \cdot R_0 \cdot g_0 \cdot \rho_{ГП}}{3 \cdot \rho_C \cdot \sqrt[3]{\left( g_0 \cdot \frac{\rho_{ГП}}{\rho_C} \cdot \tau + 1 \right)^2}}. \quad (10)$$

Кінетика росту гранул в псевдозрідженому шарі залежить від початкового розміру гранул, питомої витрати та густини суспензії, щільності матеріалу гранул затравки, які враховує формула (10). Результати теоретичних розрахунків за формулою (10) приведені на рис. 7.

Із рис. 7 видно, що оптимальний час нанесення органічної оболонки має обмежуватись 30-40 хвилинами.

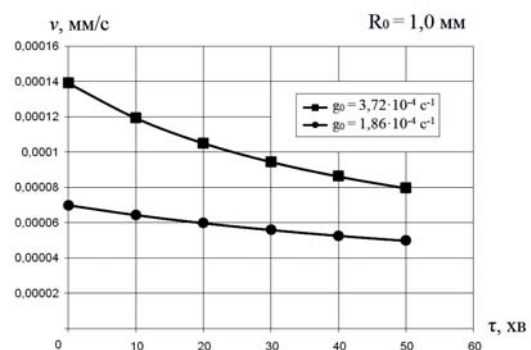


Рис. 7 – Зміна швидкості росту часток в псевдозрідженому шарі протягом процесу капсулювання

Більший час капсулювання при незмінній витраті суспензії призводить до значно вищих енергетичних затрат на одиницю готових гранул. Причому, із збільшенням питомої витрати суспензії зменшується оптимальний час проведення процесу.

Таким чином, розроблена математична модель може бути використана для теоретичного розрахунку процесу капсулювання гранул.

### **Висновки**

1. Розроблена математична модель процесу капсулювання мінеральних гранул органічною оболонкою в апараті псевдозрідженого шару.

2. Отримані теоретичні залежності для визначення товщини органічної оболонки та швидкості росту гранул.

3. Приведено порівняльний аналіз теоретичних результатів розрахунку з експериментальними даними.

4. Визначено оптимальний час нанесення органічної оболонки.

5. Отримані результати можуть бути використані для розрахунку апаратів капсулювання гранул органічною речовиною.

**Список літератури:** 1. *Нагурський О. А.* Капсульовані мінеральні добрива. Кінетика вивільнення компонентів із полідисперсних сумішей [Текст] / *О. А. Нагурський* // Хімічна промисловість України. – 2012. – №3 (110). – С. 69–73. 2. *Острога Р. О.* Гранульовані органо-мінеральні добрива пролонгованої дії [Текст] / *Р. О. Острога, С. І. Якушко, Є. С. Снівак* // Хімічна промисловість України. – 2012. – №3 (110). – С. 73–76. 3. *Острога Р. О.* Режимні параметри процесу капсулювання мінеральних добрив органічною оболонкою [Текст] / *Р. О. Острога, М. П. Юхименко* // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2013. – №1. – С. 56–60. 4. *Davidson J. F.* Fluidization [Текст] / *J.F. Davidson, D. Harrison.* – London: Department of Chemical Engineering University of Cambridge, 1971. – 728 p. 5. Обезвоживание растворов в кипящем слое [Текст] / *О.М. Тодес, Ю.Я. Каганович, С.П. Налимов [и др.]*. – М.: Металлургия, 1973. – 288 с.

*Надійшла до редколегії 11.01.2014*

УДК 661.152.4

**Кінетика капсулювання гранульованих мінеральних добрив органічною оболонкою/ Острога Р. О.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 7 (1050). – С.146-151. – Бібліогр.: 5 назв. ISSN 2079-5459

Разработана математическая модель процесса капсулирования минеральных гранул органической оболочкой в аппарате псевдооживленного слоя. Получены зависимости для определения толщины органической оболочки и скорости роста гранул. Предложено уравнение для определения размера полученных в аппарате гранул, учитывающее скорость роста гранул и изменение плотности распределения гранул по размерам в процессе пленкообразования. Приведен сравнительный анализ теоретических результатов расчета с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** капсулирование, аппарат псевдооживленного слоя, органическая оболочка, кинетика роста.

**Kinetics of granulated mineral fertilizers capsulation with organic cover/ R. O. Ostroha** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.- № 7 (1050).- P.146-151. Bibliogr.:5. ISSN 2079-5459

Mathematical model of mineral granules capsulation process with organic cover in the device of fluidized bed was developed. The ratios were received for thickness test of organic layer and growth rate of granules. Equation of size determination of received granules in the device is proposed including granules growth rate and changes of density of granules distribution according to sizes in film forming process. A comparative analysis of theoretical measuring results with experimental data was introduced.

**Keywords:** capsulation, device of fluidized bed, organic cover, kinetics of growth.

*Є. Я. ПРАСОЛОВ*, канд. техн. наук, доц., проф., ПДАА, Полтава;  
*О. В. КУЛИК*, викладач, ПДАА, Полтава

## ГАРМОНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ В СИСТЕМІ «ОПЕРАТОР – МАШИНА – СЕРЕДОВИЩЕ»

В статті приведено дослідження впливу ергономічних факторів на оператора МТА. Визначені оптимальні віддалі встановлення органів керування залежно від антропометричних показників оператора. Вирішується пряма і обернена задача розташування в кабіні оператора МТА та пристосування робочого місця.

**Ключові слова:** антропометричні показники, ергономічні фактори, органи керування, оператор, машинно-тракторний агрегат.

**Вступ.** Стан умов праці на виробництві, збереження здоров'я і життя працівників актуальна проблема, яка безпосередньо впливає на роботу і економічну стабільність організацій агропромислового комплексу.

**Постановка проблеми.** Нині підприємства АПК є найбільш травмонебезпечними в Україні. Це пояснюється тим, що більшість робочих місць не відповідає вимогам ергономіки і санітарним нормам та забезпечена застарілим устаткуванням. Більша частина діючих на підприємствах машин і механізмів не відповідає вимогам охорони праці, в результаті чого 80% травм і аварій в сільському господарстві виникає під час обслуговування техніки. Почастішали на виробництві нещасні випадки від стресів і перевтомлення. Відомі фактори відображають склад параметрів, що характеризують умови праці оператора машино-тракторного агрегату. Причому, ні один із факторів не являється наслідком ситуації, тому по основним факторам можна вести роботу по покращенню робочого місця і технологічного процесу [1,2,3].

**Аналіз стану питання.** Однією із важливих проблем сьогодення є гармонізація взаємодії людини з машино-тракторним агрегатом (МТА) в системі «оператор-машина-середовище» [4,5]. Робота оператора МТА пов'язана з необхідністю знаходитись в кабіні, де на нього діють фактори, які обумовлені специфічними властивостями виконуваних технологічних операцій. Негативні фактори погіршують умови праці, сприяють передчасній втомлюваності, викликають професійні захворювання. При незадовільних умовах праці оператор більше помиляється, знижується якість і продуктивність. Перед виконанням технологічної операції необхідно перевіряти здатність засобів забезпечення умов праці, заповнювати ергономічний паспорт на машино-тракторний агрегат. При порушенні нормативних вимог слід проводити роботу по відновленню захисних властивостей кабіни для кожної комплектації енергетичного засобу з машиною, що агрегатується.

При сучасних новітніх технологіях керування, контролю і автоматизації техніки оператори витримують великі перевантаження, які викликані нерациональним положенням тіла, невдалою компоновкою робочого місця, незадовільною оглядовістю.

Протягом зміни оператор виконує приблизно 2500 маніпуляцій ручними і 200 ножними органами управління в положенні – сидячи [6 – 8].

Великі зусилля на органах керування, в першу чергу – на ножних, неправильна організація робочого місця, призводить до перевантажень і витрат енергії, і як наслідок, втрати сконцентрованості, втома, порушення технологічного процесу, створення аварійних ситуацій, травмування.

Аналіз складових системи «оператор-машина-середовище» показав, що однією із



причин нераціональної організації робочого місця є непристосованість органів керування і параметрів робочого місця до фізіологічних особливостей оператора, зокрема, до антропометричних [8,9,10].

У оператора є такі контури захисту: імунітет, засоби індивідуального захисту і кабіна з набором пристосувань для створення нормальних умов праці, згідно вимог санітарних норм. В кабіні по периферії на оператора впливають ряд факторів, що присутні при виконанні робочих операцій.

Перший – це організаційний фактор, обслуговування з боку роботодавця самого оператора і МТА. Фактори впливу: параметри повітря робочої зони, віброакустичні та візуальні. Ці фактори оцінюються по дозі за робочу зміну з урахуванням часу на реабілітацію організму за період короткочасного відпочинку і показників «ваги» окремих факторів.

Наступний потенційно-шкідливий фактор, який не бере участь у формуванні умов праці, але проявляється в критичних ситуаціях. Його слід вивчати і по мірі можливості створювати необхідний захист для оператора і навколишнього середовища.

Далі інформативність – ступінь доступності отримання інформації оператором про технологічний процес.

Інформативність – це попередження оператора про наближення небезпеки і дає 90% необхідної інформації. Візуальна інформативність включає параметри і оглядовість, читаємість, інерційність, склопроникність.

Ергономічність – ступінь пристосованості робочого місця і органів управління до оператора і його діяльності. Фактор включає і навантаження, досяжність по зонам з урахуванням опорної схеми оператор – сидіння – органи керування, орієнтація враховує співвідношення напрямлення прямої, яка з'єднує опорний суглоб (плечовий, тазостегневий) з точкою прикладання зусилля органу керування (педаль, гальмо, рукоятка) до другої прямої, яка з'єднує крайні точки траєкторії; вихідна позиція оцінює вдалість розміщення кінцівок оператора в вихідному стані на робочому місці, на підлозі, на кріслі зі спинкою, напрям опорних поверхонь педалей; рукояток до прямої опорний суглоб – точкою прикладання зусилля. Описані технічні характеристики робочого місця відображають його ергономічність і включають параметри, зміна яких впливає на значення фактора. Виникнення хронічних захворювань операторів на підприємствах АПК протягом багатьох років спричинялись конструктивними недоліками засобів праці, недосконалістю технологічних процесів, робочих місць, засобів індивідуального захисту [11, 12, 13].

**Метою статті є** дослідження ергономічного фактора при взаємодії операторів МТА в системі «оператор – машина – середовище».

**Викладення основних матеріалів досліджень.** З врахуванням вищеописаного були проведені дослідження ергономічного фактора. Антропометричний аналіз проводився на мобільній колісній машині – фронтальному навантажувачі. Спочатку були визначені параметри праці в кабіні оператора МТА та шляхом порівняння встановлено, що вони відповідають нормативним і представлені в табл. 1.

Під час виконання технологічних операцій, оператор МТА, в даному випадку навантажувача, використовує ручні та ножні органи керування – педалі і гальма, важелі подачі палива в двигун, керування якими проводиться з врахуванням візуального фактора. Ножні органи керування призначені для операцій керування МТА «вмикання-вимикання», регулювання швидкості руху – головних параметрів, які впливають на фактор ризику зіткнення і виникнення аварії. Зусилля, яке створюється ногою значно більше в порівнянні з рукою, що пояснюється тим, що керування і зусилля на педаль визначається конструктивним рішенням і способом руху ноги.

Оператор МТА працює сидячи, тоді і антропометричні розміри тіла повинні враховуватись при розміщенні органів керування для ніг. При нормальній посадці оператора з

комфортними умовами праці ноги слід розміщувати в оптимальній зоні для керування. З врахуванням фізіології людини, педалі слід розміщувати з забезпеченням кута в голенестопному суглобі в межах  $90 \dots 100^\circ$ , а в колінному суглобі  $110 \dots 120^\circ$ .

На процес оптимального тиснення ногою на педаль впливають розміщення точки  $O$ , вісі установки педалі  $O_1$ , антропометричні розміри ноги оператора (рис.1).

Таблиця 1 – Параметри умов праці в кабіні оператора МТА

Показник умов праці, одиниця виміру	Значення показників			
	Нормативні по НТД, не більше		Дослідження	
1	2		3	
Рівень звуку, дБА	80		78	
Рівень звукового тиску, дБА, в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц				
- 31,5	107		96	
-63	95		85	
-125	87		81	
-250	82		76	
-500	78		75	
-1000	75		75	
-4000	71		50	
-8000	69		48	
Віброприскорення, $m/s^2$ , в октавних полосах з середньгеометричними частотами, Гц (на кермові, на подушці сидіння)				
-2	-	0,79	-	0,18
-8	$2,8 \cdot 10^{-2}$	0,6	$4 \cdot 10^{-3}$	0,12
-16	$1,4 \cdot 10^{-2}$	1,1	$5 \cdot 10^{-3}$	0,10
-31,5	$1,4 \cdot 10^{-2}$	2,2	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,07
-63	$1,4 \cdot 10^{-2}$	4,5	$9 \cdot 10^{-3}$	0,03
-125	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$2,4 \cdot 10^{-3}$	-
-250	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$1,8 \cdot 10^{-3}$	-
-500	$1,4 \cdot 10^{-2}$	-	$6 \cdot 10^{-3}$	-
Еквівалентне відкориговане значення загальної вібрації, дБА	115		80	
Еквівалентне відкориговане значення загальної вібрації, дБА	126		76	
Концентрація пилу з домішками 1,6% діоксиду кремнію в повітрі в кабіні, $mg/m^3$	6		3,5	
Концентрація оксиду вуглецю в повітрі в кабіні, $mg/m^3$	20		2,8	
Швидкість руху повітря в зоні дихання оператора МТА, м/с	1,5		0,78	
Температура повітря на рівні голови, $^\circ C$	28		18	
Перепад температур повітря між рівнем голови і ніг комбайнера, $^\circ C$	4		1,2	
Відносна вологість повітря, %	60		58	

Керування ножними органами слід розглядати, як коливальний рух в тазостегновому суглобі з деяким кутом, тоді і педаль також виконує коливальний рух.

Розглянемо випадок, коли під час виконання операцій стегно оператора розміщується під кутом до вертикальної вісі.

Запишемо відоме геометричне рівняння:

$$L = l_n + l_a \times \sin(\beta - 90) + A \quad (1)$$

де:  $L$  – віддаль від точки підвіски педалі до стінки сидіння;  $l_n$  і  $l_a$  – відповідно довжина стегна і голени;  $A$  – проекція важеля;  $\beta$  – кут між стегном і голенню.

В даному випадку  $A = const$  і визначається технічними показниками МТА, тоді:

$$A = \sqrt{l_{важ}^2 - e^2} \quad (2)$$

Тоді, віддаль від точки установки кріплення важеля до стінки сидіння визначається за формулою, з врахуванням рівняння (1):

$$L = l_{\bar{n}} + l_{\bar{a}} \times \sin \beta + A \quad (3)$$

Отримані антропометричні параметри довжини стегон і голени та  $A$  проєкції важеля, що є незмінною величиною представимо в табл. 2.

При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $120^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування – в межах 833,2 до 1047,3 мм.

При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $115^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування знаходиться в межах від 749,2 до 1007,4 мм. При максимально допустимому куті в колінному суглобі  $110^\circ$  віддаль установки сидіння від органів керування знаходиться в межах від 761,3 до 965,4 мм.

Таблиця 2 – Антропометричні розміри ніг операторів МТА

Зріст оператора МТА	Довжина стегна, $l_{\bar{c}}$ , мм	Довжина голени $l_{\bar{a}}$ , мм	Розрахункова віддаль до важеля, мм при куті в колінному суглобі		
			$120^\circ$	$110^\circ$	$115^\circ$
Високий	520	520	1047,3	1007,1	965,1
Середній	460	480	947,3	878,4	865,3
Низький	360	450	832,3	749,2	761,2

Отримані показники аналітичних залежностей місця установки педалі в залежності від антропометричних показників ніг оператора МТА дозволяють розмістити педалі в кабіні оператора в оптимальних зонах.

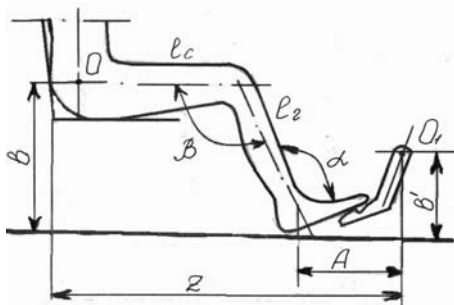


Рис. 1 – Параметри встановлення підвісної педалі в кабіні МТА

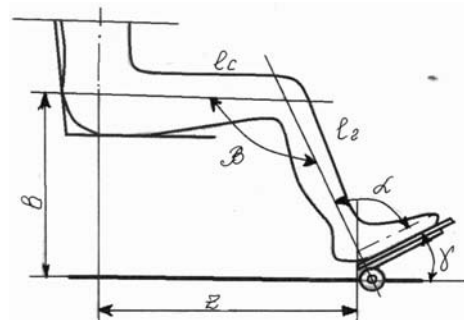


Рис. 2 - Параметри встановлення педалі керування в підлозі кабіні МТА

Визначені віддалі в кабіні фронтального навантажувача від подушки сидіння до вісі установки педалі змінюється від 667 до 848 мм в залежності від регулювання сидіння (рис. 2). Вимірний діапазон відповідає антропометричним показникам операторів низького зросту (табл. 2).

При відомих значеннях віддалі до місця установки педалі і антропометричні розміри голени і стегна можна визначати кут згину колінного суглобу за рівнянням:

$$\beta = 90 + \arcsin\left(\frac{L - l_{\bar{c}} - A}{l_{\bar{a}}}\right) \quad (4)$$

Аналітична залежність коефіцієнта відповідності кута робочого положення ноги оператора, що рекомендується фізіологічними параметрами, має вигляд:

$$K_y = \frac{\beta}{\beta_H} \quad (5)$$

де  $\beta_H$  і  $\beta$  – відповідно нормований та кут в коліні оператора під час виконання робочих операцій.

При значеннях  $1 > K_y > 0$  віддалі до педалі не відповідає нормальному положенню ноги під час виконання робочих операцій оператором.

У фронтальному навантажувачі використовуються напільні важелі регулювання подачі палива, оптимальний кут його встановлення визначається з урахуванням фізіологічних вимог. Тоді, отримаємо:

$$\alpha = \left( 90 + \arccos \frac{h}{l_a} \right) - \gamma \quad (6)$$

де  $\alpha$  – кут в голеностопному суглобу;  $h$  – висота від підлоги кабіни до подушки сидіння;  $\beta$  – кут в колінному суглобі;  $l_a$  – довжина голени;  $\gamma$  – кут встановлення підлогової педалі, має конструктивне значення.

Для операторів МТА середнього зросту кут складає від  $89,5^\circ\text{C}$  до  $116,3^\circ\text{C}$ , значення яких не виходять за нормовані межі.

Оператори низького і високого зросту працюють, в основному в незручних позах, так як кути в колінному суглобі виходять за нормативні межі. Параметри робочого місця МТА повинні регулюватися так, щоб оператори могли адаптуватися в залежності від зросту оператора (низького, середнього і високого) з врахуванням розмірів верхніх та нижніх кінцівок.

Положення установки важеля визначається під час підстановки антропометричних параметрів конкретного оператора в відповідності нормовані значення кутів з таких міркувань, то і робочий хід важеля не виходив за межі оптимальної межі. Обернена задача вирішується з використанням значень віддалей до встановлення педалі, антропометричних розмірів голени і стегна і встановлюється кут згину колінного стегна.

Описаний аналіз по суті спирається на фізичні параметри оператора, антропометричні розміри кінцівок і пристосування робочого місця оператора до розмірів довжини кінцівок.

**Висновки.** Згідно поставленої мети проведені дослідження ергономічного фактора при взаємодії оператора МТА в системі «оператор-машина-середовище». Визначені параметри умов праці в кабіні оператора МТА і шляхом порівняння встановлено відповідність їх нормативним.

Встановлено, що педалі слід розміщувати в оптимальній зоні із забезпеченням кута в голоенестопному суглобі в межах  $90 \dots 100^\circ$ , а в колінному –  $110 \dots 120^\circ$ . Запропоноване рівняння, з урахуванням відомих, визначення віддалі від точки установки кріплення важеля до стінки сидіння. Встановлено, що при куті в колінному суглобі:  $120^\circ$  віддалі установки сидіння від органів керування знаходиться в межах  $833,2$  до  $1047,3$  мм;  $115^\circ$  – в межах  $749,2$  до  $1007,4$  мм;  $110^\circ$  – в межах  $761,3$  до  $965,4$  мм.

Визначені віддалі в кабіні фронтального навантажувача від подушки сидіння до вісі установки педалі змінюється від  $667$  до  $848$  мм в залежності від регулювання сидіння. Вимірний діапазон відповідає антропометричним показникам операторів низького зросту. Описаний аналіз спирається на фізичні параметри оператора, антропометричні розміри кінцівок і пристосування робочого місця до розмірів кінцівок.

І на кінець, керівництво підприємств АПК повинні прагнути намагатися забезпечити кожному працівнику належні умови праці, усвідомлюючи, що життя і здоров'я працівників, головні цінності. Як б не були сучасні устаткування, технологічні процеси і засоби захисту, в центрі системи була і залишається людина. Великий вплив на результати праці, кількість і якість продукції, що виготовляється, на задоволення працею, лояльність і адекватну поведінку працівника впливають умови, де проходить трудова діяльність, а сфера охорони праці відіграє тут не останню роль.

**Список літератури:** 1. Гусак-Катрич, Ю. А. Охрана труда в сельском хозяйстве / Ю. А. Гусак-Катрич. – М.: Альфа-Пресс, –2007. – 176с. 2. Девисилов, В. А. Основы охраны труда: Учебник / под

ред. В. А. Девисилова. – М.: Форум, 2009. – 496 с. **3.** Черкасов, А. Ю. Методика оценки ножных органов управления по конструктивным параметрам / А. Ю. Черкасов, И. В. Гальянов // Научные труды ВМИИОТ, М.: 2004. – 53-59с. **4.** Черкасов, А. Ю. Анализ травматизма машинистов автогрейдеров / А. Ю. Черкасов, И. В. Гальянов // Вестник охраны труда, М. 2004.–№3. С. 7– 11. **5.** Все об охране труда 500 вопросов и ответов: Научно-практическое издание в 2-х книгах / Шайтан В. А., Акапян В. Г., Кожушко А. П., Братко Н. И., ред. Технополис, Днепропетровск, 2013. – 432с. **6.** Роик, В. Д. Управление условиями и охраной труда: учебное пособие / В. Д. Роик – М.: –2007, 257с. **7.** Основы охраны труда [текст] / А. Л. Сафонов, Г.З. Роинбург, П. П. Корюкина и др. под общ. ред. А. Л. Сафонова. – М.: Золотой теленок, 2007. – 416с. **8.** Прогнозирование травматизма а АПК и путей его профилактики: учебное пособие / В. С. Шкрабак, В. В. Шкрабак, Р. В. Шкрабак [и др].– СПб., 2002 с. **9.** Прасолов, С. Я. Підготовка інженерів до умов виникнення техногенних ризиків / С. Я. Прасолов, С. А. Браженко / Восточно-европейский журнал передовых технологий, №3/11(63), Харьков. – 2013, С. 34 – 37. **10.** Прасолов, С. Я. Зниження травмонебезпек мобільних агрегатів внесення добрив технічними засобами захисту / С. Я. Прасолов, Т. Г. Лапенко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць №70 (№43) серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків.:ХПІ. – 2013. – 144 – 149с. **11.** ГОСТ 12.2.019-86 ССБТ. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности. **12.** ГОСТ 12.2.120-88 ССБТ. Кабины и рабочие места операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Общие требования безопасности. **13.** ДСП 3.3.2.041.-99. Санітарні норми по обладнанню та влаштуванню тракторів і сільськогосподарських машин.

Надійшла до редколегії 11.01.2014

УДК 631.158:658.3; 331.45:338.24

**Гармонізація взаємодії в системі «оператор – машина – середовище»/ Прасолов С. Я., Кулик О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.152-157. – Бібліогр.: 13назв. ISSN 2079-5459**

В статье приведены исследования плавуче эргономических факторов на оператора МТА. Определены оптимальные расстояния установки органов управления в зависимости от антропометрических показателей оператора. Решается прямая и обратная задача расположения в кабине оператора МТА и приспособления рабочего места.

**Ключевые слова:** антропометрические показатели, эргономичные факторы, органы управления, оператор, машинно-тракторный агрегат.

**Harmonization interactions in the system «operator-machine-environment»/ E. Prasolov E. Kulyk //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.152-157. Bibliogr.:13. ISSN 2079-5459**

In the article presents the research of influence ergonomic factors on operator of tractor unit. Was determined Optimal Distance of drive depending on the anthropometric parameters of operator. Has been solved problem of operator location in the tractor cab and adaptation of workplace for his anthropometric parameters

**Keywords:** anthropometric and ergonomic factors, operator control, tractor unit.

УДК 66.074:661

**И. О. ЛАВРОВА**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ» ;  
**АММАР ВАЛИД САИД**, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Приведены результаты исследования влияния гидродинамической и ультразвуковой кавитационной обработки на качественные характеристики товарных мазутов и водотопливных эмульсий на их основе. Исследовано повышение эффективности сжигания котельного и печного топлива при одновременном повышении экологической безопасности и сроков службы котельных и печных

установок за счёт снижения содержания в эмульсии карбенов и карбоидов.

**Ключевые слова:** кавитация, мазут, гидрокрекинг, углеводороды, карбены, карбоиды, асфальтены, фракции, мазут, эмульсия.

**Введение.** Кавитационные технологии в настоящее время нашли широкое применение. Наиболее всего они востребованы для интенсификации химико – технологических процессов и теплоэнергетики. Кавитационное оборудование незаменимо при изготовлении товарных мазутов, смазочно-охлаждающих жидкостей, водотопливных эмульсий, взаиморастворимых жидкостей, при компаундировании моторных топлив [1, 2].

Одной из острых проблем при сжигании жидкого топлива является его обезвоживание. Котельные, работающие на жидком топливе (мазуте), постоянно сталкиваются с этой проблемой. В высоковязких мазутах наблюдается повышенное содержание воды в виде отдельных местных скоплений, обусловленное процессами перевозки, перекачки, хранения и подогрева топлива. Использование в качестве топлива специально приготовленных водомазутных эмульсий является одним из эффективных методов, позволяющих устранить негативные последствия этого явления. К проблемам, осложняющим экологическую обстановку, относится и непрерывное накопление сотен тысяч тонн балластных вод, содержащих нефтепродукты. Их источником являются промышленные предприятия, морской и речной флот.

**Анализ проблемной области получения водомазутных эмульсий.** Содержание воды в топочном мазуте во многих случаях существенно превышает предельно допустимые значения (вместо 1,5 % по норме обводненность доходит до 12-16 %, а в отдельных случаях – до 20 – 35 %). Из-за того, что плотности мазута и воды мало отличаются, вода не оседает на дне емкости, а располагается неравномерно слоями в массе топлива. Это приводит к срыву факела и затуханию форсунок, а иногда вообще не удается зажечь форсунку. Попытки вторичного пуска котлоагрегатов сопровождаются сильными хлопками и разрушением топков вследствие накопления в них горючих газов. Согласно нормативным документам, обводненность подаваемого на сжигание мазута не должна превышать 0,3 % - 1 % [3].

В традиционном плане подготовка мазута к сжиганию сводится в основном к двум операциям: обезвоживанию и нагреву.

Мероприятия по осушению мазута испарением воды энергоемки и ведут к потере летучих компонентов топлива. Обезвоживание выполняется в основном путем отстаивания. Разделение фаз мазут-вода в накопителях-отстойниках требует достаточно большого времени и малоэффективно из-за близости плотностей мазута и воды. Проблема утилизации или очистки таких вод не решается химическими и биологическими методами, т. к. они требуют больших дополнительных площадей, капитальных и эксплуатационных затрат.

Кавитационная обработка водомазутной эмульсии и ее последующее сжигание позволяет уменьшить в дымовых газах концентрацию окислов азота в 2-5 раз, концентрацию сернистого ангидрида в 2-3 раза, оксида углерода в 2-2,5 раза. Происходят глубокие структурные изменения в молекулярном составе углеводородов, повышение степени дисперсности асфальтенов, карбонов, карбоидов до размерного ряда частиц 2-3 мкм. Длинные молекулярные цепи преобразовываются в легкие углеводородные радикалы газовых, дистиллятных топливных фракций [4, 5].

Кавитация в жидких средах отличается тем, что при повышении относительной скорости потока относительно тела понижается давление потока до давления насыщенных паров (ваккума). При этом жидкость вскипает, и образуются кавитационные парогазовые пузырьки микроскопических размеров. Кавитационное облачко неоднородно: вблизи центра оно имеет вид небольшой плотной области; по плоскости

кавитационные пузырьки распределяются в виде своеобразной, похожей на многоконечную звезду фигуры.

Кавитационные пузырьки, попадая в область повышенного давления, схлопываются (замыкаются, конденсируются) кумулятивными струйками в точки. В этих точках, а их огромное количество, кумулятивные эффекты приводят к точечному повышению давлений до десятков тысяч атмосфер, с образованием точечных температур в десятки тысяч градусов по Кельвину.

Кроме того, резкое (внезапное) исчезновение кавитационных пузырьков приводит к образованию гидравлических ударов, и как следствие к созданию волны сжатия и растяжения в жидкости с ультразвуковой частотой. Если ударная волна встречает на своем пути препятствие, то она разрушает его поверхность. Кавитационных пузырьков довольно много и захлопывание их происходит много тысяч раз в секунду, поэтому кавитация может привести к значительным разрушениям.

Энергия схлопывающихся пузырьков расходуется на излучение ударных волн, на локальный нагрев газа, содержащегося в сжимающихся кавитационных полостях, на возбуждение сонолюминисценции, на образование свободных радикалов [6].

Совместное воздействие кумулятивных струек, гидродинамических ударов и ультразвукового поля приводят к:

- эмульгированию обычно не смешиваемых продуктов (мазут- вода);
- разрыву длинных молекулярных цепей в нефтепродуктах, переводу их в новое структурное состояние;
- измельчению (диспергированию) до микронного уровня твердых частиц в жидкости;
- гомогенизации обрабатываемого продукта;
- интенсификации химических реакций в десятки и порой даже тысячи раз, и т.д [7, 8].

**Постановка задачи.** Целью настоящего исследования было наработать основы технологии приготовления образцов водо-топливных эмульсий (ВТЭ). Эффективность применения кавитационного оборудования при обработке мазута обуславливается следующим:

- достаточно просто встраивается в действующую схему подачи топлива, не требуя дополнительных площадей и больших капитальных затрат;
- автоматически регулируется и поддерживается заданное количество водной фазы в эмульсии;
- снижаются в 2-3 раза вредные выбросы (сажа,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ );
- становится возможным сжигание сернистых мазутов с соблюдением норм выбросов  $\text{SO}_x$  в атмосферу;
- сернистые соединения утилизируются на этапе хранения и подготовки топлива;
- попутно реализуется утилизация воды, загрязненной нефтепродуктами (до 40% воды в объеме);
- осуществляется эффективная диспергация высокомолекулярных топлив, снижение вязкости, усреднение группового химического состава;
- разрушаются и диспергируются содержащиеся в топливе механические примеси, уменьшается абразивный износ форсунок;
- повышется средняя температура в топочной камере и интенсифицируется теплоотдача.

Известные данные по интенсификации процессов горения и снижению токсичных выбросов при сжигании топлива в камере сгорания водо-топливной эмульсии (ВТЭ) были положены в основу разработок.



Сравнительные данные о горении исследованных образцов безводного и эмульгированного топлива показывают, что эмульгированное топливо сгорает значительно эффективнее безводного, при этом сжигание водо-топливной эмульсии в котлоагрегатах и печах обеспечивает экономию мазута 10...18 %, по сравнению с сжиганием чистого топлива. Кроме того, одним из факторов, определяющих эффективность использования ВТЭ в котельно-топочных процессах, является возможность на их основе решать ряд экологических проблем.

Сжигание ВТЭ сокращает выход в газовых выбросах  $\text{NO}_x$  (примерно на 50-60 %), примерно в 3 раза снижает выброс сажистых отложений, уменьшает выход СО в среднем на 50 %, серы на 60...85 %, и т.д [9].

В таблице 1 приведены параметры исследованных образцов до и после кавитационной обработки.

Таблица 1 – Характеристики обработанных образцов мазутов марки М - 100

Мазут М-100	Параметры мазута								
	Время истечения через калиброванную воронку, сек., при $t=60\text{ }^\circ\text{C}$			Температура вспышки, $^\circ\text{C}$			Плотность, $\text{кг/м}^3$		
	Исх.	Кон.	$\Delta$ , %	Исх.	Кон.	$\Delta$ , %	Исх.	Кон.	$\Delta$ , %
Образец №1	155	90	42	120	127	5	925	920	0,5
Образец №2	38	23	39	105	115	9	915	910	0,5
Образец №3	165	120	25	135	145	7	920	920	0

Использование гомогенизированной водно-мазутной смеси позволяет повысить коэффициент сжигания топлива, сэкономить мазут и уменьшить вредные выбросы  $\text{NO}$  и  $\text{CO}$  в атмосферу при их сжигании. Механизм этого эффекта объясняется следующим обстоятельством. Топливо, поступая в горелку, распыляется форсункой. Дисперсность (размер капель) мазута составляет порядка 0,1-1 мм. Если в такой капле топлива находятся включения более мелких капель воды (с дисперсностью около от 1-7 мкм), то при нагревании происходит вскипание таких капель с образованием водяного пара. Водяной пар разрывает каплю топлива, увеличивая дисперсность подаваемого в горелку топлива. В результате увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом, улучшается качество топливоздушная смеси. В высокотемпературной зоне топочной камеры капля эмульсии взрывается и происходит вторичное диспергирование топлива.

В результате таких микровзрывов в топке возникают очаги турбулентных пульсаций и увеличивает число элементарных капель топлива, благодаря чему факел увеличивается в объеме и более равномерно заполняет топочную камеру. Это приводит к выравниванию температурного поля топки с уменьшением локальных максимальных температур и увеличением средней температуры в топке. Повышается светимость факела благодаря увеличению поверхности излучения, при этом существенно снижается недожог топлива, а также становится возможным снизить количество вдуваемого воздуха и уменьшить связанные с ним теплопотери. Одновременно в факеле происходят каталитические реакции, ведущих к уменьшению вредных газовых выбросов. Время пребывания капель в реакционном объеме топки возрастает за счет удлинения их траектории в процессе турбулентного перемешивания, увеличивается удельная реакционная поверхность капель топлива.

Скорость сгорания топлива в виде мелких капель увеличивается и сопровождается выделением меньшего количества твердых продуктов, чем у крупных капель мазута, разрушаются смолисто-асфальтеновые структуры. Молекулы воды ускоряют ход реакций в окислительных процессах и в следствии возникновения полярного эффекта, существен-

ного улучшающего ориентацию частиц активных радикалов топлива, проходят процессы, подобные гидрокрекингу.

Еще одним важным фактором, характеризующим эффективность использования ВТЭ, является повышение эффективности и долговечности оборудования. Перерасход топлива из-за загрязнения поверхности нагрева в котлах сажистыми и коксовыми частицами может превысить 10-25 %. При сжигании эмульсии часть капель долетает до поверхности нагрева и взрывается на ней, что способствует не только предотвращению отложений, но и очистке от старых сажистых образований.

Кавитационная обработка водо-топливных эмульсий с добавлением кальция или других сорбентов [10] и их последующее сжигание позволяет уменьшить в дымовых газах концентрацию  $\text{NO}_x$  в 2 – 5 раз, концентрация сернистого ангидрида в 2-3 раза. В результате обработки мазута в эмульсионной установке, длинные молекулярные цепи преобразовываются в легкие углеводородные радикалы дистиллятных топливных фракций.

Возможность снижения коэффициента избытка вдуваемого воздуха при сжигании углеводородного топлива чрезвычайно важна, поскольку, практика подтверждает, что КПД котлового агрегата при уменьшении коэффициента избытка воздуха на 0,1 увеличивается на 0,5 -1,2 %. В то же время снижения теплопроизводительности котлового агрегата большой паропроизводительности 50...100 т/час при влагосодержании эмульсии в пределах 8...14 % не происходит.

В настоящее время актуальны задачи энергосбережения и экологической безопасности при работе энергетических топливных установок.

Для решения этих задач интерес представляют водотопливные эмульсии типа вода - мазут, вода - дизельное топливо, вода – бензин, вода – мазут – угольная пыль.

Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10-15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %.

Обеспечивается возможность сжигания некондиционных высоковязких и обводненных мазутов. В качестве водной фазы можно использовать загрязненные нефтепродуктами промышленные стоки предприятий. При повышении содержания воды в эмульсии свыше 20 % по объему, качественные показатели процесса горения снижаются по сравнению с горением чистого топлива.

**Выводы.** Из полученных результатов этого цикла исследований можно сделать вывод, что результаты кавитационной обработки зависят от всех упомянутых выше факторов, а сама кавитация является селективным процессом, который влияет больше на молекулы мазута и дизельного топлива, чем на легкие бензиновые углеводороды. При разрыве связи С-Н от углеродной молекулы отрывается водород, при разрыве связи С-С углеводородная молекула разрывается на две части. При гидрокавитационной обработке эмульсии «углеводород-вода» происходят микрокрекинг молекул органических соединений и возможная ионизация и диссоциация воды с образованием водорода, и как результат – процессы частичной гидрогенизации тяжелых фракций.

Полученные результаты исследований подтверждают правильность теоретических положений, наличие процессов гидрогенизации, которые происходят в среде с кавитацией, а полученный эффект позволяет по-новому посмотреть на технологические процессы переработки углеводородов в целевые продукты – топлива для печей и котельных агрегатов.

**Список литературы:** 1. Вітенько, Т. М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних та біологічних процесах [Текст] / Т. М. Вітенько. – Тернопіль: в-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 224 с. 2. Рождественский, В. В. Кавитация [Текст] / В. В. Рождественский. – Л: Судостроение, 1977. – 248 с. 3. ГОСТ 10585-99. Топливо нефтяное. Мазут. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10585-99. -

[Текст]. – Введ. 21.09.99. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 21с. **4.** Лаврова, І. О. Обґрунтування методу очищення нафти і нафтових дистиллятів від сполук сірки [Текст] / І. О. Лаврова, В. Саїд Аммар, К. М. Сорокотяга // Вісник НТУ «ХПІ», Харків: НТУ «ХПІ» - 2010 - с. 57 – 615. **5.** Лаврова, І. О. Дослідження впливу технологічних факторів на ефективність процесу кавітаційної обробки нафтопродуктів [Текст] / І. О. Лаврова, В. Саїд Аммар, // Восточно-европейский журнал передових технологій, Харків: - 2013 - с. 47 – 51. **6.** Нестеренко С. В. Получение флотореагентов и водотопливных эмульсий на базе сырья и отходов коксохимического и нефтехимического производства нафтопродуктов [Текст] / Нестеренко С. В. Щебетун В.И., // Коммунальное хозяйство городов, Харків: - 2009 - с. 185- 194 **7.** Буйвол, В. Н. Тонкие каверны в течениях с возмущениями [Текст] / В. Н. Буйвол / К: Наукова думка, 1984. – 296 с. **8.** И. Пирсол. Кавитация [Текст] : пер. с англ. - М: «Мир», 1975 – 95С. **9.** Федоткин И. М. Использование кавитации в технологических процессах [Текст] / И.М. Федоткин, А. Ф. Немчин – К : Вища школа, 1984. – 68 с. **10.** Геллер С.В. Гидродинамические источники тепла [Текст] / Геллер С.В., Мочалин И.В., Богун О.П. // Нефтегазовое дело, М: - 2006 - с. 4-16

УДК 66.074:661

**Исследование влияния кавитационной обработки на качественные показатели водомазутных эмульсий/ И. О. Лаврова, Аммар Валид Саид //Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.157-162. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459**

Наведені результати дослідження впливу гідродинамічної і ультразвукової обробки кавітації на якісні характеристики товарного мазуту і водопаливних емульсій на їх основі. Досліджено підвищення ефективності спалювання котельного і пічного палива при одночасному підвищенні екологічної безпеки і термінів служби котельних і пічних установок за рахунок зниження вмісту в емульсії карбенів і карбоїдів.

**Ключові слова:** кавітація, мазут, гідрокрекінг, вуглеводні, карбени, карбоїди, асфальтени, фракції, мазут, сорбент.

**Study of the influence of cavitation processing of qualitative indicators of aqueous oil emulsions/ Lavrova I. O., Ammar W. Saeed //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.157-162. Bibliogr.:10 . ISSN 2079-5459**

Results of research of influence of hydrodynamic and ultrasonic cavitation processing on the qualitative characteristics of the commodity oils and water-and-fuel emulsions based on them. Studied increase of efficiency of burning of boiler and furnace fuel with simultaneous increase of ecological safety and service life of the boiler and oven plants by reducing the content in emulsion carbenes and carboids.

**Keywords:** cavitation, fuel oil, hydro, hydrocarbons, carbenes, carboids, asphaltenes, fractions, fuel oil, oil sorbent.

УДК 666.762

**Т. Б. ГОНТАР**, асистент, УИПА, Харків;

**О. Б. СКОРОДУМОВА**, д-р техн. наук, зав. каф., УИПА, Харків;

**Я. Н. ГОНЧАРЕНКО**, канд. техн. наук, асистент, УИПА, Харків

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО РЕМОНТА ОГНЕУПОРНЫХ ФУТЕРОВОК**

Исследовано влияние гранулометрического состава экзотермических смесей на основе динасового наполнителя на их текучесть. Выполнена оптимизация гранулометрического состава смесей, позволяющая сократить технологическую стадию отсева тонкой фракции 0,2 – 0 мм, что значительно упрощает и удешевляет технологию. Полученные результаты являются базой для создания нормативной документации на качество разработанной экзотермической смеси.

© Т. Б. ГОНТАР, О. Б. СКОРОДУМОВА, Я. Н. ГОНЧАРЕНКО, 2014

**Ключевые слова:** экзотермические смеси, гранулирование, оптимизация, нормативная документация.

**Введение.** Значительные энергозатраты в сталеплавильном производстве связаны необходимостью проведения длительных ремонтов футеровки плавильных печей, а также сталь- и промковшей. Альтернативой традиционным технологиям является горячий ремонт футеровки с помощью СВС-технологий [1]. Экзотермические смеси, применяемые для горячего ремонта огнеупорных футеровок, содержат огнеупорный наполнитель, близкий по фазовому составу к ремонтируемой футеровке [2,3]. В качестве горючего компонента чаще всего используют алюминиевую пудру.

Качество нанесения восстановительного покрытия зависит не только от состава экзотермической смеси, но и от ее дисперсности, поэтому разработка оптимального гранулометрического состава экзотермической смеси, а также создание нормативного обеспечения технологии СВС-смесей является актуальным направлением исследований.

Нанесение экзотермических смесей в струе окислителя на поверхность огнеупорной футеровки связано с некоторыми сложностями [4,5]. Экзотермическая смесь представляет собой полидисперсный многокомпонентный порошок. Массовое содержание этих компонентов, их истинная плотность, форма частиц и распределение их по размерам различно. При подаче под давлением полифракционного порошка с одновременным окислением происходит его расфракционирование, в результате чего при попадании оплавленных частиц на поверхность ремонтируемой футеровки увеличивается процент «отскока» смеси, а нанесенное покрытие имеет неоднородный состав [6-8]. В связи с этим представляется рациональным гранулировать порошок для повышения однородности покрытия, наносимого на футеровку [9]. При этом, за счет снижения потерь тонкой фракции (в частности, алюминиевой пудры) при нанесении покрытия, повышается равномерность оплавления гранул и снижается процент отскока.

Известно, что качество нанесения покрытия на ремонтируемую футеровку зависит от текучести порошка. При использовании гранулирования текучесть смеси повышается, однако, принимая во внимание ее полидисперсный состав, целесообразно оптимизировать фракционный состав гранулированной экзотермической смеси.

**Цель работы.** Целью работы является оптимизация гранулометрического состава гранулированных экзотермических смесей.

**Методика экспериментов.** Экзотермические смеси готовили на основе боя динасового кирпича (ГОСТ 4157-79) различной дисперсности, предварительно рассеянного по фракциям 3 – 2 мм, 2 – 1 мм, 1 – 0,5 мм, 0,5 – 0,2 мм, 0,2 – 0,1 мм и 0,1 – 0 мм. Каждая фракция была отдельно использована для получения гранулированных экзотермических смесей, полученных накатыванием слоя алюминиевой пудры (ГОСТ 5494-95), на зерна динасового порошка с использованием связующего – раствора жидкого стекла (ГОСТ 13078-81). Исходные компоненты и экспериментальные смеси исследовали с помощью петрографического (оптический микроскоп МИН-8) и химического методов анализа.

Текучесть экзотермических смесей определяли по скорости истечения  $0,5 \text{ дм}^3$  порошка через воронку с диаметром проходного отверстия 7,12 и 18 мм, что соответствует наиболее часто используемым размерам отверстий в системах подачи экзотермической смеси промышленных торкрет-установок. Время истечения фиксировалось по секундомеру. Статистическую обработку результатов испытаний (10 параллельных опытов для каждой экспериментальной экзотермической смеси) проводили методом наименьших квадратов.

**Обсуждение результатов.** По результатам химического и петрографического методов анализа в мелких фракциях гранулированной смеси содержится большее количество алюминиевой пудры при пониженном количестве жидкого стекла. При этом толщина покрытия тем тоньше, чем меньше размер гранул экзотермической смеси, следовательно,

часть пудры остается несвязанной. Наличие свободной пудры приводит к образованию агрегатов мелких гранул, снижает текучесть смеси, что согласуется с результатами, приведенными на рис.1.

Известно, что критериями текучести порошков служат такие показатели как угол естественного откоса и угол внутреннего трения. Угол внутреннего трения наиболее полно характеризует силы сцепления между частицами. Его расчет

основан на свойстве порошков ограничивать передачу внешнего давления на дно и стенки емкости, в которой порошок находится.

С целью получения исходных данных для проектирования бункеров, находящихся в системах подачи экзотермической смеси, были определены угол естественного откоса, а также углы внутреннего и внешнего трения (табл.1).

Совместный анализ полученных результатов позволил выявить, что оптимальный гранулометрический состав экзотермической смеси находится в диапазоне 0,2 - 1,0 мм. Недостатком предложенного состава является необходимость дополнительной технологической операции по отсеву фракций размером менее 0,2 мм.

Таблица 1 – Свойства гранулированных экзотермических смесей

Свойства	Размер гранул, мм					
	3,0-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	0,1-0
Насыпная плотность, г/ см <sup>3</sup>	1,240	1,203	1,163	0,935	0,663	0,614
Угол естественного откоса, град	36,25	35	33	32	34	-
Угол внутреннего трения, град	47,5	42	39	42	45	-
Угол внешнего трения, град	30	24,5	28	28	35	-

С целью изучения влияния содержания фракций 1 - 0,5; 0,5 - 0,2 и 0,2 - 0 мм на скорость истечения экзотермической смеси, было применено симплекс-решетчатое планирование эксперимента (табл.2) [10].

Вычислив коэффициенты, получили модель кубической степени приближения в кодированной форме:

$$y = 32,4x_1 + 18,66x_2 + 19,33x_3 - 9,83x_1x_2 - 26,93x_1x_3 - 0,225x_2x_3 + 13,84x_1x_2(x_1-x_2) - 2,68x_1x_3(x_1-x_3) - 5,04x_2x_3(x_2-x_3) + 2,89x_1x_2x_3$$

Для проверки адекватности полученной модели проводили по три параллельных опыта в трех проверочных точках, которые были выбраны после построения контурных кривых поверхностей полинома.

Для контрольных точек получены экспериментальные и расчетные значения скорости истечения (табл.3).

Выполнив расчет, получили для точек 1, 2, 3 значение  $\xi$ , равные 0,395, 0,764, 1,193 соответственно. Значение критерия Стьюдента  $t$  для этих же точек составляет 1,34, 0,125, 0,672. Табличное значение критерия Стьюдента, взятое при 5 %-ном уровне значимости ( $\alpha$ ), отнесенном к числу контрольных точек ( $l$ ), для 20 степеней свободы [ $f=N(n-l)$ ] равно  $t_{0,0,16;20} = 2,6$ . Наши значения меньше табличного, следовательно, описание поверхности отклика полиномом третьей степени является адекватным. Для оптимального гра-

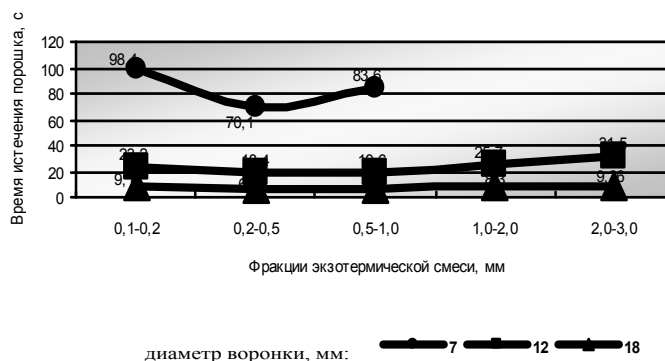


Рис.1 – Влияние дисперсного состава экзотермических смесей на время истечения через воронку

нулометрического состава время истечения через воронку составляет 18 - 19 с, что позволяет использовать полученные результаты для контроля качества гранулированной смеси разработанного состава.

Таблица 2 – Матрица планирования и дисперсия воспроизводимости

№	Состав смеси :						Результаты параллельных измерений, с			Ср.знач. параллельных измерений, с	Дисперсия воспр.
	в кодированной форме			в натуральном виде, $\text{дм}^3 \cdot 10^3$			$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	фр. 0-0,2	фр. 0,2-0,5	фр. 0,5-1					
1	1	0	0	500	-	-	32,3	32,4	32,5	32,4	0,01
2	0	1	0	-	500	-	18,5	18,7	18,8	18,66	0,0234
3	0	0	1	-	-	500	19,3	19,3	19,4	19,33	0,00335
4	2/3	1/3	0	333,3	166,6	-	26,8	26,5	26,7	26,66	0,0234
5	1/3	2/3	0	166,6	333,3	-	20,3	20	19,8	20,03	0,0305
6	2/3	0	1/3	333,3	-	166,6	22	21,9	21,7	21,86	0,234
7	1/3	0	2/3	166,6	-	333,3	17,8	18	17,9	17,9	0,01
8	0	2/3	1/3	-	333,3	166,6	18,3	18,6	18,5	18,46	0,0234
9	0	1/3	2/3	-	166,6	333,3	19,4	19,5	19,5	19,43	0,00335
10	1/3	1/3	1/3	166,6	166,6	166,6	19,7	19,4	19,3	19,46	0,0434

Таблица 3 – Экспериментальные и расчетные значения времени истечения в контрольных точках

№	Состав смеси:						Результаты параллельных измерений, с			Ср. знач. параллельных измерений, с	Время истечения (расч.), с
	в натуральном виде, $\text{дм}^3 \cdot 10^3$			в кодированной форме			$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$		
	фр. 0-0,2	фр. 0,2-0,5	фр. 0,5-1	$X_1$	$X_2$	$X_3$					
1	0	388,9	111,1	0	7/9	2/9	18,2	18,4	18,5	18,36	18,29
2	500	-	-	1	0	0	32,5	32,4	32,3	32,4	32,4
3	111,1	55,6	333,3	2/9	1/9	6/9	20,15	20,22	20,26	20,21	20,42

**Выводы.** Таким образом, проведенные исследования позволили установить область гранулометрических составов экзотермической смеси, характеризующихся оптимальной текучестью. Выполненная оптимизация с помощью симплекс - решетчатого метода планирования эксперимента позволила установить допустимость содержания в экзотермической смеси гранул размером  $< 0,2$  мм в количестве до 25-27 мас.%, что позволяет не отсеивать тонкую фракцию при приготовлении разработанной экзотермической смеси. Полученные результаты являются базой для создания нормативной документации на качество разработанной экзотермической смеси.

**Список литературы:** 1. Горячие ремонты коксовых печей керамической наплавкой и смесями СВС [Текст] / [А. Н. Патрушев, В. М. Неволин и др. // Кокс и химия. –2000. –№1. – С. 16-19. 2. Parry A. V. Invisible Coated Repair at Surface Temperatures [Текст] / Parry A. V. // Iron and Steel, 1984.- v.56.- №6.- P.183-184. 3. Jevon A. Coke-oven Wall Repair [Текст] /Jevon A., Fishek A. Z. // Iron and Steel Eng, 1984.-v.61.- No 5.- P.28-34. 4. Владимиров В. С. Использование для металлургических и литейных производств новых огнеупорных СВС – материалов и покрытий с повышенными эксплуатационными свойствами [Текст] / В. С. Владимиров, А. П. Галаган, И. А. Карпунин // тез. докл. 2<sup>й</sup> междунар. научно-практич. конф. «Автоматизированные агрегаты и энергосберегающие технологии в металлургии», М: МИСиС, 2002. - С.570 – 574. 5. Владимиров В. С. Использование новых высокоэффективных огнеупорных СВС-материалов и покрытий для металлургических производств [Текст] / В. С. Владимиров, А. М. Галаган, И. А. Карпунин // Новые огнеупоры.- 2002.- №7.- С.8-12. 6. Мамян С. С. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез неорганических материалов со стади-

ей магний-термического восстановления [Текст] / С. С. Мамян // сб. научн. трудов "СВС:теория и практика", Черноголовка:Территория.- 2001.- С.276-294. 7. Экзотермический огнеупорный мертель [Текст] /Дябин В. В., Неволин В. М., Заборовский В. М., Крутский Ю. Л. , №96110828/03, заявлено 29.05.1996, опубл. 27.02.2001. 70. SU, МПК С04В35/68/53. 8. Применение СВС-огнеупоров для футеровки агрегатов черной металлургии [Текст] / А. Р. Сейдаев, М. Б. Исмаилов [и др.]// Инженерно-физический журнал. – 1993. – Т.65, №5. – С.623–626. 9. Гонтар Т. Б. Разработка оптимального гранулометрического состава экзотермических гранулированных смесей [Текст] / Т. Б. Гонтар, С. М. Вилков, О. Б. Скородумова // Вестник национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Химия, химическая технология и экология». Харьков:НТУ «ХПИ».- 2011.-№ 50.- С.170 -175 10. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем [Текст] / И. Г. Зедгинидзе. – М: Наука, 1976 г.- 390с.

Поступила в редколлегию 25.01.2014

УДК 666.762

**Усовершенствование нормативного обеспечения процесса получения экзотермических смесей для горячего ремонта огнеупорных футеровок/ Гонтар Т. Б., Скородумова О. Б., Гончаренко Я. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.162-166. – Бібліогр.:10 назв. ISSN 2079-5459**

Досліджено вплив гранулометричного складу екзотермічних сумішей на основі динасового наповнювача на їх плинність. Виконана оптимізація гранулометричного складу сумішей, що дало можливість скоротити технологічну стадію відсіву тонкої фракції 0,2 - 0 мм, що значно спрощує і здешевлює технологію. Отримані результати є базою для створення нормативної документації на якість розробленої екзотермічної суміші.

**Ключові слова:** екзотермічні суміші, гранулювання, оптимізація, нормативна документація.

**Improvement of normative documentation for the exothermic mixtures technique using for hot repair of refractory lining/ T. B. Gontar, O. B. Skorodumova, Y. N. Goncharenko//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.162-166. Bibliogr.:10 . ISSN 2079-5459**

The influence of particle size distribution of exothermic mixtures of silica filler on the basis of their turnover has been studied. The optimization of particle size distribution of mixtures will reduce the dropout process step fine fraction 0.2 - 0 mm, which greatly simplifies and reduces the cost of technology. The results are a basis for the creation of regulatory documents developed by the quality of the exothermic mixture. .

**Keywords:** exothermic mixture, granulation optimization, normative documentation.

//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.00-00. Bibliogr.: . ISSN 2079-5459

УДК 620.197; 622.279; 665.3

**К. М. ДІХТЕНКО**, канд. техн. наук, УкрНДІгаз, Харків

## **КІНЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛІ ОТРИМАННЯ АЗОТОВІСНИХ ПОХІДНИХ ЖИРНИХ КИСЛОТ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИХ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ**

Розроблено математичну і кінетичну моделі амідкування моноацилгліцеринів етилендіаміном. Розраховано та оцінено константи швидкостей та термодинамічні параметри реакції амідкування моноацилгліцеринів етилендіаміном та запропоновано механізм реакції амідкування.

**Ключові слова:** інгібітор корозії, ріпакова олія, моноацилгліцерини, етилендіамін, амідуван

© К. М. ДІХТЕНКО, 2014



**Вступ.** Відомо [1, 2], що азотовмісні похідні жирних кислот, зокрема на основі етилендіаміну (ЕДА), можуть проявляти інгібіторні властивості і тому можуть бути використані у складі інгібіторів корозії для нафтогазової галузі. Для їх одержання за реакцією амідування може бути використана вітчизняна олійно-жирова сировина, зокрема ріпакова олія [3]. Так як на одній з стадій амідування ріпакової олії утворюються моноацилгліцерини (МАГ) [4], які також як і триацилгліцерини ріпакової олії реагують з етилендіаміном, то дослідження з оцінки кінетичних і термодинамічних параметрів амідування МАГ ЕДА є актуальними.

**Аналіз останніх досліджень і літератури.** В [2, 5] показано, що продукти амідування МАГ ЕДА проявляють високий захисний ефект, тому досліджено склад реакційних сумішей на основі МАГ і ЕДА та зміни його від умов реакції (мольного відношення, температури, часу). У [2] здійснено попередню оцінку кінетичних і термодинамічних параметрів реакції при мольному відношенні МАГ ЕДА 1:0,5, але не визначено кінетичні і термодинамічні параметри амідування при мольних відношеннях МАГ ЕДА 1:1, 1:1,5.

**Мета досліджень.** Метою цієї роботи є визначення та оцінка кінетичних і термодинамічних параметрів амідування МАГ ЕДА при мольних відношеннях реагентів 1:0,5, 1:1, 1:1,5 і температурах 373 К – 413 К та розробка математичної і кінетичної моделі амідування.

**Матеріали досліджень.** Для досліджень використано величини концентрацій компонентів реакційних мас амідування МАГ ЕДА за [2, 5].

**Результати досліджень.** За даними змін концентрацій компонентів реакційних мас [2, 5] за допомогою програмного пакету Statistica при довірчій вірогідності 0,95 розроблено математичну модель змін концентрацій компонентів реакційних мас (МАГ, ЕДА, алкіламіноетиленамідів (АА), діалкіламіноетиленамідів (ДАД), гліцерину (Гл) від мольного відношення, температури, часу реакції. Розроблена модель описується системою 5 рівнянь регресії з відповідними коефіцієнтами апроксимації  $R^2 > 0,97$ , де МВ – мольне відношення ЕДА/МАГ змінюється від 0,5 до 1,5,  $T$  – температура змінюється від 373 К до 413 К,  $\tau$  – час змінюється від 0 до 9000 с. Деякі з рівнянь моделі приведено в табл. 1:

Таблиця 1 – Деякі рівняння регресії математичної моделі амідування МАГ ЕДА

Рівняння залежності концентрацій МАГ ( $C_{\text{МАГ}}$ ), ЕДА ( $C_{\text{ЕДА}}$ ), Гл ( $C_{\text{Гл}}$ ) від мольного відношення, температури, часу реакції	$R^2$
$C_{\text{ЕДА}} = e^{(-2,081 \cdot 10^{-2} + 4,489 \cdot 10^{-2} / \text{МВ} - 2,589 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 - 2,901 \cdot 10^{-6} / \text{МВ} \cdot T^2 - 2,985 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\tau} + 2,077 \cdot 10^{-2} / \text{МВ} \cdot \sqrt{\tau} + 2,316 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 \cdot \sqrt{\tau} - 2,663 \cdot 10^{-7} / \text{МВ} \cdot T^2 \cdot \sqrt{\tau})}$	0,97
$C_{\text{МАГ}} = -8,162 \cdot 10^{-2} - 0,826 \cdot \text{МВ} + 8,275 \cdot 10^{-2} \cdot \text{МВ}^2 + 7,557 \cdot 10^{-3} \cdot T + 9,586 \cdot 10^{-4} \cdot \text{МВ} \cdot T - 1,294 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 8,709 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\tau} + 1,55 \cdot 10^{-3} \cdot \text{МВ} \cdot \sqrt{\tau} - 9,448 \cdot 10^{-6} \cdot T \cdot \sqrt{\tau} + 6,502 \cdot 10^{-5} \cdot \tau$	0,97
$C_{\text{Гл}} = -4,448 \cdot 10^{-2} + 6,998 \cdot 10^{-2} \cdot \text{МВ}^2 + 1,271 \cdot 10^{-2} \cdot \text{МВ}^4 - 2,081 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 - 7,306 \cdot 10^{-7} \cdot \text{МВ}^2 \cdot T^2 + 1,563 \cdot 10^{-11} \cdot T^4 + 9,243 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\tau} - 5,917 \cdot 10^{-4} \cdot \text{МВ}^2 \cdot \sqrt{\tau} + 1,284 \cdot 10^{-8} \cdot T^2 \cdot \sqrt{\tau} - 6,063 \cdot 10^{-5} \cdot \tau$	0,98

Адекватність рівнянь (табл. 1) реальному процесу амідування МАГ ЕДА підтверджується величинами  $R^2 > 0,97$  та тим, що похибка між концентраціями, розрахованими за цими рівняннями, та експериментальними даними, в основному, менша 7 %.

За приведеними рівняннями можна розрахувати концентрації компонентів реакційних мас залежно від мольного відношення, часу, температури, а диференціюванням рівнянь за часом, зокрема для ЕДА і МАГ, можна знайти величини швидкостей зникнення МАГ ( $dC_{\text{МАГ}}/d\tau$ ) та ЕДА ( $dC_{\text{А}}/d\tau$ ) у будь-який момент процесу амідування.

Знайдені диференціюванням в моменти часу амідкування  $\tau$  величини швидкостей витрат МАГ та ЕДА використано для розрахунку констант швидкостей реакцій амідкування МАГ ЕДА  $k_3$  та АА  $k_6$ , згідно хімізму [2] за рівняннями:

$$k_3 = -dC_A/dt / (C_{МАГ} \cdot C_A) \quad (1)$$

$$k_6 = (-k_3 \cdot C_{МАГ} \cdot C_A - dC_{МАГ}/dt) / (C_{МАГ} \cdot C_{АА}) \quad (2)$$

За поточними величинами швидкостей реакцій знайдено середню величину швидкості реакції амідкування МАГ ЕДА ( $k_3$ ) та МАГ АА ( $k_6$ ) при температурах 373 К, 393 К, 413 К (табл. 2).

Таблиця 2 – Константи швидкостей реакцій взаємодії МАГ з ЕДА ( $k_3$ ) і з АА ( $k_6$ ) при температурах 373 К, 393 К, 413 К

$k_i \cdot 10^4, 1/(\text{мол.ч.}\cdot\text{с})$	Температура, К		
	373	393	413
$k_3$	10,9	14,2	19,2
$k_6$	2,32	3,67	6,79

Видно (табл. 2), що константи швидкості реакції взаємодії МАГ з ЕДА ( $k_3$ ) і з АА ( $k_6$ ) збільшуються із підвищенням температури, при чому величини  $k_3$  більші, ніж  $k_6$ , у 2,8 - 4,7 рази. Застосування вищенаведеного методу визначення констант швидкостей для реакцій взаємодії МАГ з ЕДА дозволило уточнити величини констант швидкостей і термодинамічних параметрів, приведені в [2], оскільки адекватність регресійних рівнянь реакцій взаємодії МАГ з ЕДА (табл. 1) за коефіцієнтом апроксимації близька до 1. Тому для аналізу використано результати розрахунків при мольному відношенні реагентів 1:0,5 за рівняннями регресій табл. 1.

Співставлення розрахованих констант швидкостей з величинами констант швидкостей амідкування МАГ моноетаноламіном при температурах 393 К ( $k_{393}=10 \cdot 10^{-4} 1/(\text{мол.ч.}\cdot\text{с.})$ ) і 413 К ( $k_{413}=21,1 \cdot 10^{-4} 1/(\text{мол.ч.}\cdot\text{с.})$ ) [4] свідчить про їх однаковий порядок, що вказує на подібність механізмів взаємодії МАГ з ЕДА і з МЕА.

За розрахованими величинами констант швидкостей амідкування МАГ ЕДА при різних температурах (табл. 2) побудовано залежності  $\ln k_i$  від  $1/T$  (рис.1).

Видно (рис.), що ці залежності характеризуються прямими лініями з коефіцієнтами апроксимації  $R^2 > 0,98$  і кутовими коефіцієнтами (-2176,1) і (-4122). За визначеними величинами кутових коефіцієнтів розраховано величину енергії активації реакцій амідкування МАГ ЕДА і АА за [7]:

$$E_a = -\varphi \cdot R, \quad (3)$$

де  $\varphi$  – кутовий коефіцієнт,

$R$  - газова стала,  $R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$ .

Ентальпію ( $\Delta H$ ) реакції, ентропію ( $\Delta S$ ) реакції, вільну енергію ( $\Delta G$ ) реакції розраховано за формулами [7]:

$$\Delta H = E_a - RT, \quad (4)$$

$$\Delta S = 2,303 \cdot R \cdot (\lg k_o - \lg T - 11,18), \quad (5)$$

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S, \quad (6)$$

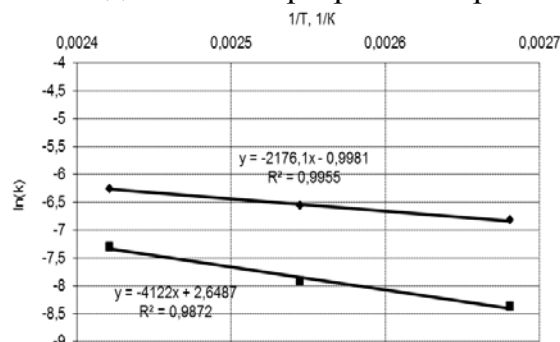


Рис. 1. Залежності  $\ln k_i$  від  $1/T$  при мольному відношенні МАГ:ЕДА 1:1 і температурах 373 К, 393 К, 413 К, де  $\blacktriangle$  -  $k_3$ ,  $\square$  -  $k_6$

$$\text{де } T = \left( \sum_{i=1}^n T_i \right) / n \quad (7)$$

$$k_0 - \text{передекспонційний множник, } k_0 = e^{(\ln k_0 + E_a / RT)} \quad (8)$$

Розраховані величини термодинамічних параметрів зведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Термодинамічні параметри реакцій взаємодії МАГ з ЕДА і з АА

Рівняння реакції	$k_0$	$E_a$ , кДж/моль	$\Delta H$ , кДж/моль	$\Delta S$ , Дж/(моль·К)	$\Delta G$ , кДж/моль
МАГ + ЕДА	0,369	18,1	14,8	-264	118
МАГ + АА	14,13	34,3	31,0	-233	123

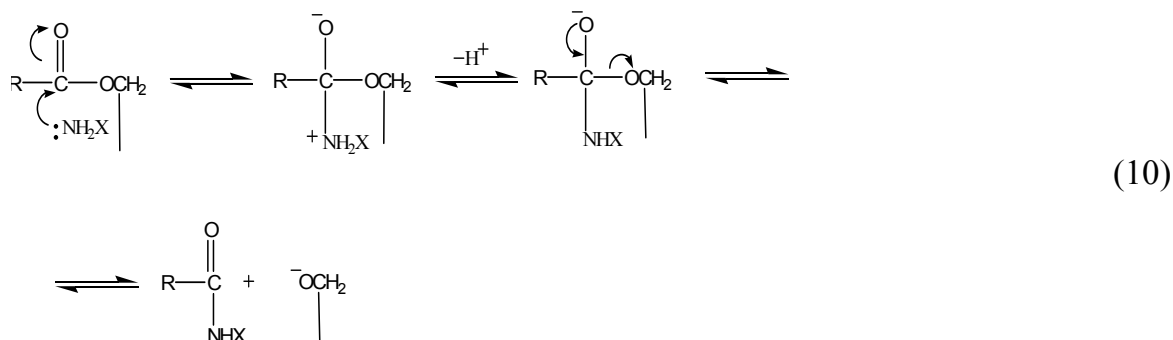
Співставлення визначених  $E_a$  і  $\Delta H$  взаємодії МАГ з АА і з ЕДА свідчить про енергетичні переваги реакції МАГ з ЕДА, що зумовлено зменшенням концентрації реакційних центрів у молекулі АА порівняно з ЕДА. Значення  $\Delta S$  цих реакцій мають дуже негативні значення, при цьому більш негативна величина  $\Delta S$  реакції ЕДА з МАГ вказує на більш структурований перехідний стан цієї реакції [7], можливо за рахунок утворення водневих зв'язків [8]. За змінами  $\Delta G$  реакція МАГ з ЕДА також більш енергетично вигідна, порівняно з реакцією МАГ з АА, що співпадає з теоретичним термодинамічним аналізом за адитивно-груповим методом [8].

Співставленням розрахованих термодинамічних параметрів реакцій МАГ з ЕДА (табл. 3) і МАГ з МЕА [6] показано, що  $E_a$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  реакції МАГ з МЕА вища, ніж реакції МАГ з ЕДА, що вказує на енергетичні переваги реакції МАГ з ЕДА, що узгоджується з [9]. Виходячи з кінетичних досліджень і термодинамічного аналізу, швидкості реакцій, які протікають при взаємодії МАГ з ЕДА, можна представити наступними виразами:

$$\left. \begin{aligned} W_{МАГ} &= dC_{МАГ}/d\tau = -0,369 \cdot e^{(-18100/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{ЕДА} - 14,13 \cdot e^{(-34300/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{АА} \\ W_{ГЛ} &= dC_{ГЛ}/d\tau = -0,369 \cdot e^{(-18100/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{ЕДА} - 14,13 \cdot e^{(-34300/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{АА} \\ W_{ЕДА} &= dC_{ЕДА}/d\tau = -0,369 \cdot e^{(-18100/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{ЕДА} \\ W_{АА} &= dC_{АА}/d\tau = 0,369 \cdot e^{(-18100/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{ЕДА} - 14,13 \cdot e^{(-34300/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{АА} \\ W_{ДАД} &= dC_{ДАД}/d\tau = 14,13 \cdot e^{(-34300/(R \cdot T))} \cdot C_{МАГ} \cdot C_{АА} \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Кінетична модель амідування МАГ ЕДА із урахуванням термодинамічних параметрів реакцій (9) адекватна експериментальним даним, оскільки експериментальне значення критерію Фішера ( $F = 2,3$ ) для рівня значимості 0,05 за дисперсією адекватності ( $\hat{S}_y^2 = 0,11$ ) та дисперсією відтворення ( $S_y^2 = 0,048$ ), є меншим від табличного значення ( $F_T = 4,46$ ) [10].

На основі аналізу розрахованих кінетичних і термодинамічних параметрів процесу амідування МАГ ЕДА також запропоновано бімолекулярний механізм реакції за типом  $S_N2$ .



де  $X - \text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ ,  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHOCR}$ .

Запропонований механізм реакції амідування МАГ ЕДА, МАГ АА і ТАГ ЕДА [11] однаковий, що свідчить про те, що зміна кількості ацильних груп в молекулі ацилгліцерину та довжина вуглеводневого скелету молекули аміну не впливає на механізм реакції амідування, а впливає тільки на швидкість перетворень.

**Висновки.** 1. Розроблено математичну і кінетичну моделі амідування МАГ ЕДА, які адекватні експериментальним даним. 2. Розраховано кінетичні і термодинамічні параметри амідування МАГ ЕДА. Показано, що константи швидкості амідування МАГ ЕДА при температурах 373 К – 413 К у 2,8 – 4,7 рази, вищі ніж алкіламіноетиленамідом. 3. Встановлено, що реакція амідування МАГ ЕДА і АА протікає за механізмом бімолекулярного заміщення 2-го порядку. 4. Зміна кількості ацильних груп в молекулі ацилгліцерину та довжина молекули аміну не впливають на механізм амідування, а впливають тільки на швидкість реакції.

**Список літератури:** 1. Маркин А.Н., Низамов Р.Э. СО<sub>2</sub> - коррозия нефтепромыслового оборудования. – М: ОАО “ВНИИОЭНГ”, 2003. – 188 с. 2. Мельник А.П., Діхтенко К.М., Сенишин Я.І. Дослідження отримання і інгібуючих властивостей азотовмісних поверхнево-активних речовин електрохімічним методом поляризаційного опору // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків, 2007. – Вип. XXXV. 3. Мельник А.П. Сульфування похідних вуглеводнів. – Харків, 1995. – 202 с. 4. Мельник А.П., Діхтенко К.М., Крамарев С.О. Дослідження одержання моноацилгліцеринів реакцією амідування ріпакової олії етилендіаміном // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2006. - № 44. – С. 37 – 40. 5. Діхтенко К.М. Дослідження утворення азотовмісних похідних жирних кислот як перспективних інгібіторів корозії для розробки нафтогазових родовищ // Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ “ХПІ”. – 2013р. - № 16(989). – С. 143 - 146. 6. Матвеева Т.В. Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуванням соняшникової олії: Дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: 05.18.06. – Харків, 2005. – 190 с. 7. Беккер Г. Введение в электронную теорию органической химии. – М.: Мир, 1965. – 501 с. 8. Мельник А.П., Діхтенко К.М., Сенишин Я.І., Матвеева Т.В. Оцінка термодинамічних параметрів реакції взаємодії ацилгліцеринів з етилендіаміном. - Вісник НТУ “ХПІ”. Зб. наук. праць. Тематичний випуск “Хімія, хімічна технологія, екологія”. – Харків: НТУ “ХПІ”. - 2006. - № 13. 9. Органикум. Практикум по органической химии II // Пер. с нем. д.т.н. В.М. Потапова, к.т.н. В.М. Пономарева. – Москва: Мир, 1979. – 442 с. 10. Лебедев Н.Н., Манаков М.Н., Швец В.Ф. Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза / Под ред. Н.Н. Лебедева. 2-е изд. переработ. – М.: Химия, 1984. – 376 с. 11. Мельник А.П., Сенишин Я.І., Діхтенко К.М. Азотовмісні похідні жирних кислот - перспективні реагенти нафтогазової галузі // Питання розвитку газової промисловості України. – Харків, 2006. – Вип. XXXIV. – С. 150 - 154.

Надійшла до редколегії 29.01.2014

УДК 620.197; 622.279; 665.3

**Кінетичні дослідження та моделі отримання азотовмісних похідних жирних кислот як перспективних інгібіторів корозії для розробки нафтогазових родовищ / Діхтенко К. М // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.166-171. – Бібліогр.:11 назв. ISSN 2079-5459**

Разработана математическая и кинетическая модели амидирования моноацилглицеринов этилендиамином. Рассчитаны и оценены константы скоростей и термодинамические параметры реакции амидирования моноацилглицеринов этилендиамином и предложен механизм амидирования.

**Ключевые слова:** ингибитор коррозии, рапсовое масло, моноацилглицерины, этилендиамин, амидирование, модель, кинетика, термодинамика, механизм.

**Mechanistic studies and models for nitrogen-containing derivatives of fatty acids as a promising corrosion inhibitors for oil and gas development / Dihtenko K.M. // Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.166-171. Bibliogr.:11 . ISSN 2079-5459**

Math and kinetic models of amidation of monoacylglycerines were developed. Rate constants and thermodynamic parameters of reaction of amidation of monoacylglycerines with ethylenediamine were calculated and evaluated. The mechanism of amidation was suggested.

**Keywords:** corrosion inhibitor, rape oil, monoacylglycerines, ethylenediamine, amidation, models, kinetics, thermodynamic, thermodynamics, mechanism.

УДК 665.383

**К. В. КУНИЦЯ**, аспірант, НТУ «ХП»;

**О. А. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, с.н.с., НТУ «ХП»;

**Ф. Ф. ГЛАДКИЙ**, д-р техн. наук, проф., зав. каф., НТУ «ХП»;

**В. А. КІЩЕНКО**, канд. техн. наук, начальник науково-методичної лабораторії хроматографічних досліджень, ДП «Укрметртестстандарт», Київ;

**І. В. ЛЕВЧУК**, канд. техн. наук, заст. начальника науково-методичної лабораторії хроматографічних досліджень, ДП «Укрметртестстандарт», Київ

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКТІВ ФРАКЦІОНУВАННЯ СО- НЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ НАСИЧЕНОГО ТИПУ

Визначено органолептичні, фізико-хімічні та структурні показники продуктів фракціонування соняшникової олії насиченого типу. Запропоновано сферу їх застосування.

**Ключевые слова:** соняшникова олія насиченого типу, фракційна кристалізація, продукти фракціонування

**Вступ.** Харчові жири і олії є складними багатокomпонентними сумішами різноманітних триацилгліцеринів, склад яких залежить від сировини, з якої вони були вилучені [1]. Залежно від призначення і використання перевагу надають або рідким, або твердим жирам. Існуючі в природі жири в натуральному вигляді не завжди відповідають вимогам виробництва жирової продукції. Для отримання із жирів продуктів з необхідними структурно-механічними властивостями та фізико-хімічними показниками здійснюють модифікацію жирів [2].

**Аналіз літературних джерел.** Останнім часом все більшого значення серед методів модифікації з метою отримання спеціальних жирів набуває процес фракціонування олій та жирів, оскільки дозволяє отримувати жири з заданими властивостями без хімічного модифікування початкового жиру. Низькі виробничі затрати, відсутність втрат жиру, повна зворотність процесу та відсутність жорстких вимог до ступеню підготовки початкової сировини надають процесу фракціонування більші переваги над іншими процесами модифікації жирів [3, 4]. Таким чином, розробка нових технологій виробництва м'яких і твердих спеціальних жирів для кондитерської, молочної, хлібопекарської промисловості має відбуватися саме з використанням процесів фракціонування. Оскільки в процесі фракціонування не утворюються транс-ізомери жирних кислот, що погіршують харчову цінність одержуваних жирів, метод має високі потенційні можливості в аспекті значного поліпшення якості модифікованих жирів, що виробляються, та розширення їх асортименту. За останні роки в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва (м. Харків) створено нові лінії насіння соняшнику, олія яких за своїм складом істотно відрізняється від класичної [5-7]. В даний час селекція соняшнику, насамперед, спрямована на зміну жирно-кислотного складу олії, в тому числі і на підвищення вмісту насичених жирних кислот і має на меті замінити гідровані рослинні жири твердими натуральними оліями, які не містять шкідливих для здоров'я людини транс-ізомерів жирних кислот.

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження органолептичних, фізико-хімічних та структурних показників продуктів фракціонування соняшникової олії насиченого типу та визначення шляхів їх застосування.

**Методика дослідження.** Визначення органолептичних, фізико-хімічних та структурних показників продуктів фракціювання здійснювали згідно відповідних діючих ДСТУ. Жирно-кислотний склад досліджували методом газорідинної хроматографії на газовому хроматографі Hewlett Packard HP-6890 із застосуванням капілярної колонки HP 88. Реєстрацію та обробку хроматограм здійснювали за допомогою персонального комп'ютера, оснащеного програмним забезпеченням HP ChemStation.

**Обговорення результатів.** На основі попередніх досліджень [8-10] встановлено, що в результаті фракційної кристалізації соняшникової олії насиченого типу лінії Мх 53 Б можна отримати спеціальний жир, який було названо «соняшковий пальмітин», оскільки основною насиченою жирною кислотою в його складі є пальмітинова. За органолептичними та фізико-хімічними показниками згідно з ДСТУ 4335:2004 «Жири кондитерські, кулінарні, хлібопекарські та для молочної промисловості. Загальні технічні умови» він відповідає хлібопекарському жиру, і може використовуватися в рецептурах хлібобулочних виробів. Регламентована температура плавлення таких жирів знаходиться в межах 17-27 °С, таким чином жири, отримані за наступними способами: фракціювання з розплаву, із використанням ініціатору кристалізації та фракціювання з розчину, відповідають цій вимозі. Ефективність проведення процесу кристалізації найвірніше було б оцінити якісними показниками соняшничкового пальмітину, який отримують в результаті процесу фракційної кристалізації. Органолептичні та фізико-хімічні показники соняшничкового пальмітину, отриманого вищезазначеними способами, у порівнянні з показниками хлібопекарського жиру згідно з ДСТУ 4335:2004 наведено у таблиці 1

Таблиця 1 – Органолептичні та фізико-хімічні показники хлібопекарського жиру та соняшничкового пальмітину

Назва показника	Хлібопекарський жир згідно з ДСТУ 4335:2004	Соняшничковий пальмітин
Запах і смак	Чистий смак. Запах введеного ароматизатора	Без стороннього запаху, присмаку та гіркоти
Колір	Від світло-жовтого до жовтого	Світло-жовтий
Консистенція за температури 18 °С	Однорідна, рухома (вимірюється за температурою 16 °С)	Однорідна
Масова частка жиру, %, не менше ніж	99,70	99,95–99,97
Масова частка вологи та летких речовин, %, не більше ніж	0,30	0,03–0,05
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	0,80	0,43–0,45
Температура плавлення, °С	17,00–27,00	19,70–25,70
Температура застигання, °С	не вище 15,00	14,50–14,90
Пероксидне число, ½ О ммоль/кг - під час випуску з підприємства	5,00	1,00–1,10

Можна зробити висновок, що високоплавка фракція соняшничкової олії насиченого типу – соняшковий пальмітин, який отримують методом фракційної кристалізації цієї олії, згідно з ДСТУ 4335:2004 можна кваліфікувати як спеціальний жир хлібопекарського призначення.

Жирно-кислотний склад початкової олії та отриманих різними способами фракцій наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Жирно-кислотний склад початкової олії та отриманих фракцій

Жирні кислоти	Початкова олія	Фракціювання із розплаву	Фракціювання із застосуванням ініціатору кристалізації	Фракціювання із розчину
C <sub>14:0</sub> (М)	0,04	0,02	0,03	0,02
C <sub>16:0</sub> (П)	18,80	38,06	42,86	63,65
C <sub>16:1</sub> (ПО)	2,44	1,47	1,25	0,68
C <sub>17:0</sub> (Мр)	0,04	0,04	0,04	0,03
C <sub>17:1</sub> (МрО)	0,35	0,24	0,20	0,13
C <sub>18:0</sub> (С)	2,75	2,70	3,08	1,05
C <sub>18:1</sub> (О)	18,72	12,40	10,79	5,62
C <sub>18:2</sub> (Л)	55,29	43,88	40,40	28,28
C <sub>18:3</sub> (Лн)	0,06	0,04	0,04	0,02
C <sub>20:0</sub> (Еа)	0,26	0,20	0,24	0,08
C <sub>20:1</sub> (Ее)	0,09	0,04	0,04	0,01
C <sub>22:0</sub> (Б)	0,85	0,64	0,77	0,31
C <sub>24:0</sub> (Га)	0,31	0,27	0,26	0,12

Отже, жирно-кислотний склад фракцій, отриманих різними способами, засвідчує, що методом фракційної кристалізації соняшникової олії насиченого типу лінії Мх 53 Б можна отримати фракції жиру, що мають спеціальне призначення для хлібопекарської галузі харчової промисловості. Крім того, відмічається зміна кількісного складу жирних кислот у фракціях, одержаних різними способами.

Склад ацилгліцеринів соняшникової олії насиченого типу та соняшникового пальмітину, отриманого різними способами, наведено у табл.3.

Таблиця 3 – Склад ацилгліцеринів соняшникової олії насиченого типу та соняшникового пальмітину

Найменування ацилгліцеринів	Початкова олія	Фракціювання із розплаву	Фракціювання із застосуванням ініціатору кристалізації	Фракціювання із розчину
ПОП	2,02	8,38	9,64	15,31
ПЛП	12,08	48,8	55,92	79,6
ПСП	3,45	1,43	1,08	-
ПСС	-	1,1	1,23	0,5
ПОС	2,77	1,31	0,99	-
ПОО	2,41	3,66	4,42	1,37
ПЛО	11,35	6,33	3,73	0,45
ПЛС	2,52	-	1,1	-
ПЛЛ	24,07	10,96	7,7	0,69
ПЛЛн	2,23	0,75	0,45	-
СОС	0,64	0,27	0,2	-
СОО	0,36	0,41	0,54	0,19
ООО	1,8	0,77	0,58	0,14
СЛО	2,46	1,27	1,02	-
ООЛ	4,92	2,24	1,74	-
СЛЛ	4,4	2,14	1,75	0,53
ОЛЛ	12,75	5,6	4,27	-
ЛЛЛ	9,11	4,13	2,94	0,44
ЛЛЛн	0,66	0,45	0,7	0,38



Результати дослідження складу ацилгліцеринів соняшникової олії та пальмітину методом газорідинної хроматографії можна звести до вмісту груп ацилгліцеринів типу GS<sub>3</sub>, GS<sub>2</sub>U, GSU<sub>2</sub>, GU<sub>3</sub> (S і U – насичена і ненасичена кислоти відповідно), що відображено на рис. 1.

Результати дослідження підтверджують дані щодо зміни фізико-хімічних показників соняшникового пальмітину, отриманого різними способами. Для зазначених способів фракціонування вміст дінасичено-мононенасиченої фракції, що складають основу спеціальних жирів, є не однаковим, максимальним він виявився для фракціонування в розчиннику і складає 95,31 %.

Окрім цільової фракції (соняшникового пальмітину) в процесі фракційної кристалізації отримано другу фракцію, яка має рідку консистенцію. Органолептичні та фізико-хімічні показники рідкої фракції у порівнянні з показниками соняшникової олії згідно з ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова. Технічні умови» наведено у табл. 4.

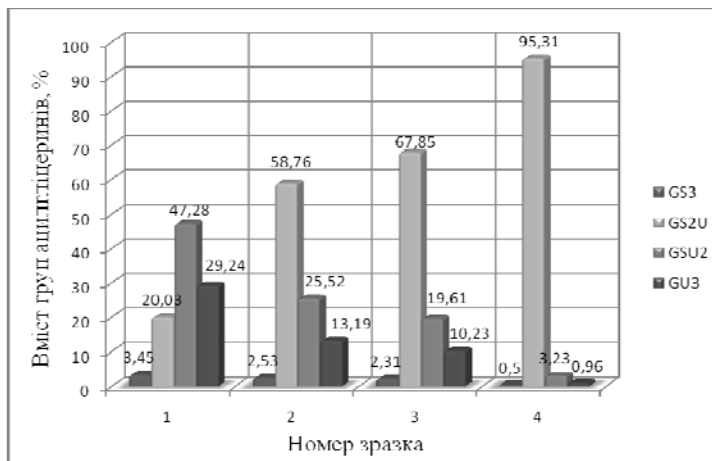


Рис. 1 – Вміст груп ацилгліцеринів 1 – початкова олія; 2 – соняшниковий пальмітин (фракціонування із розплаву); 3 – соняшниковий пальмітин (фракціонування з ініціатором кристалізації); 4 – соняшниковий пальмітин (фракціонування із розчину)

Таблиця 4 – Органолептичні та фізико-хімічні показники рідкої фракції

Найменування показника	Олія соняшникова нерафінована холодного пресування першого віджиму [ДСТУ 4492:2005]		Рідка фракція
	вищого га- тунку	першого га- тунку	
Прозорість	Прозора без осаду		Прозора без осаду
Запах та смак	Притаманні олії соняшниковій, без сторон- нього запаху, присмаку та гіркоти		Притаманні олії соняшниковій, без сто- роннього запаху, при- смаку та гіркоти
Колірне число, мг йоду, не більше ніж	10	15	7
Кислотне число, мг КОН/г, не більше ніж	1,0	1,5	0,46
Пероксидне число, ½ O ммоль/кг - під час випуску з підприємства	3,0	6,0	1,11
Масова частка фосфоровмісних речо- вин, %, не більше ніж			
- у перерахунку на стеароолеолецитин	0,10	0,20	0,13
- у перерахунку на P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,009	0,016	0,012
Масова частка нежирових домішок, %, не більше ніж	0,01	0,03	відсутність
Масова частка вологи та летких речо- вин, %	0,10	0,15	0,03

Згідно ДСТУ 4492:2005 «Олія соняшникова. Технічні умови» рідка фракція може бути класифікована як олія соняшникова нерафінована холодного пресування першого віджиму першого гатунку. Така олія може застосовуватися як салатна, олія для консервної промисловості та мати інші харчові призначення в жировмісних продуктах харчування.

**Висновки.** Процес модифікації соняшникової олії насиченого типу шляхом фракціонування дозволяє одержувати на основі вітчизняної сировини жири спеціального призначення без промислових транс-ізомерів жирних кислот та зменшити залежність країни від імпорту. Продукти, отримані в результаті фракційної кристалізації, мають високу якість та знайдуть широке застосування в харчовій промисловості.

**Список літератури:** 1. *Garces, R.* Current advances in sunflower oil and its applications [Текст] / *R. Garces, E. Martinez-Force, J. Salas, M. Venegas-Caleron* // *J. Lipid Technology*. – 2009. – Vol. 21. – P. 79–82. 2. *Кухта, В. Г.* Рынок модифицированных жиров в Украине [Текст] / *В. Г. Кухта* // Олійно-жировий комплекс. – 2003. – № 3(3). – С. 31-34. 3. *Федякина, З.* Основные аспекты современных методов подготовки жирового сырья [Текст] / *З. Федякина, Д. Семенова, Н. Сидорова* // Олійно-жировий комплекс. – 2004. – № 3 (6). – С. 32–35. 4. *Abdullah, A.* Evaluation of palm oil quality: correlating sensory with chemical analyses [Текст] / *A. Abdullah, A. H. Halim* // *J. Am. Oil Chemists' Soc.* – 1992. – Vol. 69. – No. 3. – P. 272-275. 5. *Кириченко, В. В.* Стан та перспективи розвитку селекції і насінництва гібридного соняшнику [Текст] / *В. В. Кириченко* // «Химия и технология жиров. Перспективы развития масло-жировой отрасли» [Текст]: тезисы докладов 2-й Международной научно-технической конференции, 21 – 25 сентября 2009 г. Алушта. – Харьков: УНИИМИЖ УААН, 2009. – С.4. 6. *Кириченко, В. В.* Селекция подсолнечника на повышение адаптивного потенциала и качества масла [Текст] / *В. В. Кириченко, В. П. Коломацкая* // Масложировой комплекс. – 2010. – № 4. – С. 24-28. 7. Пат. 19389 Україна, МПК А01Н 4/00. Спосіб отримання інбредних ліній соняшнику з підвищеним вмістом гліцеридів пальмітинової кислоти / *Кириченко В. В., Брагін О. М., Тимчук С. М., Макляк К. М., Сивенко В. І., Супрун О. Г., Хрякова В. П., Пов'якало В. І.*; заявник і патентовласник Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва Української академії аграрних наук. – № 200606649; заявл. 15.06.2006; опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12. 8. *Куниця, К. В.* Визначення раціональних умов фракційної кристалізації соняшникової олії пальмітинового типу із розплаву [Текст] / *К. В. Куниця, О. А. Литвиненко, Ф. Ф. Гладкий* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр. – 2013. – № 4/6 (64). – С. 36-43. 9. *Куниця, К. В.* Закономірності фракціонування соняшникової олії пальмітинового типу при використанні допоміжних речовин [Текст] / *К. В. Куниця, О. А. Литвиненко, Ф. Ф. Гладкий* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр. – 2013. – № 6/11 (66). – С. 14–19. 10. *Куниця, К. В.* Раціональні умови фракційної кристалізації соняшникової олії пальмітинового типу із розчину [Текст] / *К. В. Куниця, О. А. Литвиненко, Ф. Ф. Гладкий* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технологічний центр. – 2014. – № 1/6 (67). – С. 8-12.

*Надійшла до редколегії 29.01.2014*

УДК 665.383

**Визначення показників якості продуктів фракціонування соняшникової олії насиченого типу/ Куниця К. В., Литвиненко О. А., Гладкий Ф. Ф., Кіщенко В. А., Левчук І. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.171-176. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459

Определены органолептические, физико-химические и структурные показатели продуктов фракционирования подсолнечного масла насыщенного типа. Предложено сферы их применения.

**Ключевые слова:** подсолнечное масло насыщенного типа, фракционная кристаллизация, продукты фракционирования

**Determination of the quality of products fractionation of sunflower oil saturated type/ K.V. Kunitsa, O.A. Litvinenko, F.F. Gladkiy, V.A. Kishchenko, I. V. Levchuk**//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.171-176. Bibliogr.:10 . ISSN 2079-5459

The study of organoleptic, physico-chemical and structural indexes fractionation products of sunflower oil saturated type have been conducted. Their scope of application has been proposed.

**Keywords:** sunflower oil saturated type, fractional crystallization, fractionation products

УДК 664.3:547

**А. П. МЕЛЬНИК**, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХП»;  
**Д. О. ДЕГТЯРЬОВ**, інженер, УкрНДІгаз, Харків

## ЩОДО КІНЕТИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ ІНГІБОВАНОЇ СОЛЯНОЇ КИСЛОТИ ЗІ СТАЛЛЮ СВЕРДЛОВИННОГО ОБЛАДНАННЯ

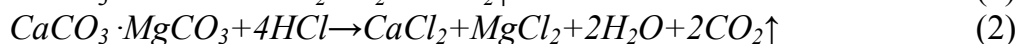
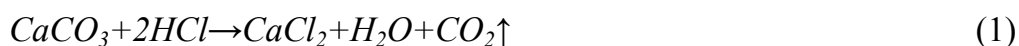
Розглянуто реакції взаємодії інгібованої соляної кислоти із сталлю насосно-компресорних труб (НКТ) марок Д, Е та Р 110. Розраховано кінетичні та термодинамічні параметри цих реакцій. Кінетичними дослідженнями показано, що сталь НКТ марки Д більш стійка при низьких температурах, а сталі марок Е та Р 110 при підвищених температурах.

**Ключові слова:** ентропія, ентальпія, інгібітор корозії, солянокислотний розчин.

**Вступ.** Під час розробки газових, газоконденсатних і нафтових родовищ, коли відбувається зменшення дебітів вуглеводневої сировини застосовують різні методи інтенсифікації, серед яких, одним з поширених методів, є солянокислотна обробка привибійних зон свердловин. Метод солянокислотної обробки свердловин оснований на здатності соляної кислоти розчиняти карбонатні породи – вапняки, доломіти, доломітизовані вапняки, з яких складаються продуктивні горизонти родовищ нафти та газу, або розчиняти вапнякові породоутворюючі мінерали, які входять до складу продуктивних кварцових пісковиків у формі розсіяних вкраплень або в формі матеріалу, який цементує кварцові пісковики [1].

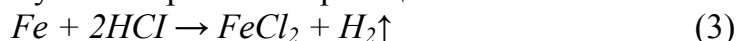
Соляна кислота, під час розчинення карбонатів, викликає глибокі зміни в породі привибійної зони та пласті. Ці зміни різні для порід, які відрізняються літологічними та колекторськими властивостями [1].

Відомо [2], що основні реакції, які визначають корисний ефект під час кислотних обробок свердловин є реакціями взаємодії карбонатних порід, вапняку та доломіту з соляною кислотою:



Хлористий кальцій та хлористий магній, які є продуктами взаємодії, внаслідок їх високої розчинності не випадають в осад із розчину повністю прореагованої соляної кислоти, а тому можуть виноситися з свердловини газорідним потоком.

Якщо реакції соляної кислоти з доломітом та вапняком складають хімічну сутність процесу обробки свердловин, то супутні реакції та побічні процеси, зокрема взаємодія  $\text{HCl}$  з металом НКТ, експлуатаційних колон, шлейфів свердловин, газопереробного обладнання установок комплексної підготовки газу, ємностей для зберігання та перевезення зумовлює його корозійне руйнування в результаті протікання реакції:



Першопричиною корозії металів є їх термодинамічна нестійкість у різних середовищах, у даному випадку - в розчині соляної кислоти. Термодинаміка надає вичерпні дані щодо можливого самовільного протікання корозійного процесу при визначених умовах [3].

Отже, для розвитку теоретичних уявлень про процеси впливу солянокислотних

обробок, в тому числі під час гідророзривів пласта, на метал свердловинного обладнання потрібно знання кінетичних та термодинамічних параметрів відповідних реакцій, оскільки ці параметри можуть бути використані при прогнозуванні швидкості корозійних процесів. Для проведення кислотних обробок свердловин використовується інгібована, часто 13 % мас., соляна кислота, яка, в тій чи іншій мірі, зумовлює корозійне руйнування свердловинного обладнання.

**Мета роботи.** Оцінка кінетичних та термодинамічних параметрів реакції взаємодії сталі НКТ з товарною інгібованою соляною кислотою.

**Методи досліджень.** Взаємодію сталі НКТ марок Д, Е та Р 110 з 13 % мас. інгібованою соляною кислотою досліджено при температурах 303 К – 368 К. Швидкість корозії визначено масометричним методом [4] за стандартними зразками – свідками. Кінетичні дослідження проведено в термостатичній установці, де коловий рух рідини відбувався зі швидкістю 3 м/с, кількість паралельних зразків у дослідженні – 2, об'єм розчину соляної кислоти – 200 мл. В цих умовах поверхнева концентрація заліза складає  $\approx 1,74 \cdot 10^{-7}$  г-моль по відношенню до 0,76 г-моль для 13 % мас. розчину  $HCl$ , це вказує на те, що реакцію розчинення сталі досліджено в умовах реакції псевдопершого порядку.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Для уточнення зміни швидкості корозії з часом було досліджено швидкість корозії сталі НКТ марки Д через вибрані проміжки часу впродовж 2 годин. Результати цих досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1 - Швидкість корозії сталі НКТ марки Д у 13 % мас. водному розчині інгібованої соляної кислоти при температурі 333 К

Час, хв.	Швидкість корозії	
	г/(м <sup>2</sup> ·год)	мм/рік
	$V_c$	$V_{rc}$
1	2	3
5	53,2	59,6
10	49,8	55,7
20	39,1	43,8
40	31,1	34,8
60	27,4	30,7
80	23,5	26,3
100	23,9	26,7
120	21,8	24,4

Як видно (табл. 1) швидкість корозії сталі НКТ марки Д через 5 хвилин складає  $\approx 53$  г/(м<sup>2</sup>·год), а вже через 60 хвилин зменшується майже у двічі і становить 27,4 г/(м<sup>2</sup>·год). Треба відмітити те, що в інтервалі 80 хв. – 120 хв. швидкість корозії майже не змінюється і знаходиться на рівні  $\approx 22$  г/(м<sup>2</sup>·год) – 24 г/(м<sup>2</sup>·год). Ці зміни добре видно на графіку залежності швидкості корозії від часу експозиції (рис 1).

Як видно (рис. 1) на початку дослідження взаємодії сталі з  $HCl$  швидкість корозії знижується за експоненціальним законом, досягаючи мінімуму через 80 хвилин. Після 80 хвилин, залежність має лінійний характер і швидкість корозії практично не змінюється з часом. Тобто, при тривалості реакції до 80 хвилин, розчинення сталі НКТ в інгібованій соляній кислоті можна розглядати як реакцію псевдо першого порядку.

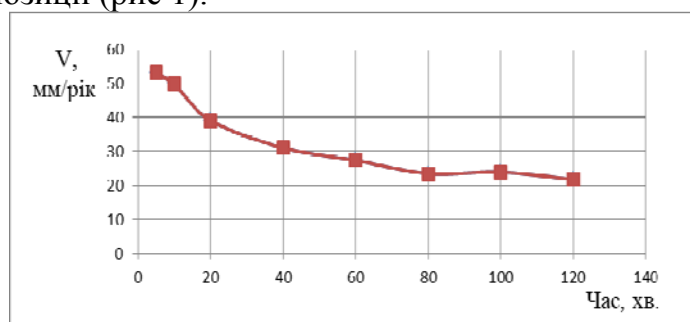


Рис. 1 – Залежність швидкості корозії  $V$  зразків сталі НКТ марки Д від часу експозиції при температурі 333 К

На основі експериментально визначених кінетичних залежностей [5] розчинення різних сталей при різних температурах розраховано константу швидкості реакції взаємодії соляної кислоти з залізом  $k$  за наступною формулою:

$$k = \frac{\ln(c_{HCl_0}) - \ln(c_{HCl_0} - 2c_{Fe^{2+}})}{\tau} \quad (4)$$

де  $c_{Fe^{2+}}$  – концентрація іонів заліза в розчині через проміжок часу  $\tau$ , г-моль;  $c_{HCl_0}$  – початкова концентрація інгібованої соляної кислоти, г-моль.

Визначені константи швидкості корозії сталі НКТ марки Д, Е та Р 110 в інгібованій соляній кислоті наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Константи швидкості  $k$  реакції сталей НКТ марок Д, Е та Р 110 з соляною кислотою при різних температурах

Температура, К	Константа швидкості реакції $k \cdot 10^{-3}$ , с $^{-1}$		
	Д	Е	Р 110
303	1,1	1,2	1,1
313	1,5	1,7	1,5
333	1,7	2,0	1,7
353	4,2	3,0	3,1
363	5,2	3,7	4,1
368	6,3	4,5	4,9

Як видно з табл. 2, при температурах 303 К – 313 К константа швидкості реакції для сталей НКТ марок Д та Р 110 нижча, ніж для сталі марки Е, що свідчить про меншу швидкість корозійного руйнування обладнання з цих сталей. При збільшенні температури - константа швидкості реакції для сталі НКТ марки Д зростає більш інтенсивно, ніж константа швидкості реакції для сталей НКТ марок Е та Р 110. При температурі 368 К стійкою до впливу інгібованої соляної кислоти виявляється сталь НКТ марки Е, дещо поступається їй сталь НКТ марки Р 110.

За величинами констант швидкостей реакції при різних температурах (табл. 2) визначено величину енергії активації ( $E_a$ ) реакцій взаємодії сталі НКТ марок Д, Е та Р 110 з інгібованою соляною кислотою за залежністю:

$$\ln(k) = f(1/T). \quad (5)$$

Величини енергії активації, які визначено з експериментальних результатів залежності (5), в даному випадку, називають ефективною енергією активації процесу, оскільки вона для гетерогенних хімічних реакцій менше їх істинної енергії активації на величину теплоти адсорбції реагуючої речовини, тобто теплоти абсорбції соляної кислоти на поверхні сталі НКТ [5].

На основі енергії активації розраховані:

Ентальпія  $\Delta H$ :

$$\Delta H = E_a - RT, \quad (6)$$

де  $R$  – універсальна газова стала, Дж/моль·К,

$T$  – абсолютне значення температури, К;

ентропія  $\Delta S$ :

$$\Delta S = 2,303 \cdot R \cdot (\lg A - \lg T - 10,75), \quad (7)$$

де  $A$  – ареніусівський множник;

вільна енергія процесу  $\Delta G$ :

$$\Delta G = H - T\Delta S. \quad (8)$$

Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Термодинамічні параметри реакцій взаємодії сталей НКТ з інгібованою соляною кислотою

Марка сталі НКТ	$E_a$ , кДж/моль	$\Delta H$ , кДж/моль	$\Delta S$ , Дж/(моль·К)	$\Delta G$ , кДж/моль
Д	24,4	-78,4	-187,8	-15,9
Е	16,9	-85,9	-189,5	-22,3
Р 110	20,0	-82,7	-190,9	-20,0

Одержані результати (табл. 3) свідчать про те, що енергія активації ( $E_a$ ) для реакції взаємодії сталі НКТ марки Е має нижче значення, а енергія активації для сталі НКТ марки Д - найвище. Це вказує на те, що під впливом змін температури більш стійкою при знаємо дії сталей НКТ з інгібованою НСІ є сталь марки Д.

Порівнюючи значення ентальпій  $\Delta H$  процесу, можна говорити про те, що при однакових умовах сталь НКТ марки Е є більш стійкою.

Як видно з табл. 3 ентропія процесу  $\Delta S$  збільшується в ряду сталей марки Д > сталь марки Е > сталь марки Р 110. З цього витікає, що в одних і тих же умовах швидше всього може руйнуватись сталь Р 110, а при змінах температури вона є більш стійкою.

Числові значення вільної енергії  $\Delta G$  підтверджують самовільне протікання реакції.

### Висновки

1. Показано, що швидкість корозії сталі НКТ марки Д у інгібованій 13 % мас. соляній кислоті при температурі 333 К зменшується за перші 80 хвилин реакції, а в інтервалі від 80 хв. до 120 хв. - лишається майже на одному рівні.

2. Згідно оцінки констант швидкості реакції взаємодії інгібованої соляної кислоти з різними сталями при температурах 303 К-368 К встановлено, що найменша константа швидкості розчинення заліза спостерігається для сталей НКТ марок Д та Р 110 при температурі 303 К та для сталі НКТ марки Е при 368 К.

3. На основі реакцій взаємодії різних сталей НКТ марок Д, Е та Р 110 з інгібованою соляною кислотою визначено енергію, ентропію та ентальпію активації. Показано, що реакція розчинення сталей НКТ характеризуються різними величинами теплових ефектів реакцій, що можливо пов'язано з присутністю різних домішок.

4. Визначена на основі експериментальних результатів від'ємна величина вільної енергії свідчить про самовільний перебіг досліджених реакцій розчинення заліза у соляній кислоті.

**Список літератури:** 1. *Амиян В. А.* Физико-химические методы повышения производительности скважин [Текст] / В. А. Амиян, В. С. Уголев // - М.: Недра, 1970. – 279с. 2. *Логонов Б. Г.* Руководство по кислотным обработкам скважин [Текст] / Б.Г. Логонов, Л. Г. Мальшев, Ш. С. Гарифуллин // – М.: Недра, 1966. – 222 с. 3. *Жук Н. П.* Курс теории коррозии и защиты металлов [Текст] / Н. П. Жук // – М.: Металлургия, 1976. – 472 с. 4. Ингибиторы кислотной коррозии. Методы испытаний защитной способности при кислотном травлении металлов: ГОСТ 9.505-86. - [Текст]. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 16 с. 5. *Шмид Р.* Неформальная кинетика [Текст] / Р. Шмид, В. Н. Сапунов // – М. Мир. – 1985. – 264 с.

Надійшла до редколегії 29.01.2014

УДК 664.3:547

**Щодо кінетики і термодинаміки взаємодії інгібованої соляної кислоти зі сталлю свердловинного обладнання/ Мельник А. П., Дегтярьов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 7 (1050). – С.176-188. – Бібліогр.:5 назв. ISSN 2079-5459**

Рассмотрено реакции взаимодействия ингибированной соляной кислоты со сталью насосно-компрессорных труб (НКТ) марок Д, Е и Р 110. Рассчитано кинетические и термодинамические параметры этих реакций. Кинетическими исследованиями показано, что сталь НКТ марки Д более стойкая при низких температурах, а стали марок Е и Р 110 - при высоких температурах.

**Ключевые слова:** энтропия, энтальпия, ингибитор коррозии, солянокислотный раствор.

**On the kinetics and thermodynamics of hydrochloric acid to inhibit interaction with steel equipment well/ A. P. Melnik, D. O. Degtyarev//**Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.176-180. Bibliogr.:5 . ISSN 2079-5459

Examined the reaction of inhibited hydrochloric acid with steel pump compressor pipes (PCP) grades D, E, and P 110. Calculated kinetic and thermodynamic parameters of these reactions. Kinetic studies have shown that the steel pump compressor pipes mark D is more resistant at low temperatures, and E and P 110 at high temperatures.

**Keywords:** entropy, enthalpy, corrosion inhibitor, hydrochloric acid solution solution.



УДК 663.44

*О. О. ВАРАНКИНА*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП»;  
*М. Л. ТОНЮК*, студентка, НТУ «ХП»;  
*А. Н. КОСС*, студент, НТУ «ХП»;

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НОРМИ ВНЕСЕННЯ КОРИЦІ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ НАПОЇВ БРОДІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ТИПУ

Досліджено технологію високогустинного пивоваріння. Встановлено вплив вмісту сухих речовин в початковому суслі та норми задачі кориці на органолептичні показники напою бродіння.

**Ключові слова:** спеціальне пиво, кориця, високогустинне пивоваріння, дріжджі, пивне сусло.

**Вступ.** До напоїв бродіння відносяться пиво, хлібні і фруктові-ягідні кваси, медові напої і морси. На відміну від газованих напоїв, характерною особливістю напоїв бродіння, є вміст вуглекислого газу і в деяких з них - алкоголю (у невеликих кількостях), що утворюється в процесі бродіння. Пиво – слабоалкогольний, насичений діоксидом вуглецю, тонізуючий пінистий напій, що виготовляють шляхом збродження охмеленого сусла пивними дріжджами. Існує декілька способів виробництва пива. Серед них новим і перспективним способом є технологія високогустинного пивоваріння, в основі якої лежить процес збродження сусла з високим вмістом сухих речовин з подальшим кондиціонуванням продукту. Одним з актуальних питань, що стоять перед науковцями, є вивчення можливості використання високогустинного пивоваріння для виробництва спеціальних сортів пива. Спеціальне пиво – це пиво, отримане в результаті бродіння пивного сусла із солоду і/чи зернопродуктів, пивоварного хмелю і/чи хмельових продуктів чи із пива без його переробки, що змінює його органолептичні та фізико-хімічні показники, з використанням цукровмістних продуктів, і/чи плодово-ягідної та рослинної сировини, і/чи продуктів їх переробки, і /чи смакових і ароматичних добавок [1]. В напрямку створення нових видів продукції та розширення асортименту пиво-безалкогольного ринку проводять багато досліджень. Одним із них є робота Хоконової М. Б. та Гетажевої А.Ч., які вивчали можливість використання аралії маньчжурської в технології пивоваріння. В результаті, на основі отриманих даних (фізико-хімічних та органолептичних показників), дослідники зробили висновок, що пиво спеціальне з додаванням екстракту аралії маньчжурської – це повноцінний напій, що відповідає вимогам нормативної документації. Також встановлено, що оптимальна стадія, на якій необхідно вносити екстракт, – це доброджування пивного сусла [2]. Іншими науковцями досліджувалась можливість використання калини, амарата для виробництва напоїв бродіння. Вони підтвердили, що корисні речовини з рослинної сировини переходять в напій. Таке спеціальне пиво має підвищену біологічну цінність [3]. Перспективний напрям, що обрано нами для подальших досліджень, - це технологія напоїв бродіння високої густини з додаванням кориці. Важливим завданням є визначення показників якості готового продукту, в тому числі органолептичних, та встановлення їх відповідності вимогам нормативної документації.

**Мета роботи.** Метою даної роботи стало дослідження технології високогустинного пивоваріння в частині використання її для виробництва спеціального пива з корицею, а також аналіз органолептичних показників якості кондиціонованого напою.

**Методика експериментів.** Основні матеріали дослідження: зразки пива з екстрак-

тивністю початкового сусла 16 % та 19 %, що були кондиційовані до екстрактивності 13 %. Дослідження органолептичних показників якості пива проводили спільно з дегустаційною комісією стандартним методом. Для органолептичних випробувань застосовували склянку подовженої форми з безбарвного скла. Температура зразків пива складала 12 °С. Зразки пива, що налиті в бокал, оцінювали за зовнішнім виглядом, визначаючи його прозорість та колір. Для визначення прозорості пиво наливали в стакан і розглядали у потоці світла між вікном і джерелом світла. Одночасно звертали увагу на виділення бульбашок вуглекислоти, відмічали швидкість їх виділення. Пінність пива (висоту шару піни та її стійкість) визначали в окремій пробі у циліндричній склянці заввишки 105..110 мм з внутрішнім діаметром 73..75 мм. Склянку встановлювали на майданчик лабораторного штатива, а над склянкою закріплювали кільце штатива так, щоб верхній край його був на відстані 25 мм від верхнього краю склянки. Пиво наливали так, щоб горло пляшки спиралося на кільце штатива, пляшку нахилили повільно і спокійно, без поштовхів. Налив припиняли, коли верхня поверхня пива зрівнювалася з верхнім краєм склянки. Висоту піни визначали наступним чином: міліметровою лінійкою визначали відстань від різкої лінії розділу «піна-пиво» до верхнього краю склянки. У момент закінчення наливу включали секундомір. Спадання піни й утворення на поверхні напою невеликих вільних від піни дільниць вважали кінцем досліду. Цей момент відзначали за секундоміром, стійкість піни виражали у хвилинах [4]. Під час органолептичної оцінки показники якості напою оцінювали за 25-баловою системою, а результати заносили до таблиць. Оцінку «Відмінно» отримували зразки, що набрали сумарну кількість балів 25-22, а оцінки «Добре» і «Задовільно» - сумарну кількість балів 19-21 та 13-18 відповідно [5].

**Обговорення результатів.** При приготуванні сусла, що досліджувалось використовували класичну сировину, що відповідає нормативним документам, підготовлену воду та корицю. Враховуючи результати попередніх досліджень [6,7], дріжджі вносили у сусло з різною концентрацією сухих речовин у кількості відповідно до табл. 1.

Таблиця 1 – Норма внесення дріжджів в зразки напою

Зразки	16 %	19 %
Норма внесення дріжджів, кг/дал	0,055	0,095

При необхідності перерахунку кількості внесення дріжджів на кількість клітин в  $\text{дм}^3$  слід враховувати, що 1 кг/дал дріжджів відповідає 680 млн.кл/ $\text{дм}^3$ . Після доведення всіх зразків пива до початкової концентрації пивного сусла 13 % отримали 6 зразків із різним дозуванням кориці, органолептичну оцінку яких і проводили (табл. 2, 3).

Таблиця 2 – Норма внесення кориці в зразки, що приготовані з сусла з початковою концентрацією сухих речовин 16 %

Зразки	16 %								
Стадія внесення кориці	до головного бродіння (А)			під час доброджування (Б)			до готового напою (В)		
Номер зразка	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Норма внесення кориці, кг/дал	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,06

Таблиця 3 – Норма внесення кориці в зразки, що приготовані з сусла з початковою концентрацією сухих речовин 19 %

Зразки	19 %								
Стадія внесення кориці	до головного бродіння (А)			під час доброджування (Б)			до готового напою (В)		
Номер зразка	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Норма внесення кориці, кг/дал	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08	0,04	0,06	0,08

В дегустації досліджуваних зразків брали участь 7 дегустаторів.

Результати органолептичного оцінювання показників якості кондиційованого пива стандартним методом представлені в табл.4 та 5 для тих зразків, які були приготовані з суслу з початковим вмістом сухих речовин 16 % і 19 %, відповідно, та різною нормою задачі кориці. В таблиці також представлені результати органолептичного оцінюванню зразків, які приготовані в аналогічних умовах та з аналогічної сировини, але без кориці (16 % Г, 19 % Г).

Таблиця 4 – Стандартна дегустаційна оцінка показників якості кондиційованого напою з початковим вмістом сухих речовин у суслі 16%

Показник якості	Органолептична оцінка зразків пива, бал									
	16 % А			16 % Б			16 % В			16 % Г
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	-
Колір	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3
Аромат	4	4	3	4	4	3	2	2	2	3
Смак	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4
Хмельова гіркота	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
Прозорість	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Піна та насиченість діоксидом вуглецю	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
Загальна кількість балів	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>23</b>

Дегустували пиво в порядку підвищення масової частки сухих речовин у початковому суслі. Періодично дегустатор ополіскував рота дистильованою водою. Смак і аромат оцінювали, куштуючи пиво невеликими ковтками. Передусім установлювали, чи є характерним смак та аромат для даного типу пива, а потім визначали присутність стороннього присмаку. Крім повноти і чистоти смаку пиво оцінювали за хмелевою гіркотою.

Таблиця 5 – Стандартна дегустаційна оцінка показників якості кондиційованого напою з початковим вмістом сухих речовин у суслі 19 %

Показник якості	Органолептична оцінка зразків пива, бал									
	19 % А			19% Б			19 % В			19 % Г
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	-
Колір	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3
Аромат	3	3	4	3	4	4	3	2	2	2
Смак	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4
Хмельова гіркота	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4
Прозорість	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
Піна та насиченість діоксидом вуглецю	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
Загальна кількість балів	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>21</b>

Отримання дегустаційної стандартної оцінки є важливим, оскільки забезпечує можливість порівняння з аналогічними дослідженнями.

Слід відмітити, що оскільки зразки були приготовлені в лабораторії (досліджуване зріле пиво було відібране і профільтроване в лабораторних умовах, потім розбавлене розрахунковою кількістю підготовленої води), то оцінювання прозорості, насиченість діоксидом вуглецю, піноутворення і піностійкість зразків приймається теоретично. На прозорість головним чином впливає процес фільтрації і стабілізації пива, використання технології ВГП не має впливу на даний показник. Насиченість діоксидом вуглецю регулюється при карбонізації. На піноутворення, в першу чергу, впливає насиченість пива діоксидом вуглецю. Сійкість піни зумовлюється станом зв'язку CO<sub>2</sub> в пиві та наявністю піностабілізаторів: низькомолекулярних пептидів, декстринів, хмельових ре-

човин. На стійкість піни теоретично використання технології ВГП може впливати, але оскільки дослідити це не має можливості, прийmemo, що оцінку по показнику всі зразки отримали максимальну. Також максимальну оцінку прийнято по прозорості.

Таким чином, зразки 16 % А і 16 % Б отримали оцінку «Відмінно», а зразки 16 % В, тобто ті, в які кориця вносилася перед кондиціонуванням, отримали нижчу оцінку «Добре». Зразки 19 % А (1) та Б (2, 3) отримали оцінку «Відмінно», а зразки 19 % В (2, 3) – «Задовільно».

**Висновки.** В ході дослідження визначено органолептичні показники зразків кондиціонованого спеціального напою, що виготовлений за технологією високогустинного пивоваріння та з додаванням кориці. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що внесення кориці може як позитивно, так і негативно впливати на органолептичні показники якості пива. Оптимальною стадією внесення кориці до складу напою, є етап технологічного процесу перед подачею пива на доброджування, що зберігає корисні речовини рослинної сировини і не викликає втрати товарного вигляду напою.

**Список літератури:** 1. ГОСТ Р 53459 – 2009. Пиво специальное. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2010 – 04 – 05. – М. : Стандартинформ, 2010. – 12 с. 2. Хоконова, М. Б., Гетажеева, А. Ч. Технология специального пива [Текст] / М. Б. Хоконова, А. Ч. Гетажеева // Пиво и напитки. – 2010. – №4 – С. 22 – 23. 3. Палагина, М. В., Макарова, А. А. Новые сорта безалкогольного пива с добавлением экстрактов из дальневосточных дикоросов [Текст] / М. В. Палагина, А. А. Макарова // Пиво и напитки. – 2011. – №3. – 26 – 27. 4. Филимонова, Т. И. Проблемы плотного пивоварения [Текст] / Т. И. Филимонова, О. А. Борисенко, Т. П. Рыжова и др. // Пиво и напитки, 2006. – №3. – с.26 – 27. 5. Fernandes, S. Accelerated fermentation of high-gravity worts and its effect on yeast performance [Text] / S. Fernandes, N. Machuca, M. G. Gonzalez // American society of brewing chemists. – 1985. – Vol. 43. – No. 2. – P. 109 – 113. 6. Тонюк, М. Л., Варанкіна О. О. Дослідження впливу концентрації початкового суслу на утворення побічних продуктів бродіння в технології високогустинного пивоваріння [Текст] / М. Л. Тонюк, О. О. Варанкіна // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – №9. – С. 105 – 109. 7. Тонюк, М. Л. Дослідження впливу норми внесення дріжджів в сусле на якість високогустинного бродіння [Текст] / М. Л. Тонюк // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців «Перші наукові кроки – 2012». Збірник наукових праць. Під заг. ред. І. М. Бендери, С. Б. Слободяна. – Кам'янець-Подільський: Видавець ПП Зволейко Д.Г. – 2012. – 384 с. 8. Технохімічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв [Текст] / За ред. А. Є. Мелетьєва. – Вінниця : Нова Книга, 2007. – 392 с. 9. Грачєва, І. М. Исследование влияния аэрации на образование летучих кислот с использованием математической модели [Текст] / И. М. Грачєва, Л. И. Нисма., В. В. Жирова // Известия вузов. – 2007. – №4. 10. ДСТУ 3888– 99. Пиво. Загальні технічні умови [Текст]. – Введ. 2000 – 01 – 01. – К. : Держстандарт України, 1999. – 16 с.

*Надійшла до редколегії 08.01.2014*

УДК 663.44

**Дослідження впливу норми внесення кориці на органолептичні показники якості напоїв бродіння спеціального типу/ Варанкіна О. О., Тонюк М. Л., Косс А. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.181-184. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459**

Исследована технология высокоплотного пивоварения. Установлено влияние содержания сухих веществ в начальном сусле и нормы внесения корицы на органолептические показатели напитка брожения.

**Ключевые слова:** специальное пиво, корица, высокоплотное пивоварение, дрожжи, пивное сусле.

**Study of cinnamon quantity effect on quality of special beer /O. O. Varankina, M.L. Toniuk, A. N. Koss //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.181-184. Bibliogr.:10. ISSN 2079-5459**

The high-gravity brewing technology is investigated. The effect of the first wort concentration and quantity of cinnamon on organoleptic evaluation of fermentation beverage is investigated.

**Keywords:** special beer, cinnamon, high-gravity brewing, yeast, wort.

**В. В. ЕВЛАШ**, д-р техн. наук, проф., Харьковский государственный университет питания и торговли;

**А. В. НЕМИРИЧ**, канд. техн. наук, доц., Национальный университет пищевых технологий, Киев

**А. Е. МАКСИМЕНКО**, ассистент, ЛНАУ, Луганск

**О. Ю. ГРИЦЕНКО**, аспирант, Харьковский государственный университет питания и торговли

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОСТИ СУШЕНОГО МЯСА ГОВЯДИНЫ ПРИ СТП-СУШКЕ**

Проведены исследования формирования пористости сушеного мяса говядины при СТП-сушке и ее влияние на коэффициент водопоглощения и влагоудерживающую способность.

**Ключевые слова:** пористость, сушка, мясо, водопоглощение, качество.

**Введение.** Продление срока хранения пищевых продуктов путем консервирования применяется для сушки мяса, рыбы, овощей, фруктов, ягод, специй, лекарственного сырья, а также крови, яичного меланжа и т.д. Однако, только физические способы обезвоживания позволяют исключить использование консервантов и пищевых добавок [1]. Сушеное сырье характеризуется определенными свойствами, которые возможно использовать в различных технологиях. Поэтому формирование технологических свойств сушеного сырья является актуальной задачей. Использование сушеного мяса в технологиях пищевых продуктов позволит интенсифицировать технологические процессы производства и придать продукту требуемые технологические свойства. Это является актуальным для предприятий питания различных типов, особенно типа «бистро».

В литературе описано много технологий сушки мясного сырья. Для обезвоживания мясного сырья в основном применяют три способа сушки: конвективную, кондуктивную и сублимационную. Наиболее часто в промышленности применяется конвективная сушка. Температура воздуха, поступающего в сушилку 110°- 125°С. Недостатками данного метода является длительность процесса (до влагосодержания 7% 5-6 часов), высокие энергозатраты и низкое качество конечного продукта, вследствие необратимых изменений капиллярно-пористой структуры [2]. Известен промышленный способ сушки мяса микроволновой СВЧ-энергией [3]. Однако при всех технологических преимуществах СВЧ – сушки и неплохих качественных показателях готового продукта этот метод недоступен из-за высокой стоимости конечного продукта и отсутствия отечественных СВЧ-установок. Наиболее прогрессивным методом обезвоживания биологических объектов является сублимационная сушка под вакуумом, поскольку позволяет защитить материал от химических, физических и энзимных процессов при максимальном сохранении структуры ткани. Сухой продукт легко обводняется. Продолжительность сушки 18-24 ч в зависимости от аппарата, на котором производится сушка [4]. Следует подчеркнуть, что при всех положительных характеристиках вакуумной сублимационной сушки, как наиболее щадящего метода сушки биологических объектов, этот метод является очень дорогостоящим за счет сложной аппаратуры и длительности процесса. Поэтому для промышленной переработки мяса экономически невыгоден.

В процессе сушки из мяса в первую очередь удаляется свободная вода (вода макрокапилляров), а затем – микрокапилляров, осмотическая и адсорбционная. При нагревании продукта в процессе сушки до определенной температуры происходит

тепловая денатурация белков, что снижает их гидрофильность. Для снижения нежелательных изменений для каждого вида изделий подбирают соответствующие наиболее благоприятные способы и режимы сушки. Во всех случаях режим сушки должен быть согласован с требованиями к качеству продукции. Каждый вид сушки обеспечивает получение продукта с разными свойствами. Сушка методом сублимации предварительно вареного мяса в виде фарша теряет смысл, особенно учитывая ее высокую стоимость. Поэтому метод сублимационной сушки пригоден в первую очередь для получения сырого высушенного мяса. Мясо конвективной сушки имеет очень жесткую консистенцию, и восстанавливается варкой в течении 30-40 минут, то есть размягчение элементов мяса происходит за счет гидролиза. Из сказанного ясно, что применение в производстве пищевых продуктов мяса конвективной сушки целесообразно только в смеси с полуфабрикатами, требующими продолжительной варки.

Таким образом, важным моментом является выбор способа и оптимального режима сушки для обеспечения минимальных затрат теплоты, энергии при максимальном сохранении технологических свойств продуктов.

Учеными Харьковского государственного университета питания и торговли разработан способ сушки со смешанным теплоподводом, который позволяет получить продукт по основным показателям качества, не уступающий сублимированному при существенном сокращении продолжительности процесса [5].

Вследствие особенностей протекания процесса СТП – сушки продолжительность сокращается с 5-6 часов (конвективная сушка) до 1,5, продукт получается высокопористым и с низким влагосодержанием, это обуславливает быстрое восстановление и высокие регидратационные показатели.

**Целью работы.** Целью работы является формирование капиллярно-пористой структуры сушеного мяса, полученного СТП-сушкой.

**Методика экспериментов.** Подготовка образцов сушеного мяса осуществлялась следующим образом: грудную или лопаточную части говядины отваривали на пару до достижения температуры внутри куска мяса  $72 \pm 2^\circ\text{C}$ , измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решетки 5...6 мм и высушивали в СТП-сушилке при температуре  $70^\circ\text{C}$  в течение 80 мин до влажности 7%. Контрольный образец, подготовленный таким же способом высушивали в конвективной сушилке при той же температуре и до такой же конечной влажности. Для исследования распределения пор по радиусам использовали тензометрический метод анализа.

**Обсуждение результатов.** Анализ изотерм сорбции-десорбции проводили по методу проф. Потапова. Аппроксимирующая функция изотерм сорбции-десорбции имеет вид [6]

$$\varphi = \frac{w^n}{A_1 + A_2 w^n}, \quad (1)$$

где  $A$  и  $n$  – коэффициенты, определяемые по экспериментальным данным, которые связаны с параметрами дифференциальной функции распределения пор (ДФРП) по радиусам следующими соотношениями

$$m_R = \left( \frac{A_2}{0,433} \right)^{1,247}, \quad (2)$$

$$\sigma_R = - \frac{\ln(6,12A_1)}{0,625} \left( \frac{n - 0,957}{0,223} \right)^{-0,6}. \quad (3)$$

Исходя из проведенного регрессионного анализа изотерм, были найдены параметры логарифмически нормального распределения (4) капилляров по радиусам –  $m_R$ ,  $\sigma_R$ .

$$f_{\Pi}^*(R^*) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_R R^*} \exp\left\{-\left[\ln(R^*) - m_R\right]^2 / 2\sigma_R^2\right\}, \quad (4)$$

$R^*$  - безразмерный радиус капилляров

$$R^* = (R - d_0) / d_0. \quad (5)$$

$d_0$  - диаметр молекулы воды ( $d_0 = 0,3$  нм)

Затем по формулам 6 и 7 рассчитан средний и наиболее вероятный радиус капилляров (рис.1).

$$\bar{R} = d_0 \left[1 + \exp(m_R + \sigma_R^2 / 2)\right], \quad (6)$$

Наиболее вероятный радиус капилляров  $R_m$

$$R_m = d_0 \left[1 + \exp(m_R - \sigma_R^2)\right] \quad (7)$$

Ширина ДФРП (параметр  $\sigma_R$ ) определяет характер формы изотерм в области полимолекулярной адсорбции, а наиболее вероятный радиус капилляров (параметр  $m_R$ ) влияет на характер изотерм в области максимального гигроскопического влагосодержания и определяет емкость влажного тела по связанной влаге. На рис. 2 приведены экспериментальные изотермы сорбции- десорбции, а на рис. 3 построенные ДФРП по уравнению (4).

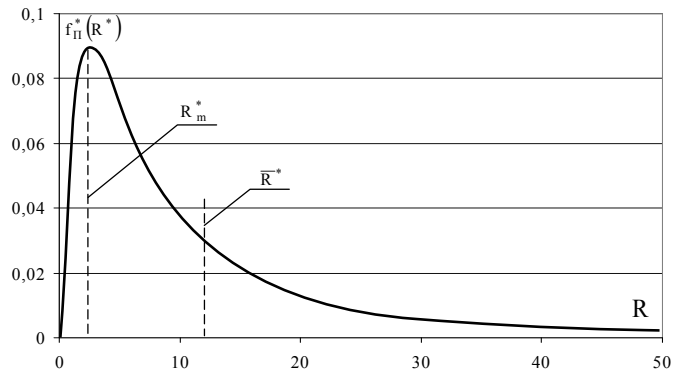


Рис.1 - Логарифмически нормальное распределение капилляров сушеного мяса по радиусам

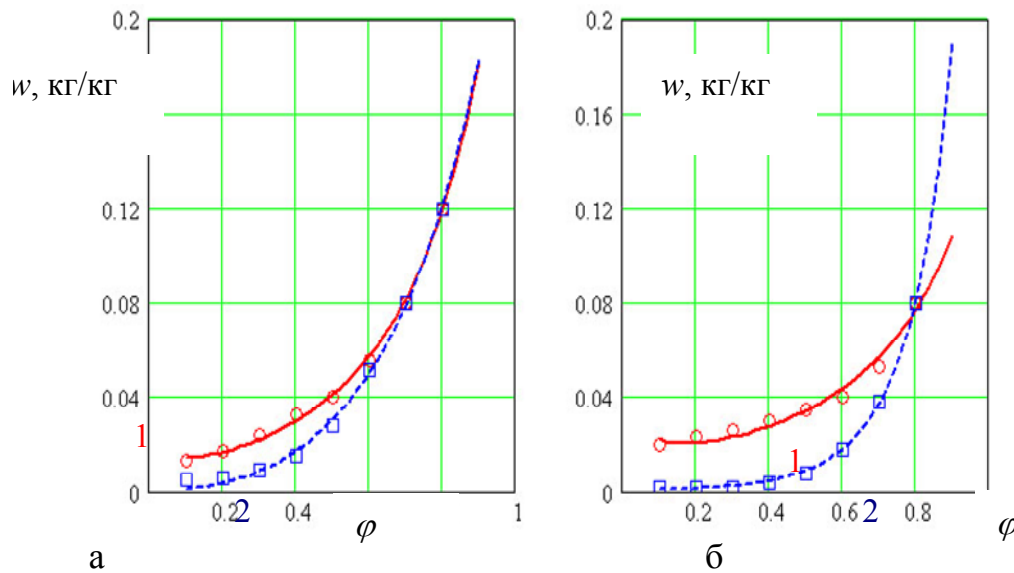


Рис.2 - Изотермы сорбции-десорбции сушеного мяса: а - контроль (конвективная сушка) б - СТП-сушка; 1- сорбция, 2- десорбция.



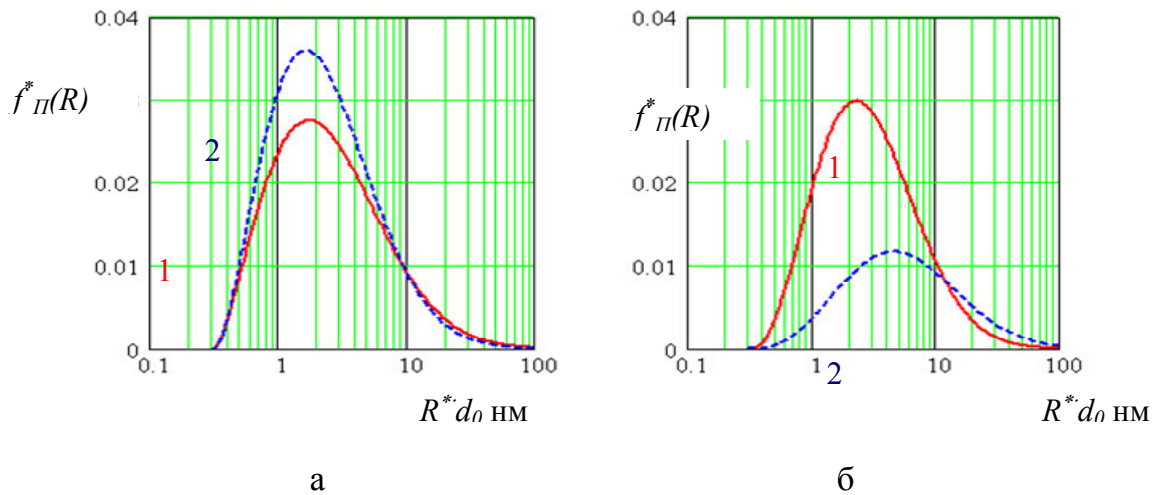


Рис. 3 – Дифференциальные функции распределения пор по радиусам сушеного мяса: а - контроль (конвективная сушка) б - СТП-сушка; 1- сорбция, 2- десорбция

В табл. 1 приведены параметры дифференциальной функции распределения пор для исследованных продуктов.

Таблица 1 – параметры дифференциальной функции распределения пор по радиусам для сушеного мяса

Сушеное мясо	Вид изотерм	$m_R$	$\sigma_R$	$R_m \cdot 10^9, \text{м}$	$\bar{R} \cdot 10^9, \text{м}$
Конвективной сушки (контроль)	сорбция	3.29	1.37	1.72	18.1
	десорбция	2.92	1.23	1.63	11.8
СТП-сушки	сорбция	3.18	1.33	2.26	12.2
	десорбция	4.05	1.16	4.52	35.1

Определен коэффициент водопоглощения и влагоудерживающая способность для мяса сушеного СТП-сушкой и конвективной сушкой в зависимости от вида и температуры среды для восстановления. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – коэффициент водопоглощения и влагоудерживающая способность сушеного мяса в зависимости от вида и температуры среды для восстановления

Вид среды для восстановления	Температура среды, °С	Коэффициент водопоглощения сушеного мяса		Влагоудерживающая способность сушеного мяса	
		СТП-сушки	конвективной сушки	СТП-сушки	конвективной сушки
Вода	16 ± 2	2,7±0,1	2,5±0,1	48,7 ± 4,1	41,6 ± 4,1
	32 ± 2	3,1±0,1	2,5±0,1	49,8 ± 4,5	41,8 ± 4,1
	48 ± 2	3,4±0,2	2,6±0,1	50,2 ± 4,6	42,3 ± 4,1
2,0% солевой раствор	16 ± 2	3,3 ± 0,1	2,7±0,1	48,8 ± 3,5	41,9 ± 4,1
	32 ± 2	3,7 ± 0,1	2,7±0,1	50,6 ± 5,1	42,2 ± 4,1
	48 ± 2	3,9 ± 0,1	2,9±0,1	52,7 ± 5,2	43,4 ± 4,1
2,5% солевой раствор	16 ± 2	3,6 ± 0,1	2,7±0,1	50,0 ± 5,0	42,0 ± 4,1
	32 ± 2	3,7±0,1	2,9±0,1	52,1± 4,7	43,6 ± 4,1
	48 ± 2	4,0 ± 0,2	3,0±0,1	53,0 ± 5,1	44,7 ± 4,1

Как видно, значения показателей регидратации в образцах сушеного мяса СТП-сушкой по сравнению с контролем увеличиваются. Повышение температуры воды до 48°C способствует увеличению значения коэффициента водопоглощения на 29% и влагоудерживающей способности на 9%, использование солевого раствора также приводит к повышению регидратационных свойств сушеного мяса.

**Выводы.** Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

– дифференциальная функция распределения пор сушеного мяса имеет принципиально отличный характер в зависимости от способа сушки: при конвективной сушке вследствие усадки при обезвоживании наблюдается значительное сужение капилляров ( $\bar{R}=11,8$  нм), в то время, как при СТП-сушке продукт имеет высокопористую структуру ( $\bar{R}=35,1$  нм), что обуславливает более высокий коэффициент восстановления сушеного мяса;

– сушеное мясо СТП-сушки хорошо увлажняется парами при сорбции, поскольку наиболее вероятный радиус капилляров при сорбции меньше, чем при десорбции  $R_m=4,52$ , в отличие от мяса конвективной сушки  $R_m=1,72$  нм. Это обуславливает большую влагоудерживающую способность сушеного мяса полученного СТП-сушкой.

**Список литературы:** 1. Винникова Л.Г. Технология мяса и мясных продуктов. Учебник. - Киев: Фирма «ИНКОС», 2006. - 600с. 2. Семенов Г.В. Сушка сырья: мясо, рыба, овощи, фрукты, молоко [Текст] / Г. В. Семенов, Г. И. Касьянов. - Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2002. - 112 с. 3. Сороко О.Л. Перспективы сушки пищевых продуктов / О. Л. Сороко, Т. П. Троицкая, А. А. Литвинчук и др. // Продукты длительного хранения. 2008. - №1. - С. 6-7. 4. Гуйго Э. И., Журавская Н. К., Каухчешвили Э. И. Сублимационная сушка в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 432 с. 5. Погужих Н. И. Научные основы теории и техники сушки пищевого сырья в массообменных модулях Специальность 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. – Харьков, 2002. – 365 с. 6. Потанов В. А. Кинетика явлений переноса в процессе сушки. - Lap Lambert Academic Publishing, Германия, 2013 – 319 с.

*Поступила в редколлегию 20.01.2014*

УДК 664.871

**Формирование пористости сушеного мяса говядины при СТП-сушке/ Евлаш В. В., Немирич А. В., Максименко А. Е., Гриценко О. Ю.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.185-189. – Бібліогр.:6 назв. ISSN 2079-5459

Проведено дослідження по формуванню пористості сушеного м'яса яловичини при ЗТП-сушінні та її вплив на регідраційні властивості.

**Ключові слова:** пористість, сушіння, м'ясо, водопоглинання, якість.

**Formation porosity of dried meat in stp- drying/ V. V. Evlash, A. V Nemirych, A. E Maksimenko, O. Gritsenko** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.185-189. Bibliogr.:6. ISSN 2079-5459

A study on the formation of porosity of dried meat beef in STP-drying are its effects on rehydration properties.

**Keywords:** porosity, dried, meat, water absorption, quality.

УДК 637.142.2

**Е. Д. КАЛИНИНА**, канд. техн. наук, доц., ЛНАУ, Луганск;

**А. В. КОВАЛЕНКО**, канд. техн. наук, с. н.с., ЛНАУ, Луганск

## **ХРАНИМОСПОСОБНОСТЬ МОЛОЧНЫХ ГИДРОЛИЗОВАННЫХ СГУЩЕННЫХ КОНСЕРВОВ С САХАРОМ**

В работе приведены исследования эффективной вязкости, микробиологических показателей, показателей активности воды и осмотического давления, обосновывающие хранимоспособность молочных гидролизованных сгущенных консервов.

**Ключевые слова:** хранимоспособность, гидролизованное сгущенное молоко, эффективная вязкость, микробиологические показатели.

© Е. Д. КАЛИНИНА, А. В. КОВАЛЕНКО, 2014

**Введение.** Сгущенные молочные консервы с сахаром – продукты, способные длительное время храниться без порчи, удобные для фасовки, упаковки, дальних перевозок, обладающие высокой питательной ценностью, легко восстанавливаемое до исходного состояния. Широко используются в хлебопекарной и кондитерской промышленности. В последние годы большое внимание уделяется вопросам расширения ассортимента молочных консервов за счет новых технологий: упрощения технологии производства, создания технологии низколактозных продуктов с применением фермента  $\beta$ -галактозидазы, разработки технологии со сбалансированным углеводным составом. Анализ публикаций [1,2,3], посвященных вопросу гидролизу лактозы показал, что при частичном или полном гидролизе лактозы, использование ферментативного гидролиза лактозы дает ряд преимуществ: исключает необходимость проведения кристаллизации лактозы, тем самым устраняется возможность роста крупных кристаллов, что положительно влияет на консистенцию готового продукта, позволяет снижения массовой доли сахарозы (за счет расщепления лактозы на более сладкие моносахара - глюкозу и галактозу), что дает определенный экономический эффект и диетические свойства [4]. В России и в Украине практически нет рынка низколактозных продуктов, за исключением смесей для новорожденных детей. Таким образом, по меньшей мере около 10 % населения должны ограничиваться в потреблении молочных продуктов.

Вышеизложенное свидетельствует о перспективности использования фермента лактазы и необходимости разработки способов ее применения при производстве молочных продуктов, в том числе сгущенных молочных консервов.

Известно, что изменение микрофлоры молока цельного сгущенного с сахаром в процессе его хранения зависит от осмотического давления, аэробных условий среды и температуры хранения консервов. Общее количество микроорганизмов в 1 г свежеработанного молока цельного сгущенного с сахаром колеблется от 490 до 28000 клеток. В современной микробиологии содержание в продуктах доступной для микроорганизмов воды характеризуется ее активностью ( $a_w$ ), которая численно равна относительной влажности среды, находящейся с продуктом в равновесном состоянии. С помощью показателя активности воды устанавливается взаимосвязь между наличием в продукте доступной для микроорганизмов воды и достоверностью жизнедеятельности в этом продукте тех или других видов микрофлоры. С изменением значений активности воды, в продукте изменяются и значения осмотического давления. Активность воды отображает внутреннее состояние продукта, осмотическое давление – характеризует взаимодействие продукта с внешней средой. Активность воды обычно измеряют, чтобы оценить качество и безопасность пищевых продуктов. Показатель активности воды позволяет прогнозировать процесс длительного хранения продукта: физико-химические изменения, действие ферментов, увеличение микробных популяций [5, 6].

**Целью работы.** Цель наших исследований исследование хранимоспособности молока обезжиренного и цельного гидролизованного сгущенного с сахаром.

**Методика экспериментов.** В экспериментальных образцах определяли количество микроорганизмов по стандартным или общепринятым методикам, степень гидролиза лактозы определяли криоскопическим методом, измеряя точку замерзания молока гидролизованного на миллиосмометре – криоскопе термоэлектрическом МТ – 5-0,2 (Россия). Прогнозирование устойчивости продуктов определяли по физико-химическим и микробиологическим показателям [7]. Определение показателя активности воды в сгущенных гидролизованных продуктах осуществляли с помощью портативного скоростного прибора AquaLab 3TE. Осмотическое давление определяли криоскопическим методом, измеряя точку замерзания молока гидролизованного сгущенного на миллиосмометре – криоскопе термоэлектрическом МТ – 5-0,2 (Россия), используя закон Рауля и Вант-Гоффа:

Для выработки гидролизованных консервов с сахаром использовали молоко цельное кислотностью 18 °Т с массовой долей лактозы 4,4 %, молоко обезжиренное кислотностью 19 °Т с массовой долей лактозы 4,3 %, рН среды 6,6±0,1. Для гидролиза лактозы использовали ферментный препарат дрожжевого происхождения β-галактозидазы – GODO-YNL2, полученный из *Kluyveromyces lactis* с активностью 5000 НЛЕ/см<sup>3</sup>. Для повышения вязкости использовали стабилизационную систему Vivicioc 1L на основе каррагинана, гуаровой камеди и декстрозы, которая используется во многих отраслях пищевой промышленности и в частности рекомендуется для сгущенных молочных продуктов.

**Обсуждение результатов.** Нами были обоснованы и разработаны 2 способа гидролиза лактозы молока с использованием ферментативного препарата GODO-YNL2. Разработана нормативная документация на производство молока гидролизованного сгущенного (ТУ У15.5 – 00419880 – 096 : 2008) и осуществлена промышленная апробация разработанных технологий в производственных условиях на предприятиях: ЗАО «Бахмачконсервмолоко», ЗАО «Троицкий МДЗ», ООО «Пятихатский маслозавод».

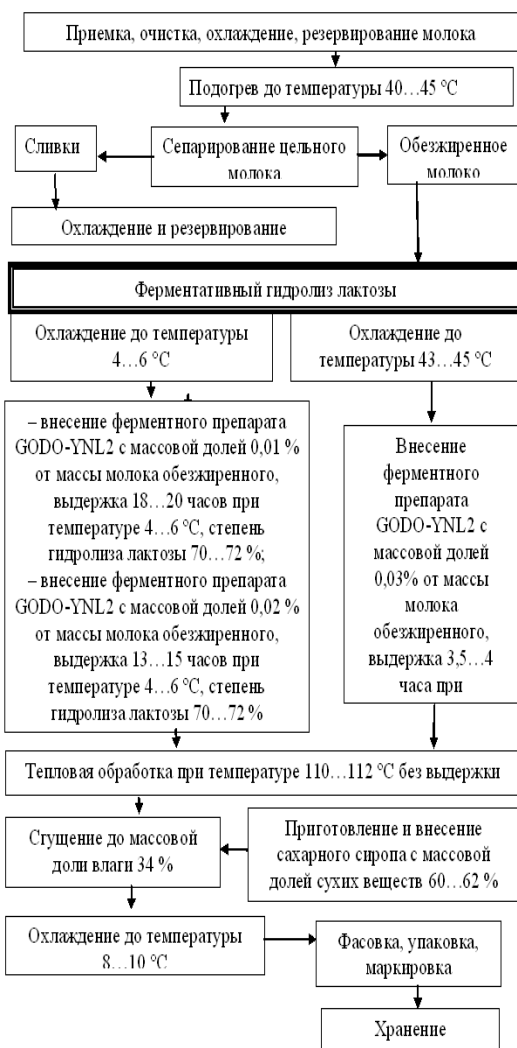


Рис. 1 – Технологическая схема производства молока обезжиренного гидролизованного сгущенного с сахаром

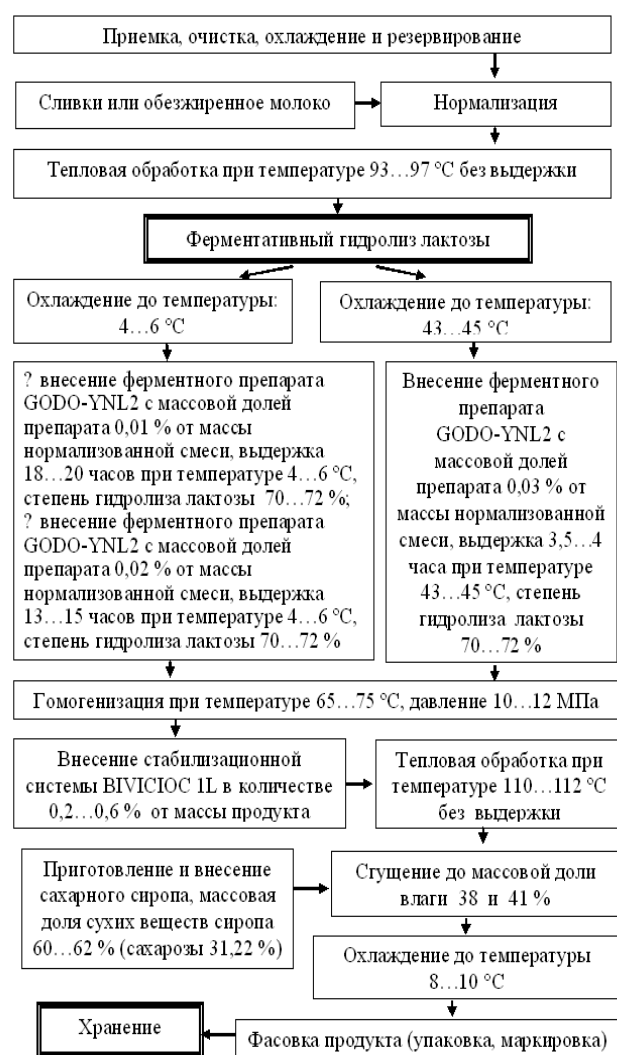


Рис. 2 – Технологическая схема производства молока цельного гидролизованного сгущенного с сахаром

Хранимоспособность молочных продуктов длительного хранения рассматривается как одно из условий обеспечения гарантированного качества готового продукта.

Результаты исследований представлены на рис. 3, 4.

Свежевыработанные продукты помещали в термостат при температуре 45 °С на трое суток и определяли эффективную вязкость по стандартной методике. Как свидетельствуют данные, приведенные на рис. 3, в экспериментальном образце с массовой долей сухих веществ продукта 66 % эффективная вязкость в свежесвыработанном продукте составила  $2,8 \pm 0,1$  Па·с, через 3 суток показатели вязкости повысились до  $13,6 \pm 0,7$  Па·с. На основании этих данных продукт можно отнести к стойким продуктам [7]. Из представленных результатов (рис. 4 а и б) следует, что экспериментальные образцы почти не отличались от контрольных. Так, в контрольном образце в свежей сгущенной смеси вязкость составила –  $3,2 \pm 0,1$  Па·с, после выдержки в течение 3 суток при указанной температуре –  $14,2 \pm 0,7$  Па·с.

В экспериментальных образцах с массовой долей сухих веществ в продукте 59 % в том числе сахарозы 22 и 31 %, эффективная вязкость через 3 суток составила  $14,3 \pm 0,7$  и  $13,4 \pm 0,7$  Па·с, соответственно.

По другой методике определения хранимоспособности продуктов, свежие сгущенные смеси помещали в термостат при температуре 27 °С на 10 суток, затем определяли микробиологические показатели.

Общее содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) в традиционном сгущенном

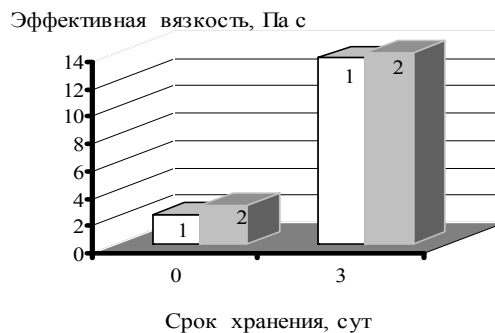
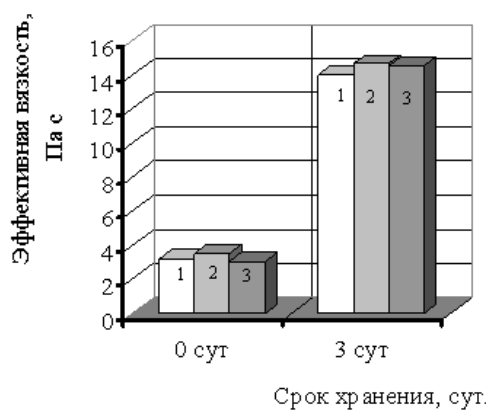


Рис. 3 – Эффективная вязкость молока обезжиренного гидролизованного сгущенного с сахаром при температуре хранения 45 °С: 1 – молоко обезжиренное сгущенное с сахаром (контроль); 2 – молоко обезжиренное гидролизованное сгущенное с сахаром, массовая доля сухих веществ 66 %, сахарозы 31 %.



а



б

Рис. 4 – Зависимость эффективной вязкости молока цельного гидролизованного сгущенного с сахаром от продолжительности хранения: а – 1 – молоко цельное сгущенное с сахаром (контроль); 2 – молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, массовая доля сухих веществ 59 %, сахарозы 31 %; 3 – молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, массовая доля сухих веществ 62 %, сахарозы 31 %; б – 1 – молоко цельное сгущенное с сахаром (контроль); 2 – молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, массовая доля сухих веществ 59 %, сахарозы 22 %.

молоке с сахаром не должно превышать  $2,5 \cdot 10^4$  в потребительской таре. Микробиологические показатели молока обезжиренного и цельного гидролизованного сгущенного с сахаром приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Микробиологические показатели молока обезжиренного и цельного гидролизованного сгущенного с сахаром

Наименование продукта	Массовая доля сухих веществ, %	Микробиологические показатели	
		МАФАНМ, КОЕ/г	Спорообразующие, КОЕ/г
Молоко обезжиренное сгущенное с сахаром (контроль)	69,0	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^2$
Молоко обезжиренное гидролизованное сгущенное с сахаром, с массовой долей сахарозы 31,0 %	66,0	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,6 \pm 0,1) \cdot 10^2$
Молоко цельное сгущенное с сахаром, с массовой долей сахарозы, 43,5 % (контроль)	72,0	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^3$
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, с массовой долей сахарозы 31,0 %	59,0	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(3,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, с массовой долей сахарозы 31,0 %	62,0	$(3,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(5,6 \pm 0,3) \cdot 10^2$
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром, с массовой долей сахарозы 22,0 %	59,0	$(5,6 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,2 \pm 0,2) \cdot 10^2$

Как показали результаты исследований (табл. 1), микробиологические показатели во всех экспериментальных образцах с массовой долей сухих веществ 66; 62 % не отличаются от контрольных образцов и эффективная вязкость не превышала 15 Па·с, соответственно эти продукты стойки при хранении.

Проведенные исследования показывают, что в опытных образцах с массовой долей сухих веществ 59 % микробиологические показатели выше, чем в контрольных образцах, но находятся в допустимых пределах, согласно нормативной документации. Содержание дрожжей, плесени и БГКП отсутствовали в экспериментальных образцах [8].

Для получения готового продукта, соответствующего по микробиологическим показателям нормативной документации, показатель активности воды должен составлять в пределах 0,830...0,850, а осмотического давления – 16...18 МПа (для сгущенных молочных консервов с сахаром), что обеспечивает качество продукта в течение гарантированного срока хранения [9]. Средние данные, характеризующие состав и свойства сгущенного молока опытных и контрольных образцов, приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2 – Показатели активности воды и осмотического давления в молоке обезжиренном гидролизованном сгущенном с сахаром

Наименование продукта	Массовая доля			Активность воды	Осмотическое давление, МПа
	сахарозы, %	сух. веществ молока, %	влаги, %		
Молоко обезжиренное сгущенное с сахаром (контроль)	45,0	24,0	31,0	$0,848 \pm 0,001$	$17,6 \pm 0,9$
Молоко обезжиренное гидролизованное сгущенное с сахаром	31,0	35,0	34,0	$0,850 \pm 0,001$	$17,6 \pm 0,9$

Таблица 3 – Показатели активности воды и осмотического давления в молоке цельном гидролизованном сгущенном с сахаром

Наименование продукта	Массовая доля, %				Активность воды	Осмотическое давление, МПа
	сахарозы	сухих веществ	влаги	стабилизатора		
Молоко цельное сгущенное с сахаром (контроль)	43,5	72,0	28,0	–	0,850±0,001	18,1±0,9
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром	22,0	59,0	41,0	0,2 0,4	0,852±0,001	17,0±0,8
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром	31,0	59,0	41,0	0,4 0,6	0,856±0,001	16,0±0,8
Молоко цельное гидролизованное сгущенное с сахаром	31,0	62,0	38,0	–	0,848±0,001	16,8±0,8

Значения показателя активности воды свежих гидролизованных сгущенных смесей с сахаром составляют 0,848...0,860, осмотическое давление 16,0±0,8 до 17,6±0,9 МПа, что гарантирует качество продуктов в течение определенного срока хранения [10].

#### Выводы

1. Определены показатели активности воды и осмотического давления:

– для молока обезжиренного гидролизованного сгущенного с массовой долей сухих веществ 66 % значения показателя активности воды 0,850±0,001, осмотическое давление на уровне 18,0±0,9 МПа;

– для молока цельного гидролизованного с массовой долей сухих веществ 59 % с сахарозой 31, 22 % значения показателя активности воды на уровне от 0,856 – 0,860, осмотическое давление на уровне от 16,2 до 17,3 МПа;

– для молока цельного гидролизованного с массовой долей сухих веществ 62,0, в том числе сахарозы 31 % значения показателя активности воды – 0,852±0,001, осмотическое давление – 17,0±0,9 МПа.

2. Согласно применяемым методикам прогнозирования продукта, экспериментальные образцы с массовой долей сухих веществ продукта 62 и 66 % отвечают поставленным требованиям и относятся к продуктам стойким при хранении.

**Список литературы:** 1. Свириденко, Ю. Я. Гидролиз лактозы: мировой опыт [Текст] / Ю. Я. Свириденко, В. Ю. Смургин // Молочная промышленность. – 1996. – № 7. – С. 21-23. 2. Лактоза может зашкودити [Текст] // Харчова і переробна промисловість. – 2007. – № 3. – С. 14. 3. Михайлова, Н. И. Гидролиз лактозы [Текст] / Н. И. Михайлова // Переработка молока. – 2003. – № 5. – С. 11-12. 4. Рупелиус, К. Максилат – ферментная обработка молока решает проблему непереносимости лактозы [Текст] / К. Рупелиус, Б. М. Двинский. // Молочная промышленность. – 1995. – № 5. – С. 23-25. 5. Галстян, А. Г. К вопросу о применении показателя «активности воды» в молочной промышленности [Текст] / А. Г. Галстян, А. Н. Петров // Молочное дело. – 2005. – № 1. – С. 24-25. 6. Усатенко, Н. Активная вода и барьерные технологии [Текст] / Н. Усатенко, А. Лысенко, Т. Свириденко // Мясной Бизнес. – 2007. – март. – С. 102 -103. 7. Голубева, Л. В. Хранимоспособность молочных консервов [Текст] / Голубева Л. В., Чекулаева Л. В., Полянський К. К. – М.: ДеЛи принт, 2001. – 113 с. 8. Калинина, Е. Д. Исследование хранимоспособности молока гидролизованного сгущенного [Текст] / Е. Д. Калинина, И. О. Романчук, А. В. Минорова // Молочна промисловість. – 2009. – №1 (50). – С. 42-43. 9. Чекулаева, Л. В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья [Текст] / Чекулаева Л. В. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 245 с. 10. Калинина, Е. Д. Исследование показателей ак-



тивності води і осмотичного тиску в сгущеному гідролізованому молоці [Текст] / Е. Д. Калинина, Г. А. Ересько, І. О. Романчук, А. В. Минорова // Молочна промисловість. – 2007. – № 6 (41). – С. 41-42.

*Поступила в редакцію 30.01.2014*

УДК 637.142.2

**Хранимоспособность молочных гидролизованных сгущенных консервов с сахаром/ Калинина Е. Д., Коваленко А. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.189-195. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459

У роботі приведені дослідження ефективної в'язкості, мікробіологічних показників, показників активності води і осмотичного тиску, що обґрунтовують зберіганняздатність молочних гідролізованих згущених консервів.

**Ключові слова:** гідроліз, зберіганняздатність, згущене молоко, в'язкість, мікробіологічні показники.

**Khranimosposobnost of sucklings hydrolyzed spissated can food with sugar/ E. D. Kalinina, A. V. Kovalenko** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.189-195. Bibliogr.: 10. ISSN 2079-5459

Effective viscosity determination, microbiological products, properties of water activity and osmotic pressure, storage properties of milk hydrolyzed condensed mistunes are worked.

**Keywords:** hydrolysis, khranimosposobnost, spissated milk, viscosity, microbiological indexes.

**А. П. СЛЕСАРЕНКО**, д-р физ.-мат. наук, проф., в.н.с., Институт проблем машиностроения им. Подгорного НАН Украины, Харьков;

**И. Р. ВЕНГЕРОВ**, канд. физ.-мат. наук, с.н.с., Институт физики горных процессов НАН Украины, Донецк

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СЛОИСТО-НЕОДНОРОДНЫХ СИСТЕМАХ**

Предложены математические модели высокотемпературных (пожарных) режимов слоисто-неоднородных систем подземных сооружений. В подземных сооружениях, как добычного назначения, так и в транспортных, складских и других встречаются бетонные и другие крепи, стяжки и прочее. Их теплофизические параметры могут существенно отличаться от таковых у массивов горных пород. При подземных пожарах возникают критические температурные поля и термоупругие напряжения, прогноз которых возможен только методами математического моделирования. В статье приведены решения двух краевых задач нелинейного теплопереноса в слоистых системах.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, нелинейный теплоперенос, слоисто-неоднородные системы, высокотемпературные пожарные режимы, теплофизически неоднородные двух- и трехслойные системы.

**Введение.** При пожарах в подземных сооружениях горные массивы и контактирующие с ними конструктивные элементы (бетонные и кирпичные крепи, бутовые полосы, закладочные массивы) подвергаются высокотемпературному воздействию греющей среды (пожарные газы, имеющие температуру  $\sim 10^3$  К) [1].

Повышение безопасности горных работ, профилактика негативных социальных и экономических последствий подземных пожаров актуализируют прогноз температурной динамики двух- и трехслойных систем методами математического моделирования. Для реализации перспективных методов визуальной аналитики предлагаются аналитико-численные методы, основанные на использовании структур решений задач теплопереноса в слоистых системах [2].

Горные массивы считаем полуограниченными (области  $\Omega_+^{(1)} = \{x \in (0, \infty)\}$ ), далее приводимыми к конечным областям  $\Omega_\delta^{(1)} = \{x \in (0, \delta(t))\}$  на основе оценок зон локализации температурных полей [2]. Рассматриваются задачи: № 1 – для двухслойной системы, № 2 – для трехслойной системы. Первая – модель теплопереноса в сплошной (бетон-кирпич) крепи горной выработки и примыкающей к ней части горного массива, а вторая – модель теплообмена прогретого пожаром слоя (пласт угля, закладочный массив) с породами кровли и почвы пласта.

**Постановка задачи.** В задаче номер 1 рассматривается система  $\{\Omega_1^{(1)}, \Omega_+^{(1)}\}$ , соответствующая, в частности, теплофизически неоднородной ( $a_1 = a_1(T_1)$ ,  $a_2 = a_2(T_2) \neq a_1$ ) системе «сплошная крепь-горный массив». На левой границе  $\Omega_1^{(1)} = \{x \in (0, l_1)\}$  (т.е. на внутренней поверхности «крепи») в момент времени  $t = 0$  скачкообразно устанавливается «пожарная» температура  $T_r^{(+)} \gg T_1$  ( $T_1$  – начальная температура в  $\Omega_1^{(1)}$  и в  $\Omega_+^{(1)}$ ). Согласно методу функций склейки, на общей границе крепи и массива ( $x=l_1$ ) температуру обозначаем  $\mu(t)$  и считаем неизвестной функцией, подлежащей определению из условия склейки плотностей потоков тепла (при  $x=l_1$ ).

В задаче номер 2 рассматривается трехслойная система  $\{\Omega_{+1}^{(1)}, \Omega_{+0}^{(1)}, \Omega_{+2}^{(1)}\}$ , моделирующая процесс теплопередачи от нагретого слоя  $\Omega_0$  (пласт угля, закладочный массив в выработанном пространстве и т.п.) к слоям  $\Omega_{+1}^{(1)}$  и  $\Omega_{+2}^{(1)}$  (неограниченные горные массивы – теплофизически различные породы кровли и почвы пласта). Начальные температуры в  $\Omega_0^{(1)} - T_A^{(+)}$ , в  $\Omega_{+i}^{(1)} - T_i$  ( $i=1,2$ ),  $T_A^{(+)} > T_i$ . В силу обычно встречающегося малого отличия теплофизических параметров пород кровли и почвы, будем считать температурное поле в слое  $\Omega_0^{(1)} = \{ |x| \in (0, l_0) \}$  симметричным, максимум которого всё время остается в точке  $x=0$ . Задача редуцируется:

$$\{\Omega_{+1}^{(1)}, \Omega_{+0}^{(1)}, \Omega_{+2}^{(1)}\} \rightarrow \{\Omega_{+1}^{(1)}, \Omega_{01}^{(1)}\} + \{\Omega_{+02}^{(1)}, \Omega_{+2}^{(1)}\}.$$

**Решение задачи № 1.** Во временной эволюции функции  $\mu(t)$  можно выделить два периода. На первом  $-t \in (0, t_1)$  идет прогрев слоя  $\Omega_1^{(1)}$ , а зона термического влияния граничной температуры  $T_A^{(+)}$  возрастает от 0 до  $l_1$ . В этом период времени  $\mu(t) = \mu(0) = T_i$  и  $T_2(x, t) = T_i$ . Вторым период  $-t \in (t_1, t_s)$  характеризуется возрастанием  $\mu(t_1) = T_i$  до  $\mu(t_s) = \mu_s > T_i$ , а в слое  $\Omega_{+1}^{(1)}$  формируется температурное поле  $T_2(x, t) > T_i$ . Величина порогового времени  $t = t_1$  зависит от параметров слоя  $\Omega_1^{(1)}(l_1, a_1(T_1))$ . Описанная двухслойная хроностратификация позволяет записать:

$$T_1(x, t) = \begin{cases} T_{10}(x, t), & t \in (0, t_1) \\ T_{11}(x, t), & t \in (t_1, t_s) \end{cases}, \quad \mu(t) = \begin{cases} \mu_0(t) = T_i, & t \in (0, t_1) \\ \mu_1(t), & t \in (t_1, t_s) \end{cases}. \quad (1)$$

Решение в слое  $\Omega_{+1}^{(1)}$ , после замены  $\Omega_{+1}^{(1)} \rightarrow \Omega_{\delta}^{(1)} = \{ x \in (l_1, l_1 + \delta_{cp}^{(2)}(t)) \}$ :

$$\left. \begin{aligned} T_2(x, t) &= \begin{cases} T_i, & t \in (0, t_1) \\ T_{21}(x, t), & t \in (t_1, t_s) \end{cases} \\ T_{21}(x, t) &= T_i + (\mu_1(t) - T_i) \exp \left[ -3,551 \left( \frac{x - l_1}{\delta_{cp}^{(2)}(t)} \right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \delta_{cp}^{(2)}(t) &= 0.5(\bar{\delta}^{(2)}(t) + \overline{\delta}^{(2)}(t)) = 0.5 \left( 4\sqrt{\alpha_2 t} + 4\sqrt{\overline{\alpha_2 t}} \right) = \left( \frac{1 + K\alpha_2^{0.5}}{2} \right) \delta^{(2)}(t), \\ K\alpha_2 &= \overline{\alpha_2} / \alpha_2 = \alpha_2(\mu(t_s)) / \alpha_2(T_i), \\ \delta^{(2)}(t) &= 4\sqrt{\alpha_2 t}. \end{aligned} \quad (3)$$

Для умеренных значений  $t_s$ , когда  $\mu(t_s) < T_r^{(+)}$ , примем, что  $K_{a_2} = 1,5$ , т.е.  $\delta_{cp}^{(2)} = 4,45\sqrt{\alpha_2 t}$ . Из условия  $K_{a_2} = \overline{\alpha_2} / \alpha_2 = 1,5$  и заданной зависимости  $a_2 = a_2(T_2)$  можно найти  $\mu(t_s) = \mu_s$ .

Для конкретизации решения (2) необходимо найти  $\mu_1(t)$ . Пусть это сделано, тогда из зависимости  $\mu_1(t)$  находим  $t_s : \mu_1(t_s) = \mu_s$ . Пороговое значение  $t = t_1$  оцениваем, используя условие совпадений зоны влияния и ширины слоя  $\Omega_1^{(1)} : \bar{\delta}(t) = 4\sqrt{\overline{\alpha_1 t}} = l_1$ . Для характерных значений параметров [1]:  $l_1 = 0,35\delta$ ,  $\overline{\alpha_1} = 20 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/час, получаем  $t_1 \approx 3,8$  часа. При  $a_1 = \overline{\alpha_1} = 40 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/час  $-t_1 \approx 1,9$  часа, а при  $a_1 = a_{1,cp} = 30 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/час  $-t_1 \approx 2,6$  часа.

Эти оценки показывают, что в определении  $T_{10}(x, t)$  нет необходимости. Пороговое время наступления в  $\Omega_1^{(1)}$  финишного режима, когда для поля достаточно квазистационарного приближения, составляет  $\tau_{1s} \sim l_1^2 / a_{1,cp} \approx 41$  час. Для  $t \geq 41$  часа решение в  $\Omega_1^{(1)} - T_{11}(x, t)$  можно заменить стационарным  $-T_{11}(x)$ , которое определяется граничной задачей:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda_1(T_{11}) \frac{\partial T_{11}}{\partial x} \right] = 0, \quad T_{11}(0) = T_A^{(+)}, \quad T_{11}(l_1) = \mu(t), \quad t > \tau_{1s} \quad (4)$$

Зависимости  $\lambda_1(T_{11})$  и  $\lambda_2(T_{21})$  представим в виде:

$$\lambda_i(T_{i1}) = A_i(T_{i1} + T_{\lambda i}), \quad A_i = \frac{(K_i - 1)\lambda_i(T_i)}{T_A^{(+)} - T_i}, \quad (5)$$

$$K_i = \frac{\lambda_i^{(+)}}{\lambda_i^{(-)}}, \quad T_{\lambda i} = \frac{T_A^{(+)} - K_{\lambda i} T_i}{K_{\lambda i} - 1}, \quad i = 1, 2$$

Подстановка (5) в (4) даёт:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left[ (T_{11}(x) + T_{\lambda 1})^2 \right] = 0, \quad T_{11}(x) = -T_{\lambda 1} + \sqrt{c_1 x + c_2} \quad (6)$$

а из (4) и (6) следует:

$$T_{11}(x, t) = -T_{\lambda 1} + \sqrt{\left( T_A^{(+)} + T_{\lambda 1} \right)^2 - \left( T_A^{(+)} - \mu(t) \right) \left( T_A^{(+)} + 2T_{\lambda 1} + \mu(t) \right) \frac{x}{l_1}}. \quad (7)$$

Для определения  $\mu(t)$  ( $t \in (\tau_{1s}, t_s)$ ) имеем условие:

$$\lambda_1(\mu(+)) \frac{\partial T_{11}}{\partial x} \Big|_{x=l_1} = \lambda_2(\mu(t)) \frac{\partial T_{21}}{\partial x} \Big|_{x=l_1}, \quad t \geq \tau_{1s}, \quad (8)$$

приводящее к квадратному уравнению:

$$\theta^2(t) + P\theta(t) + Q = 0, \quad \theta(t) = \frac{\mu(t) + T_{\lambda 1}}{T_A^{(+)} + T_{\lambda 1}}, \quad (9)$$

где

$$P = \frac{\tilde{N}_1}{1 + B(t)}, \quad Q = \frac{\tilde{N}_2 + B(t)}{1 + B(t)}, \quad B(t) = \left( \frac{K_{\lambda 1} - 1}{K_{\lambda 2} - 1} \right) \frac{\bar{\lambda}_1}{\bar{\lambda}_2} \sqrt{\bar{F}o_2}, \quad (10)$$

$$\bar{F}o_2 = \frac{\bar{a}_2 t}{l_1^2}, \quad \tilde{N}_1 = -\frac{T_i + 2T_{\lambda 1} - T_{\lambda 2}}{T_r^{(+)} + T_{\lambda 1}}, \quad \tilde{N}_2 = \frac{(T_{\lambda 1} - T_{\lambda 2})(T_i + T_{\lambda 1})}{(T_A^{(+)} + T_{\lambda 1})^2}.$$

Решив квадратное уравнение (9), находим  $\mu(t)$ , подстановка которой в (2) и в (7) исчерпывает решение задачи.

**Решение задачи № 2.** Рассматриваем систему  $\{\Omega_{+1}^{(1)}, \Omega_{01}^{(1)}\}$  (т.к. для системы  $\{\Omega_{+02}^{(1)}, \Omega_{+2}^{(1)}\}$  решение строится аналогично), перейдя от  $\Omega_{+1}^{(1)}$  к  $\Omega_{\delta 1}^{(1)} = \{x \in (l_0, l_0 + \delta_{1,cp}^{(+)})\}$ . В слое  $\Omega_{\delta 1}^{(1)}$  решение записываем в виде:

$$T_1(x, t) = T_i + (\mu_1(t) - T_i) \exp \left[ -3,551 \left( \frac{x - l_0}{\delta_{1,cp}^{(+)}} \right) \right], \quad x \in (l_0, l_0 + \delta_{1,cp}^{(+)}). \quad (11)$$

В слое  $\Omega_{01}^{(1)}$  воспользуемся квадратичной аппроксимацией:

$$T_{01}(x, t) = a(t) + b(t)x + c(t)x^2, \quad (12)$$

$$T_{01}(0, t) = \mu_0(t), \quad T_{01}(l_0, t) = \mu_1(t), \quad \frac{\partial T_{01}}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0.$$

Последнее из условий (12) отображает постулированную симметрию задачи. Из него следует:

$$T_{01}(x,t) = \mu_0(t) - [\mu_0(t) - \mu_1(t)] \left( \frac{x}{l_0} \right)^2, \quad x \in (0, l_0), \quad t > 0. \quad (13)$$

В отличие от задачи №1, здесь имеются две неизвестные функции склейки -  $\mu_0(t)$  и  $\mu_1(t)$ . При использовании двух независимых условий - непрерывности (при  $x = l_0$ ) потоков тепла и теплового баланса в слоях  $\Omega_{01}^{(1)}$  и  $\Omega_{s1}^{(1)}$ , и в предположении линейной зависимости теплофизпараметров от температуры, переходим к системе из двух квадратных уравнений относительно  $\mu_0(t)$  и  $\mu_1(t)$ . Решение этой системы возможно, но весьма громоздко. Поэтому для решения воспользуемся вилкой  $\bar{\mu}_1(t) \div \bar{\bar{\mu}}_1(t)$ . Левый границе этой вилки  $-\bar{\mu}_1(t)$  соответствуют минимальные (в диапазоне температур  $\Delta T = T_A^{(+)} - T_1$ ) значения параметров областей  $\Omega_{01}^{(1)}$  и  $\Omega_{s1}^{(1)}$ :  $\bar{c}_0 = c_0(T_1)$ ,  $\bar{\lambda}_0 = \lambda_0(T_1)$ , и  $\bar{c}_1 = c_1(T_1)$ ,  $\bar{\lambda}_1 = \lambda_1(T_1)$ . Правой границе вилки  $-\bar{\bar{\mu}}_1(t)$  соответствуют:  $\bar{\bar{c}}_0 = c_0(T_A^{(+)})$ ,  $\bar{\bar{\lambda}}_0 = \lambda_0(T_A^{(+)})$ ,  $\bar{\bar{c}}_1 = c_1(T_A^{(+)})$ ,  $\bar{\bar{\lambda}}_1 = \lambda_1(T_A^{(+)})$ .

Воспользуемся двумя условиями - непрерывности тепловых потоков

$$\bar{\lambda}_1 \frac{\partial \bar{T}_0}{\partial x} \Big|_{x=l_0} = \bar{\lambda}_1 \frac{\partial \bar{T}_1}{\partial x} \Big|_{x=l_0}, \quad t > 0 \quad (14)$$

и условием баланса тепла:

$$\bar{c}_0 \int_0^{l_0} [T_A^{(+)} - T_0(x,t)] dx = \bar{c}_1 \int_{l_0}^{l_0+4\sqrt{a}t} [\bar{T}_1(x,t) - T_1] dx, \quad t > 0. \quad (15)$$

Условия (14) и (15) записаны для минимальных значений параметров, (сверху с чертой). Имеем точно такие же условия, но при двух чертах над параметрами - для их максимальных значений. Подставив в (14) и (15) и в их аналоги (с  $\bar{\bar{\lambda}}$ ,  $\bar{\bar{c}}$  и т.д.) соответствующие выражения, получим:

$$\begin{aligned} \bar{\theta}_1(t) &= \bar{\theta}_0(t) \left( 1 - 0,394 \bar{K}_\lambda (\bar{F}o_1)^{-0,5} \right), \quad \bar{\bar{\theta}}_1(t) = \bar{\bar{\theta}}_0(t) \left( 1 - 0,394 \bar{\bar{K}}_\lambda (\bar{\bar{F}}o_1)^{-0,5} \right), \\ \bar{\theta}_0(t) &= \frac{\bar{\mu}_0 - T_1}{T_A^{(+)} - T_1}, \quad \bar{\bar{\theta}}_0(t) = \frac{\bar{\bar{\mu}}_0 - T_1}{T_A^{(+)} - T_1}, \quad \bar{\theta}_1(t) = \frac{\bar{\mu}_1 - T_1}{T_A^{(+)} - T_1}, \quad \bar{\bar{\theta}}_1(t) = \frac{\bar{\bar{\mu}}_1 - T_1}{T_A^{(+)} - T_1}. \end{aligned} \quad (16)$$

Здесь обозначены:

$$\bar{K}_\lambda = \frac{\bar{\lambda}_1}{\bar{\lambda}_0}, \quad \bar{\bar{K}}_\lambda = \frac{\bar{\bar{\lambda}}_1}{\bar{\bar{\lambda}}_0}, \quad \bar{F}o_1 = \frac{\bar{a}_1 t}{l_0^2}, \quad \bar{\bar{F}}o_1 = \frac{\bar{\bar{a}}_1 t}{l_0^2} = K_{a1} \bar{F}o_1, \quad K_{a1} = \frac{\bar{\bar{a}}_1}{\bar{a}_1}. \quad (17)$$

Выражения для  $\bar{\theta}_1(t)$  и  $\bar{\bar{\theta}}_1(t)$  приводятся к видам:

$$\left. \begin{aligned} \bar{\theta}_1(t) &= \left[ 1 + 1,05 \bar{K}_c (\bar{F}o_1)^{0,5} + 0,293 \bar{K}_\lambda (\bar{F}o_1)^{-0,5} \right]^{-1}, \quad \bar{K}_c = \frac{\bar{c}}{\bar{c}_0}, \quad \bar{K}_\lambda = \frac{\bar{\lambda}_1}{\bar{\lambda}_0}, \\ \bar{\bar{\theta}}_1(t) &= \left[ 1 + 1,05 \bar{\bar{K}}_c (\bar{\bar{F}}o_1)^{0,5} + 0,293 \bar{\bar{K}}_\lambda (\bar{\bar{F}}o_1)^{-0,5} \right]^{-1}, \quad \bar{\bar{K}}_c = \frac{\bar{\bar{c}}}{\bar{\bar{c}}_0}, \quad \bar{\bar{K}}_\lambda = \frac{\bar{\bar{\lambda}}_1}{\bar{\bar{\lambda}}_0}, \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

При достаточно малой полуширине вилки  $\hat{R}_1(t) = 0,5(\bar{\bar{\theta}}_1(t) - \bar{\theta}_1(t))$  в качестве приближенного решения  $\hat{\theta}_1(t)$  можно взять полусумму:  $\hat{\theta}_1(t) = 0,5(\bar{\theta}_1(t) + \bar{\bar{\theta}}_1(t))$ , или, что проще (а потому - предпочтительней), воспользоваться выражением (18) (одним из них), в которое подставить среднее значение параметров:  $\hat{K}_c = 0,5(\bar{K}_c + \bar{\bar{K}}_c)$ ,  $\hat{K}_\lambda = 0,5(\bar{K}_\lambda + \bar{\bar{K}}_\lambda)$ . Для оценки полуширины вилки  $\hat{R}_1(t)$  учтем следующее. Параметры  $\bar{K}_c, \bar{K}_\lambda, \bar{\bar{K}}_c, \bar{\bar{K}}_\lambda$ , могут, в общем случае, принимать произвольные значения. Осуществляя «привязку» задачи №2

к горнотеплофизическим ситуациям, для которых характерны соотношения:  $\lambda_0 < \lambda_1, c_0 < c_1$  будем считать, что  $\bar{K}_c, \bar{K}_c, \bar{K}_\lambda, \bar{K}_\lambda > 1$ . Как видно из (18), увеличение значений этих параметров только «сужает» вилку. Поэтому, на основании литературных данных [1] примем достаточно реалистические значения:

$$\bar{K}_c \in [1,5; 2,5], \quad \bar{K}_\lambda \in [2,0; 3,0], \quad \bar{K}_c \in [1,5; 3,0], \quad \bar{K}_\lambda \in [3,0; 50].$$

Далее заметим, что для определения мажорантной полуширины вилки

$\hat{R}_{1,\max}(t)$ , такой, что при других значениях параметров, отличных от тех, которые использованы для вычисления  $\hat{R}_{1,\max}(t)$ , будем получать  $\hat{R}_{1,i} < \hat{R}_{1,\max}$ , надо положить;

$$\begin{aligned} \hat{R}_{1,\max}(t) &= 0,5 \left[ \bar{\theta}_{1,\max}(t) - \bar{\theta}_{1,\min}(t) \right], \quad \bar{\theta}_{1,\max}(t) - \bar{\theta}_1(t, \bar{K}_{c,\min}, \bar{K}_{\lambda,\min}) \\ \bar{\theta}_{1,\min}(t) &= \bar{\theta}_1(t, \bar{K}_{c,\max}, \bar{K}_{\lambda,\max}), \quad \bar{K}_{c,\max} = 2,5; \quad \bar{K}_{\lambda,\max} = 3,0 \\ \bar{K}_{c,\min} &= 1,5; \quad \bar{K}_{\lambda,\min} = 3,0. \end{aligned} \quad (19)$$

Результаты численных расчетов на основе (19) при  $K_{a_1} = 1,5$  и  $\bar{F}o_1 = \bar{a}_1 t / l_0^2 \in [0,5; 10,0]$  показали, что  $\hat{R}_{1,\max}(t)$  монотонно убывает от значения  $\hat{R}_1 = 0,026$  при  $\bar{F}o_1 = 0,5$  до  $\hat{R}_1 = 0,016$  при  $\bar{F}o_1 = 10,0$ . Таким образом, вилка для  $\theta_1(t) = (\mu_1(t) - T_1) / (T_A^{(+)} - T_1)$ , а следовательно, и вилка для  $\mu_1(t)$  является достаточно узкой. Это позволяет записать для приближенного выражения функции склейки  $\hat{\mu}_1(t)$ :

$$\hat{\theta}_1(t) = \frac{\hat{\mu}_1(t) - T_1}{T_A^{(+)} - T_1} = \left[ 1 + 1,05 \hat{K}_c (\hat{F}o_1)^{0,5} + 0,293 \hat{K}_\lambda (\hat{F}o_1)^{-0,5} \right]^{-1}, \quad (20)$$

где

$$\hat{K}_c = 0,5(\bar{K}_c + \bar{K}_c), \quad \hat{K}_\lambda = 0,5(\bar{K}_\lambda + \bar{K}_\lambda), \quad \hat{F}o_1 = 0,5(\bar{F}o_1 + \bar{F}o_1).$$

Подстановка (20) в (16) позволяет найти вторую функцию склейки  $-\hat{\theta}_0(t)$ . Тем самым выражения для решений в обоих слоях конкретизируются, чем исчерпывается решение задачи.

**Выводы.** Предложенные аналитико-численные методы позволяют алгоритмически просто строить приближенные решения нелинейных задач теплопереноса в слоисто-неоднородных системах, в то время как применяемые к исследованию нелинейных и слоисто-неоднородных моделей численные и аналитические методы сложны и громоздки.

**Список литературы:** 1. Венгеров, И. Р. Теплофизика шахт и рудников. Математические модели [Текст] / И. Р. Венгеров // Монография в 2-х томах. Донецк: Норд-Пресс. – 2008. – 632 с. 2. Венгеров, И. Р. Теплофизика шахт и рудников. Математические модели. – Монография в 2-х томах, том 2 / И. Р. Венгеров. - Донецк: Донбасс. – 2012. – 685 с.

Поступила в редколлегию 08.01.2014

УДК 536-12:517.956.4:622

**Математическое моделирование нелинейного/ А. П. Слесаренко, И. Р. Венгеров // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2014. - № 7 (1050). – С.196-201. – Бібліогр.:2 назв. ISSN 2079-5459**

Запропоновані математичні моделі високотемпературних (пожежних) режимів шарувато-неоднорідних систем підземних споруд. В підземних спорудах, як добучного призначення так і у транспортних, складських та інших зустрічаються бетонні та інші кріплення, стяжки та інше. Їх теплофізичні параметри можуть значно відрізнятися від таких у масивах гірничих порід. При підземних пожарах виникають критичні температурні поля й термопружні напруги, прогноз яких можливий

тільки завдяки методам математичного моделювання. У статті приведені рішення двох крайових задач нелінійного тепло переносу у слоїстих системах.

**Ключові слова:** математичне моделювання, нелінійний тепло переніс, шарувато-неоднорідні системи, високотемпературні пожежні режими, теплофізично неоднорідні двох- та трьохшарові системи.

**Mathematical modeling of nonlinear heat transfer in layered systems/ A. P. Slesarenko, I. R. Vengerov //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.196-201. Bibliogr.:2. ISSN 2079-5459**

The mathematical models of high-temperature (fire) regimes layered systems of underground structures . In underground areas as mining destination, and in the transport, storage and other common concrete and other lining, ties and more. Their thermal parameters may differ materially from those in rock masses. When fires occur underground critical temperature field and thermoelastic stress, which can only be forecast using mathematical modeling . The paper presents two solutions of boundary value problems of nonlinear heat transfer in layered systems.

**Keywords:** mathematical modeling, nonlinear heat transfer, layered system, high fire regimes, thermal inhomogeneous two-and three-layer system.

**УДК 621.039.83**

**Н. И. БАЗАЛЕЕВ**, канд. техн. наук, в.н.с., ИЭРТ НАН Украины, Харьков

**В. В. БРЮХОВЕЦКИЙ**, д-р физ.-мат. наук, зам.директора, ИЭРТ НАН Украины, Харьков;

**В. Ф. КЛЕПИКОВ**, д-р физ.-мат. наук, проф., член-корресподент НАН Украины, директор, ИЭРТ НАН Украины, Харьков;

**В. В. ЛИТВИНЕНКО**, д-р техн. наук, зам.директора, ИЭРТ НАН Украины, Харьков;

**Е. М. ПРОХОРЕНКО**, канд. физ.-мат. наук, с.н.с., ИЭРТ НАН Украины, Харьков

## **ТЕРМОГРАФИЯ ДЕФЕКТНЫХ СТРУКТУР ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ УПРУГИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ**

Предложен и апробирован метод тепловизионной термографии дефектных структур в металлах и сплавах на основе циклической активации упругими напряжениями объекта контроля и регистрации термоаномалий, обусловленных структурными неоднородностями. Выявлена значительная чувствительность метода к проявлению нелинейности параметра теплопроводности из-за наличия микродефектов в образце.

**Ключевые слова:** термографический метод дефектоскопии, термопроявление дефектных структур.

**Введение.** Многочисленные исследования прочностных характеристик конструкционных материалов подтверждают наличие сложного сочетания и соотношения дефектных структур различных уровней, определяющих их свойства. Обнаружение в конструкционных материалах процессов старения и дефектов различной природы является одной из наиболее актуальных задач неразрушающего контроля при мониторинге состояния изделий в процессе их эксплуатации.

Существующие методы неразрушающего контроля состояния элементов конструкций основаны на взаимодействии физических полей (акустических, магнитных, рентгеновских, тепловых и пр.) с веществом, в результате которого происходит изменение контролируемых параметров поля в зависимости от состояния вещества объекта контроля. При этом, во многих случаях объект контроля, помимо воздействия рабочего (информативного) физического поля, подвержен влиянию неконтролируемых физических полей,

© Н. И. БАЗАЛЕЕВ, В. В. БРЮХОВЕЦКИЙ, В. Ф. КЛЕПИКОВ, В. В. ЛИТВИНЕНКО, Е. М. ПРОХОРЕНКО, 2014

порождающих различные внутренние эффекты, влияющие на информативность контролируемых параметров (признаков), на основании которых определяются состояние материалов, наличие дефектов.

В настоящее время интенсивно развиваются методы термографического контроля, основанные на регистрации изменения температурного поля в области дефектной структуры (дефекта), обусловленного интенсивной трансформацией энергии упругих волн механического напряжения в тепловую энергию [1-3]. При тепловом неразрушающем контроле дефекты в материалах проявляются в виде аномальных зон (областей) нарушения теплофизических характеристик и физических признаков, параметры которых отличаются от нормативных, характерных для материалов, не имеющих дефектов. Тепловыделение в дефектной зоне можно инициировать путем воздействия на контролируемый материал активирующим физическим полем, например, акустическим [4-6] или приложением циклических напряжений. В этом случае информативные параметры температурного поля (амплитуда, градиент температуры, пространственные характеристики распределения термоаномалий) отражают особенности внутреннего строения вещества, в частности, наличие структурных неоднородностей и дефектов с повышенным рассеянием энергии упругих волн в тепло. Это позволяет обнаруживать трещины, пористость, инородные включения материалов, изменение структуры и физико-химических свойств по изменению теплопроводности, теплоемкости, коэффициента теплоотдачи.

Особенностью активации твердых тел циклическими напряжениями является возможность выборочного нагрева дефектной зоны. Упругие волны в твердых телах чувствительны ко всем структурным неоднородностям и границам раздела сред, изменению теплофизических параметров среды. Поглощение упругих волн в таких средах приводит к температурной модуляции неоднородностей, изменению градиента температуры на границе дефектной зоны, что проявляется на внешней поверхности в виде температурных аномалий, которые коррелируют с неоднородностями и скрытыми дефектами среды. Деформация, которая возникает в металле в результате приложенного напряжения, сопровождается, как правило, изменением температуры образца, вызванной эффектом термоупругости.

На основе анализа тепловой модели осуществляется оценка температурного перепада между зоной расположения трещины и неповрежденной частью образца при заданной величине циклической нагрузки [7,8]. При достаточно продолжительном времени действия циклического напряжения, испытываемый образец проходит определенные стадии термодинамического (теплого) равновесия образца, включая неизотермический режим, при котором на поверхности образца возникают аномалии температурного поля в зонах необратимого преобразования (рассеяния) механической энергии в теплоту - структурных неоднородностях материала за счет внутреннего трения. Проявление усталостных дефектов (развитие трещин, структурные изменения) во многом зависят от соотношения упругой и пластической составляющих деформационного процесса и предыстории действовавших напряжений и процессов старения. Для металлов, имеющих высокую теплопроводность, время проявления неизотермического режима ограничивается значениями теплофизических параметров и конструктивными особенностями (толщина, ширина, форма профиля сечения) испытываемых образцов. Расчеты показывают, что при температурном разрешении термоизображений около 0,01-0,02 К возможно выявление трещин в начальной стадии развития, причем, чувствительность теплового метода превышает чувствительность магнитных методов

Реальные твердые тела являются микронеоднородными. Кристаллиты в поликристаллическом теле ориентированы хаотически друг относительно друга, при этом на границах зерен при действии периодических механических напряжений происходит как час-



тичное отражение и преломление, так и трансформация, поглощение и рассеяние энергии упругих волн. Рассеяние энергии упругих волн в металлах связано с внутренним трением, причиной которого являются дислокации и другие источники трения, не связанные с дислокациями. Наличие внутреннего трения в металлах приводит к уменьшению значений модуля упругости, определенных для бездефектных материалов, так как общая деформация в любой момент состоит из суммы упругой и пластической деформаций. За счет эффекта термоупругости циклическая деформация в металле сопровождается равномерным изменением температуры во всех точках образца, если он гомогенен (т.е. гомогенны структура и напряжения в образце), а установившееся термодинамическое состояние такого образца характеризуется изотермическим режимом. Наличие структурных неоднородностей в образце, имеющих разные значения внутреннего трения, вызывает неравномерное распределение напряжений, температурных градиентов и тепловых потоков за счет необратимого рассеяния механической энергии в тепло на этих неоднородностях. В этом случае термодинамическое состояние образца характеризуется неизотермическим режимом, параметры которого зависят от теплофизических характеристик металла, времени съемки термоизображения образца в процессе действия циклического напряжения, параметров теплоотдачи (теплопроводность, радиация, конвективный теплообмен и пр.)

Различные физико-механические процессы, происходящие в материале образца под действием внешних и внутренних сил, могут менять в отдельных зонах структуру материала и значение модуля упругости, создавать зоны разрушения по границам зерен, содержащих большое количество дефектов (различно ориентированных зерен, вакансий, дислокаций, микропор, трещин). Поэтому, при приложении к образцу циклической нагрузки в указанных зонах будет наблюдаться температурная аномалия, свидетельствующая о наличии в образце структурной неоднородности.

**Целью работы.** Целью работы является экспериментальное изучение, посредством метода тепловизионной термографии, особенности термопроявления дефектных структур при циклических нагрузках.

**Методика экспериментов.** Принимая во внимание изложенные выше материалы, проведены экспериментальные исследования по изучению особенностей термопроявления дефектных структур в металлах при циклических напряжениях. Термографические изображения объектов контроля получены с помощью тепловизионной системы LIPS 814 (температурное разрешение 0,08 К, спектральный диапазон инфракрасного излучения 8-14 мкм) и фотопирометра Fluke 576. Металлографические исследования структуры образцов проведены по стандартным методикам количественной металлографии [9] с использованием оптических микроскопов МИМ-10 и МБС-9. В качестве источника циклических напряжений использовался генератор УЗДН-22 (частота 22 и 44 кГц, мощность от 0,1 до 1,0 кВт). Объектом исследования являлись образцы из конструкционной стали и сплавов алюминия, изготовленные в виде прямоугольных пластин толщиной (2,0–5,0) мм и размерами от (30×150) мм<sup>2</sup> до (160×230) мм<sup>2</sup>

**Обсуждение результатов.** На рис. 1 представлены принципиальная схема и динамика изменения температур. На рис. 1, а представлена схема нагружения экспериментального образца, которая реализовывалась на испытательном стенде. Уровень энергии упругих напряжений, прикладываемых к образцу, регулировался изменением прижимного усилия согласующего устройства между образцом и излучателем генератора. Выделение тепла  $Q_1$  и  $Q_2$  соответственно в точках  $K_1$  и  $K_2$  энергопоглощающих структур, образованных не идеальными контактами образцов с опорой и излучателем, учитывалось при исследовании термодинамического состояния образца и особенностей термопроявления смоделированных дефектов (выделение тепла  $Q_d$ ) при циклической нагрузке.

На рис. 1, б представлена динамика роста температуры стального образца по сечениям В, С, D, E, F при действии циклических (22 кГц) напряжений. Графики изменения температуры стального образца с дефектом D (сварной шов, имитирующий дефект типа «инородное включение – нарушение структуры материала») показаны сплошными линиями, пунктирными линиями показан ход графиков при отсутствии дефекта. Значительное отличие термодинамики образцов наблюдается на кривых в области времен максимального термопроявления дефектной структуры, которые являются оптимальными для термографической съемки образца (в нашем случае 80–100 секунд, когда амплитуда термоаномалии в области дефекта максимальна). С течением времени амплитуда термоаномалии сглаживается за счет механизмов теплопроводности и рассеивания тепла, а также увеличения мощности теплового потока со стороны контакта  $K_1$ , приводящего к снижению разрешающей способности термоизображений.

Наблюдаемый на графике рис. 1б подъем температуры в области максимального проявления термоаномалии является идентификационным признаком наличия в образце дефекта. Данные представленные на рис. 2, относятся, к образцам конструкционной стали (сталь 35), при отсутствии дефектов.

На рис. 2 представлены термоизображения и термограммы нагруженного образца из конструкционной стали (сталь 35) без дефектов. Неизотермический режим в течение всего времени действия циклической нагрузки характеризуется монотонностью термограмм на исследуемой части образцов. Общий подъем температуры образца со стороны действия напряжения нагрузки вызван тепловыделением в точке  $K_1$ .

Для образца из алюминия 6111 результаты представлены на рис. 3. Продольный разрез делит образец на две равные части: нижняя часть имеет жесткий контакт с упором (точка  $K_2$ ), верхняя часть не закреплена. Точка приложения циклических напряжений ( $K_1$ ) является общей. При отсутствии циклических напряжений образец находится практически в изотермическом состоянии (изменение радиационной температуры в основном определяется флуктуацией коэффициента излучения поверхности образца). При действии циклических (22 кГц) напряжений образец переходит в неизотермический режим, при этом на нижней части образца в области дефекта явно просматривается термоаномалия.

На рис.3 б показана термограмма проявления дефекта (максимум термопроявления - 36 секунда после включения циклической нагрузки) после проведения специальная

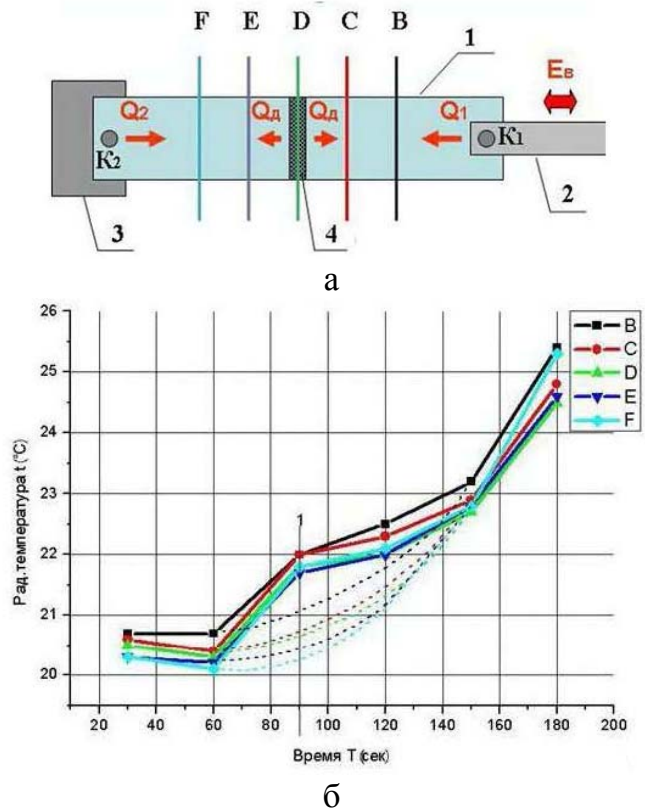


Рис. 1 – Схема нагружения образца (а) и динамика роста температуры стального образца по сечениям В, С, D, E, F при действии циклических напряжений (б).  $K_1$  – точка приложения циклических напряжений генератора;  $K_2$  - точка крепления образца к опоре. 1 - экспериментальный образец; 2 – источник циклических напряжений; 3 – согласующая опора устройства образца; 4 - зона расположения дефектной структуры

обработки исходной термограммы, учитывающей влияние источников тепла в точках  $K_1$  и  $K_2$ .

Амплитуда термоаномалии в зоне дефекта превышает фоновую температуру на  $0,8^\circ\text{C}$ . На верхней, ненагруженной части образца, величина термопроявления дефекта не превышает уровня флуктуаций фона. Следует отметить, что из-за эффекта сглаживания термоаномалий в металлах с высоким значением теплопроводности в условиях действия «посторонних» источников тепла из точек подачи циклических напряжений  $E_b$  генератора ( $K_1$ ) и крепления образца к опоре ( $K_2$ ), определить визуально (без предварительной обработки) термопроявление дефекта на тепловизионном снимке довольно сложно.

Проведенные исследования подтверждают возможность обнаружения скрытых дефектов и структурных неоднородностей по их термопроявлению в материалах, подвергнутых циклическим нагрузкам. Установлено, что дефекты микроструктуры материала при поглощении энергии упругих волн создавали «сглаженные» термоаномалии, превышающие фоновое значение температуры на  $0,3-0,8^\circ\text{C}$ .

Дефекты типа «инородное включение» (шлаки, трещина, свищ) характеризуются высокими значениями амплитуды термоаномалий, превышающих фоновую температуру на  $0,4^\circ\text{C}$  и более. В зависимости от теплофизических характеристик металла (теплоемкость, теплопроводность) время установления максимального значения

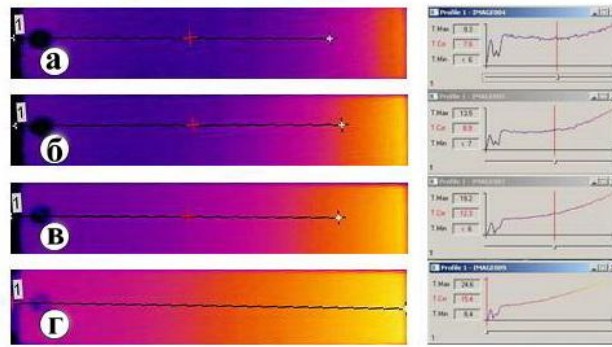


Рис. 2. – Термоизображения и термограммы нагруженного образца из конструкционной стали (сталь 35) без дефектов

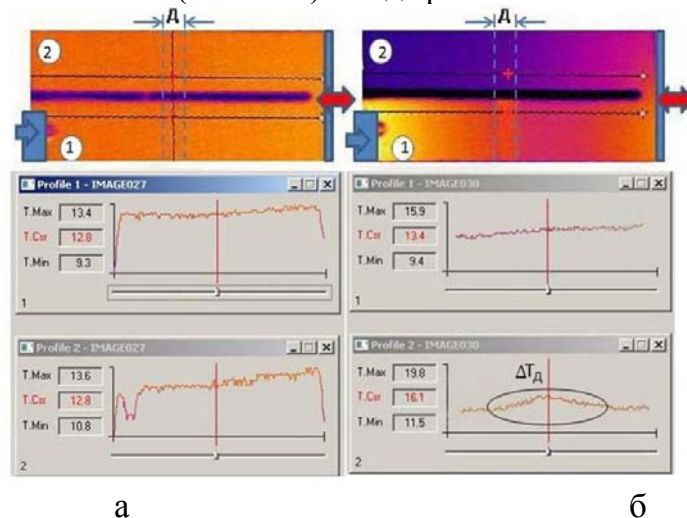


Рис. 3 – Термоизображение и термограммы: а – не нагруженного, б – нагруженного циклическим напряжением образца из алюминиевого сплава 6111, имеющего поперечный дефект типа «нарушение микроструктуры материала» (область Д)

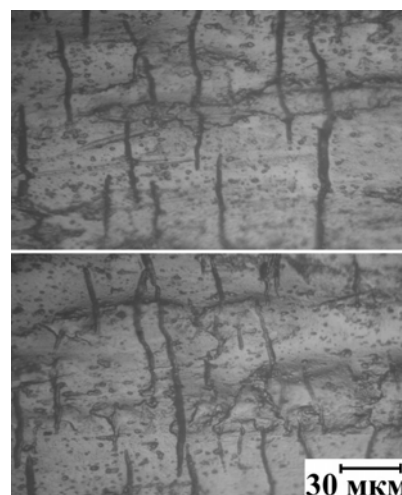


Рис. 4 – Вид микроструктуры образца промышленного алюминиевого сплава 6111 в дефектной зоне, сформированной методом «сгиб-разгиб»

В зависимости от теплофизических характеристик металла (теплоемкость, теплопроводность) время установления максимального значения

термоаномалий при действии циклической нагрузки составляет, 10-60 сек

На рис. 4 приведены характерные виды полученной таким образом дефектной микроструктуры в зоне локализации деформации. Поверхность образца была предварительно сошлифована на  $\frac{1}{4}$  его толщины, а затем отполирована и подвергнута травлению универсальным травителем такого состава: 17 мл  $\text{HNO}_3$ , 5 мл  $\text{HF}$ , 78 мл  $\text{H}_2\text{O}$ . Как показали металлографические исследования, протяженность дефектной зоны составляет величину 300–500 мкм. Сами же микротрещины имеют ширину около 3-7 мкм, а длина их может достигать 200 мкм.

### Выводы

1. Результаты проведенных исследований являются основой для создания нового метода тепловизионного неразрушающего контроля на основе активации образцов волновыми механическими напряжениями и регистрации термоаномалий, обусловленных структурными неоднородностями образцов. Учитывая большое влияние на структурную нелинейность материалов твердых тел надмолекулярных внутренних структур (дислокаций, микротрещин, границ зерен, локальных внутренних напряжений и т.д.), метод может быть использован для дефектоскопии конструкционных материалов.

2. Выявлена значительная чувствительность метода к проявлению нелинейности параметра теплопроводности из-за наличия микродефектов в образце. Наличие дефектов в твердых телах значительно меняет их упругие свойства, что позволяет при волновой активации образцов на основе данных распределения температурных полей производить их идентификацию. При распространении упругих волн аномально высокое рассеяние энергии происходит на структурных неоднородностях и дефектах, имеющих повышенные характеристики поглощения упругих волн по сравнению с гомогенным (поликристаллическим) материалом.

3. Распределение температуры на поверхности объекта контроля связано с внутренними процессами тепловыделения через механизмы теплопередачи. Высокие значения теплопроводности металлов являются причиной значительного ослабления и сглаживания амплитуды термоаномалий, которые формируются внутренними источниками тепловыделения, находящимися на значительном расстоянии от поверхности контроля. При анализе причин ослабления термоаномалий необходимо учитывать конвективный поверхностный теплообмен и рассеяние энергии упругих волн в окружающую среду от взаимодействия упругой системы с этой средой.

**Список литературы:** 1. *Nordal, P. E.* Photothermal radiometry [Текст] / *P.E. Nordal, S.O. Kanstad* // *Physica Scripta*. – 1979. – № 20. – P. 659-662. 2. *Henneke, E. G.* Thermography. An NDI method for damage detection [Текст] / *E.G. Henneke, K.L. Reifsnider, W.W. Stinchcomb* // *Journal of Metals*. – 1979. – V.31. - P. 11-15 3. *Riegart, F.* Eddy-Current lock-in thermography: Method and its potential [Текст] / *F. Riegart, Th. Zweschper, G. Busse*. // *J. phys. IV France*. – 2005. - V.125. - P. 587-591. 4. *Базалеев, Н. И.* Тепловизионная акустотермографическая дефектоскопия конструкционных материалов [Текст] / *Н.И. Базалеев, В.В. Брюховецкий, В.Ф. Клепиков, В.В. Литвиненко* // *ВАНТ. Серия "Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение"*. – 2011 – № 2(72). – С.178-185. 5. *Han, X.* Thermosonics: Detecting cracks and adhesion defects using ultrasonic excitation and infrared imaging [Текст] / *X. Han, L.D. Favro, Z. Ouyang, R.L. Thomas* // *The Journal of Adhesion*. – 2001. - V.76(2). – P. 151-162. 6. *Thomas, R. L.* Thermal NDE Techniques – from Photoacoustics to Thermosonics. [Текст] / *R. L. Thomas* // *Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation 21*, edited by D. O. Thompson and D. E. Chimenti, AIP Conference Proceedings. American Institute of Physics, Melville, NY, – 2002. – V615 – P. 3-13. 7. *Dillenz, A.* Ultrasound lock-in thermography: feasibilities and limitations. [Текст] / *A. Dillenz, G. Busse, and D. Wu*. // *SPIE*. – 1999. - Vol. 3827. - P. 10-15 8. *Ранцевич, В.Б.* Тепловой метод выявления трещин при стендовых испытаниях изделий на усталость [Текст] / *В. Б Ранцевич*. // *Дефектоскопия*. – №5. – 1977. – с.102-108. 9. *Салтыков, С. А.* Стереометрическая металлография. [Текст] / *С. А. Салтыков* // *М.: Металлургия*, 1976. – 272С.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

**Термография дефектных структур при циклической активации упругими напряжениями/ Базалеев Н. И., Брюховецкий В. В., Клепиков В. Ф., Литвиненко В. В., Прохоренко Е. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.201-207. – Бібліогр.: 9 назв. ISSN 2079-5459**

Запропоновано та апробовано метод тепловізійної термографії дефектних структур в металах і сплавах на основі циклічної активації пружними напруженнями об'єкта контролю та реєстрації термоаномалій, зумовлених структурними неоднорідностями. Виявлено значну чутливість методу до проявлення нелінійності параметру теплопровідності через наявність мікродефектів у зразку.

**Ключові слова:** термографічний метод дефектоскопії, термопроявлення дефектних структур.

**Thermography of imperfect structures during the cyclic activating resilient tensions/ M. I. Bazaleev, V. V. Bryukhovetsky, V. F. Klepikov, V. V. Lytvynenko, E.M.Prokhorenko //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.201-207. Bibliogr.:9. ISSN 2079-5459**

Proposed and tested method of thermal thermography defect structures in metals and alloys based on cyclic activation elastic stresses object monitoring and recording thermal anomaly caused by structural inhomogeneities. Revealed a significant sensitivity to the manifestation of the nonlinearity parameter of thermal conductivity due to the presence of micro-defects in the sample.

**Keywords:** thermographic inspection method, thermoexhibitings defect structures

## УДК 696.2

*И. И. МОСКВИНА*, канд. техн. наук, доц., ДонНТУ, Донецк

### **ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗРЫВОВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В ГАЗИФИЦИРОВАННОЙ КВАРТИРЕ ИЗ-ЗА АВАРИЙ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ ПУНКТЕ**

Предложена методика оценки взрывобезопасности бытовых объектов вследствие аварий на газораспределительном пункте (ГРП), которая математически описывает зависимость вероятности загазованности помещения в течение года от параметров потока отказов регулятора давления, сбросного и запорного клапанов, установленных на газораспределительном пункте, и сроков их диагностики, что позволяет обосновать целесообразность установки электромагнитного клапана-отсекателя на вводе в газифицированное помещение. Приведены примеры расчетов.

**Ключевые слова:** взрыв, газ, случайное событие, отказ, вероятность.

**Введение.** Причиной загазирования газифицированных квартир может быть авария на газораспределительном пункте (ГРП), произошедшая в результате перехода газа из трубопровода среднего давления (0,005-0,3 МПа) в трубопровод низкого давления (до 5 кПа). Подобная авария может спровоцировать отрыв пламени от горелок газовых печей, установленных в квартирах, что вызывает загазирование помещения до взрывоопасной концентрации (5-15 %) и при случайном появлении источника поджигания возможен взрыв [1, 2].

**Анализ литературных данных и постановка проблемы.** В Украине на обслуживании предприятий по газоснабжению и газификации находится свыше 17,5 тыс. ГРП, из которых более 50% отработали свой гарантийный срок эксплуатации [3].

**Цель и задачи исследования.** Определить, какова вероятность взрывов в течение года в газифицированной квартире украинцев из-за аварий на ГРП. Задачей исследования является раскрытие механизма влияния параметра потока отказов оборудования газо-

распределительного пункта (регулятора давления, сбросного и предохранительно-запорного клапанов), сроков их диагностики, частоты и длительности появления источника инициирования взрывов на процесс аварийной загазованности помещения до взрывоопасной концентрации метановоздушной смеси.

**Математическая модель процесса формирования взрывов при эксплуатации оборудования ГРП.** Взрыв бытового газа в квартире может произойти при случайном совпадении в пространстве и времени четырех случайных событий: отказ в системе регулятора давления (на его выходе резко повысилось давление); отказ сбросного клапана (срабатывает при повышении давления газа на выходе регулятора давления на 15%), отказ предохранительно-запорного клапана (срабатывает при повышении давления газа в трубопроводе на 25%); появился источник возможного поджигания метановоздушной смеси (коммутация выключателя, зажженная сигарета и т.д.) [4].

Изменение состояния перечисленных событий представим в виде четырех независимых однородных, регулярных марковских процессов  $\xi_1(t)$ ,  $\xi_2(t)$ ,  $\xi_3(t)$ ,  $\xi_4(t)$  соответственно с двумя дискретными состояниями и непрерывным временем [5 – 8]. Пусть каждый из перечисленных процессов в течение времени может находиться в несовместных состояниях: "0" - безопасное и "1" - опасное и имеют параметры:  $\lambda_1, \mu_1; \lambda_2, \mu_2; \lambda_3, \mu_3; \lambda_4, \mu_4$  соответственно. Взрыв в квартире наступит в момент встречи процессов  $\xi_i(t)$ ,  $i = \overline{1,4}$  в состоянии "1", т.е. когда  $\xi_1(t) = 1, \xi_2(t) = 1, \xi_3(t) = 1, \xi_4(t) = 1$  [9, 10].

Для определения вероятности взрывов  $Q(t)$  в квартире в течение времени  $t$ , необходимо рассмотреть совокупность процессов  $\xi_i(t)$ ,  $i = \overline{1,4}$  как один регулярный однородный марковский процесс  $\chi(t)$ , который может находиться в 16 дискретных состояниях. В любой момент времени процесс  $\chi(t)$  может находиться в одном из 16 дискретных состояний  $E \{e_1(0,0,0,0), e_2(1,0,0,0), \dots, e_6(1,1,1,1)\}$  [11].

При случайном попадании процесса в состояние  $e_{16}(1,1,1,1)$  происходит взрыв в квартире.

Вероятность взрыва в квартире в течение времени  $t$  определяется с помощью формулы:

$$Q(t) = 1 - \sum_{j=1}^m P_j(t), \quad m = \overline{1,15} \quad (1)$$

Вероятность  $P_j(t)$  определяются из системы линейных дифференциальных уравнений

$$\dot{P}(t) = P(t) \cdot A, \quad (2)$$

где  $P(t) = \left[ \dot{P}(t) \right]_{i=1}^{15}$  – вектор-строка;  $P(t) = \left[ \dot{P}(t) \right]_{i=1}^{15}$  – вектор-строка.

Система уравнений (2) решается при начальных условиях:  $P_1(0) = 1, P_2(0) = 0, \dots, P_{15}(0) = 0$ .

Для описанной выше задачи, матрицу  $A$  можно получить, используя [11, 12].

Диагональные элементы определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \tilde{n}_1 &= \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4; & \tilde{n}_9 &= \mu_4 + \mu_1 + \lambda_3 + \lambda_2; \\ \tilde{n}_2 &= \mu_1 + \lambda_3 + \lambda_2 + \lambda_4; & \tilde{n}_{10} &= \mu_4 + \mu_2 + \lambda_3 + \lambda_1; \\ \tilde{n}_3 &= \mu_2 + \lambda_3 + \lambda_1 + \lambda_4; & \tilde{n}_{11} &= \mu_4 + \mu_3 + \lambda_1 + \lambda_2; \\ \tilde{n}_4 &= \mu_3 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_4; & \tilde{n}_{12} &= \mu_4 + \mu_3 + \mu_1 + \lambda_2; \\ \tilde{n}_5 &= \mu_3 + \mu_1 + \lambda_4 + \lambda_2; & \tilde{n}_{13} &= \mu_4 + \mu_3 + \mu_2 + \lambda_1; \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \tilde{n}_6 &= \mu_3 + \lambda_2 + \lambda_4 + \lambda_1; & \tilde{n}_{14} &= \mu_4 + \mu_2 + \mu_1 + \lambda_3; \\ \tilde{n}_7 &= \mu_2 + \mu_1 + \lambda_4 + \lambda_3; & \tilde{n}_{15} &= \mu_2 + \mu_1 + \mu_3 + \lambda_4. \\ \tilde{n}_8 &= \mu_4 + \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3; \end{aligned}$$

$$A = \begin{pmatrix} \tilde{n}_1 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_1 & \tilde{n}_2 & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & -\lambda_2 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_2 & 0 & \tilde{n}_3 & 0 & 0 & -\lambda_3 & -\lambda_1 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\mu_3 & 0 & 0 & \tilde{n}_4 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu_3 & 0 & -\mu_1 & \tilde{n}_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & 0 & -\lambda_2 \\ 0 & 0 & -\mu_3 & -\mu_2 & 0 & \tilde{n}_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & 0 & -\lambda_1 \\ 0 & -\mu_2 & -\mu_1 & 0 & 0 & 0 & \tilde{n}_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_4 & -\lambda_3 \\ -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \tilde{n}_8 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_1 & \tilde{n}_9 & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & -\lambda_2 \\ 0 & 0 & -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_2 & 0 & \tilde{n}_{10} & 0 & 0 & -\lambda_3 & -\lambda_1 \\ 0 & 0 & 0 & -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & -\mu_3 & 0 & 0 & \tilde{n}_{11} & -\lambda_1 & -\lambda_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & -\mu_3 & 0 & -\mu_1 & \tilde{n}_{12} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_4 & 0 & 0 & 0 & -\mu_3 & -\mu_2 & 0 & \tilde{n}_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_4 & 0 & -\mu_2 & -\mu_1 & 0 & 0 & 0 & \tilde{n}_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_2 & -\mu_1 & -\mu_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \tilde{n}_{15} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\lambda_1 = 1/\overline{d}_1; \quad \lambda_2 = 1/\overline{d}_2; \quad \lambda_3 = 1/\overline{d}_3; \quad \lambda_4 = 1/\overline{d}_4$$

$\overline{d}_1, \overline{d}_2, \overline{d}_3$  – средние интервалы времени между отказами в срабатывании регулятора давления, сбросного и предохранительно-запорного клапанов; соответственно  $\overline{d}_4$  – средний интервал между появлением опасного источника поджигания

$$\mu_1 = 1/d_1; \quad \mu_2 = 1/d_2; \quad \mu_3 = 1/d_3; \quad \mu_4 = 1/d_4$$

$d_1, d_2, d_3$  – средняя продолжительность нахождения регулятора давления, сбросного и предохранительно-запорного клапанов в необнаруженном отказавшем состоянии;  $d_4$  – длительность существования источника поджигания.

Если заданы интервалы времени  $\theta_i$  между диагностиками регулятора давления, отсекающего мгновенного действия и сбросного клапана, значение  $\overline{\mu}_i$ , где  $i = 1, 3$ , рассчитываются по формуле [13]:

$$\mu_i = \frac{1}{\theta_i - \frac{1}{\lambda_i} \{1 - \exp[-\lambda_i \cdot \theta_i]\}}. \quad (4)$$

В том случае, если  $\lambda_i \cdot \theta_i < 0,1$ , тогда:

$$\mu_i = \frac{2}{\lambda_i \cdot \theta_i^2}. \quad (5)$$

Используя формулы (1,4), систему уравнений (2), матрицу (3), можно определить вероятность того, что в течение времени  $t$  произойдет взрыв в газифицированном помещении из-за аварий на ГРП.

**Пример 1.** Переход газа среднего давления (5кПа-0,3Мпа) в трубопровод низкого давления (до 5кПа) может произойти при совпадении в пространстве и времени следующих случайных событий: произошел отказ в системе регулятора давления (не обеспечивает снижение входного давления); отказ в срабатывании сбросного клапана; отказ в срабатывании предохранительно-запорного клапана; появился источник поджигания метановоздушной смеси (коммутация выключателя на кухне).

Исходные данные [2]:

$\bar{d}_1=7,6$  год,  $\bar{d}_2=4,85$  год,  $\bar{d}_3=13,3$  год – средние интервалы времени между отказами в срабатывании предохранительно-запорного клапана, регулятора давления, сбросного клапана;

$\theta_1=0,167$  год,  $\theta_2=0,019$  год,  $\theta_3=0,167$  год – интервалы времени между проверками работоспособности предохранительно-запорного клапана, регулятора давления, сбросного клапана;

$d_4=8$  час;  $d_4=0,2$  сек.

Определить вероятность появления взрывов в газифицированной квартире в результате попадания газа из трубопровода среднего давления, в котором газ находится под давлением до 300 кПа в трубопровод низкого давления (ввод в жилой дом), где максимально допустимое значение давления газа составляет 3 кПа.

**Решение.** Используя исходные данные примера и формулу (4), находим:

$$\lambda_1 = 1/\bar{d}_1 = 1/7,6 = 0,132 \text{ год}^{-1}; \quad \mu_1 = \frac{1}{0,167 - \frac{1}{0,132} \{1 - \exp[-0,132 \cdot 0,167]\}} = 549 \text{ год}^{-1};$$

$$\lambda_2 = 1/\bar{d}_2 = 1/4,85 = 0,206 \text{ год}^{-1}; \quad \mu_2 = \frac{1}{0,019 - \frac{1}{0,206} \{1 - \exp[-0,206 \cdot 0,019]\}} = 2,69 \cdot 10^4 \text{ год}^{-1};$$

$$\lambda_3 = 1/\bar{d}_3 = 1/13,3 = 0,075 \text{ год}^{-1}; \quad \mu_3 = \frac{1}{0,167 - \frac{1}{0,075} \{1 - \exp[-0,075 \cdot 0,167]\}} = 957,8 \text{ год}^{-1}.$$

$$\lambda_4 = 1/\bar{d}_4 = 8760/8 = 1095 \text{ год}^{-1}; \quad \mu_4 = \frac{60 \cdot 60 \cdot 8760}{0,2} = 157680000 \text{ год}^{-1}.$$

Используя исходные и полученные данные, систему уравнений (2), матрицу (3), формулу (1), находим:  $Q(1) = 1,6 \cdot 10^{-10}$ .

**Пример 2.** Определить вероятность взрывов в квартире в течение года в случае, когда предохранительно-сбросной, предохранительно-запорный клапаны и регулятор давления не обслуживаются (не проверяется их работоспособность) в процессе эксплуатации, т.е.  $\mu_1 \rightarrow 0$ ,  $\mu_2 \rightarrow 0$ ,  $\mu_3 \rightarrow 0$ . Исходные данные те же, что в примере 1:

$$\lambda_4 = 1/\bar{d}_4 = 8760/8 = 1095 \text{ год}^{-1}; \quad \mu_4 = \frac{60 \cdot 60 \cdot 8760}{0,2} = 157680000 \text{ год}^{-1}.$$

**Решение.** Используя систему уравнений (2) и матрицу (3), формулу (1), находим  $\tilde{Q}(1) = 2,2 \cdot 10^{-4}$ .

### Выводы

1. Если контроль состояния оборудования проводить в соответствии с существующими инструкциями по эксплуатации, то вероятность взрывов в квартире в течение года из-за аварий на ГРП будет мала  $Q(1) = 1,6 \cdot 10^{-10}$ , это свидетельствует о том, что взрыв в квартире происходит исключительно по вине жильцов или вследствие плохого состояния оборудования, арматуры и внутридомовых газовых сетей.

2. Если в процессе эксплуатации состояние оборудования на ГРП не проверяется (не диагностируется), вероятность взрывов в квартире в течение года увеличивается на несколько порядков и становится равной  $\tilde{Q}(1) = 2,2 \cdot 10^{-4}$  (следствие аварий на ГРП).

3. Для исключения случаев взрывов внутри квартир из-за аварий на ГРП, экономически целесообразно на вводе в каждую квартиру многоэтажного дома установить клапан-отсекатель, который будет реагировать на повышение давления газа на вводе в квартиру, и перекрывать его подачу в аварийных режимах.



**Список литературы:** 1. Ковалев, А. П. Об оценке взрывобезопасности квартир, эксплуатирующих бытовой газ [Текст] : сб. науч. пр. / А. П. Ковалев, И. И. Лехтман, В. П. Вьюнов // ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет». Серия «Электротехника і енергетика». – 2009. – №9(158). – С. 127-134. 2. Белоусенко, И. В. Влияние надёжности оборудования газо-распределительных пунктов на взрывобезопасность газифицированных объектов [Текст] / И. В. Белоусенко, А. П. Ковалев, И. И. Лехтман // Промышленная энергетика. – Москва. – 2011. – №11. – С. 48-54. 3. Судак, В. Пути повышения безопасности систем газоснабжения [Текст] / В. Судак, В. Сунрун, О. Слатова // Охрана труда. – 2009. – № 10. – С. 45-47. 4. Ковалев, А. П. Определение вероятности взрывов бытового газа в квартирах в течение времени  $t$  из-за аварий на газораспределительных пунктах [Текст] : сб. науч. тр. / А. П. Ковалев, И. И. Лехтман // ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры». Серия «Безопасность жизнедеятельности». – 2011. – № 62. – С. 206-211. 5. Yong, L. Reliability evaluation of composite power systems using Markov cut-set method [Text] / L. Yong, C. Singh // IEEE Trans. on Power Systems. – 2010. – Vol. 25, № 2. – P. 777-785 6. Haitao, G. Automatic creation of Markov models for reliability assessment of safety instrumented systems [Text] / G. Haitao, Y. Xianhui // Reliability Engineering & System Safety. – 2008. – Vol. 93, № 6. – P. 829–837 7. Codetta-Raiteri, D. Integrating several formalisms in order to increase fault trees' modeling power [Text] / D. Codetta-Raiteri // Reliability Engineering & System Safety. – 2011. – Vol. 96, № 5. – P. 534–544 8. Ruiz-Castro, J. E. Modelling a reliability system governed by discrete phase-type distributions [Text] / J. E. Ruiz-Castro, R. Pérez-Ocón, G. Fernández-Villodre // Reliability Engineering & System Safety. – 2008. – Vol. 93, № 11. – P. 1650–1657 9. Chryssaphinou, O. Multi-state reliability systems under discrete time semi-Markovian hypothesis [Text] / O. Chryssaphinou, N. Limnios, S. Malefaki // IEEE Trans. on Reliability. – 2011. – Vol. 60, № 1. – P. 80–87 10. Lozynsky, O. Y. Failure intensity determination using Markov reliability model for renewal non-redundancy systems [Text] / O. Y. Lozynsky, S. V. Shcherbovskykh // Przegląd Elektrotechniczny. – 2009. – Vol. 85, № 4. –P. 89-91. 11. Shcherbovskykh, S. V. Mathematical models and methods for reliability characteristic determination of k-terminal systems with load-sharing taking into account [Text] / S. V. Shcherbovskykh. – Lviv Polytechnic Press, 2012. – 296 p. 12. Ковалев, А. П. О проблемах оценки безопасности электротехнических объектов [Текст] / А. П. Ковалев // Электричество. – 1991 – № 7. – С. 50-55. 13. Ковалев, А. П. Оценка пожарной безопасности передвижных трансформаторных подстанций 110/35/6 кВ [Текст] / А. П. Ковалев, А. В. Шевченко, И. В. Белоусенко // Промышленная энергетика – 1991. – № 6. – С. 14-20.

Поступила в редколлегию 20.01.2014

УДК 696.2

**Вероятность взрывов газовоздушной смеси в газифицированной квартире из-за аварий на газораспределительном пункте/ Москвина И. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серия: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.207-211 . – Бібліогр.: 13 назв. ISSN 2079-5459**

Запропоновано методику оцінки вибухобезпеки побутових об'єктів внаслідок аварій на газорозподільчому пункті (ГРП), яка математично описує залежність ймовірності загазованості приміщення протягом року від параметрів потоку відмов регулятора тиску, скидного та запірною клапанів, встановлених на газорозподільному пункті, і термінів їх діагностики, що дозволяє обґрунтувати доцільність встановлення електромагнітного клапана-відсікача на ввіді в газифіковане приміщення. Наведені приклади розрахунків.

**Ключові слова:** вибух, газ, випадкова подія, відмова, імовірність

**Risk of explosion gas mixture gasified apartments in the accident at gas distribution points/ I.Moskvina //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.207-211. Bibliogr.:13. ISSN 2079-5459**

An estimation method for household objects explosion due to accidents at gas distribution stations, which mathematically describes the dependence of the probability space gassed during the year on the parameters of the failure flow pressure regulator, relief and shut-off valve installed on the gas distribution point, and the timing of their diagnosis, which allows to prove appropriateness of setting the electromagnetic safety valve on the introduction of gasified room. Examples of calculations.

**Keywords:** explosion, gas, random event, failure probability.

Ю. В. КОСТЕНКО, м.н.с., НТУ «ХПИ»

## ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ СВЯЗЕЙ НА ХАРАКТЕР ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВИБРОУДАРНЫХ СИСТЕМАХ: МОДЕЛИ И ЧИСЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассматривается задача о влиянии переменной жесткости связи между элементами виброударной системы на характер протекающих динамических процессов.

**Ключевые слова:** переменная жесткость, виброударные системы, динамические процессы, субгармонические режимы.

**Введение.** Одним из классов машин, имеющих широкое применение в современной технике, являются виброударные машины. В большинстве случаев, при анализе динамики таких систем используется достаточно простая постановка в виде двухмассовой системы, в которой присутствуют усилие ударного взаимодействия. Решение для такой системы можно получить посредством интегрирования системы дифференциальных уравнений движения. Контактная сила ударного взаимодействия обычно представляется в виде зависимости от относительной скорости и величины взаимного сближения (внедрения друг в друга) двух взаимодействующих тел. Эти зависимости [1–9] могут иметь различный характер, который обусловлен рядом факторов (геометрией, свойства материала тела и т. п.) для каждого конкретного случая. Отличительной чертой этих случаев является то, что параметры системы, такие как массы, жесткости, вязкости, являются неизменными в ходе интегрирования разрешающей системы уравнений, т.е. поиск интересующих характеристик динамических процессов осуществляется лишь для конкретного набора постоянных параметров, который соответствует какому-то определенному единичному моменту, но не длительному временному промежутку. Такое несоответствие обусловлено тем, что для реального процесса вышеперечисленные параметры не всегда являются константами (например, при осуществлении выбивки литейных деталей из песчано-глинистых форм снижение массы технологического груза составляет 50-70%; жесткость составных опорных пружин ступенчато может изменяться в 2 и более раза). Таким образом, рассмотрение этих параметров как констант, для процесса, в котором они константами не являются, отрицательным образом влияет на адекватность, точность и достоверность результатов, получаемых в ходе исследование характера динамического процесса в системе и его характеристик.

Задача о моделировании динамических процессов в виброударных системах с частичным разрушением технологического груза была поставлена в статье [7]. Для того, чтобы описать силы ударного взаимодействия в простейших виброударных системах (рис. 1) применяется численное интегрирование системы уравнений

$$\{m_1 \ddot{w}_1 + C_1 \dot{w}_1 + H_1 w_1 + A \sin \omega t + m_1 g + F = 0; \quad m_2 \ddot{w}_2 + m_2 g - F = 0, \quad (1)$$

где  $w_1$  и  $w_2$  - с точностью до направления перемещения тел 1 и 2 с массами  $m_1$ ,  $m_2$  (возможно внедрение тел друг в друга);  $C_1$ ,  $H_1$  - коэффициенты жесткости и вязкости системы поддрессоривания тела 1;  $A$ ,  $\omega$  - амплитуда и круговая частота

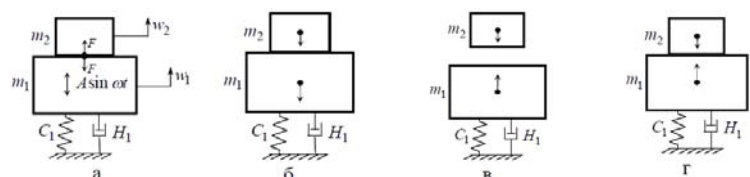


Рис. 1 – Виброударная система, состоящая из двух тел

внешней возбуждающей гармонической силы;  $g$  - ускорение свободного падения [1].

Основная идея, предложенная в статье [7], состоит в новом представлении неотрицательной силы ударного взаимодействия  $F$  в виде функции относительного сближения  $\zeta = (w_1 - w_2)$  грузов 1 и 2 и скорости  $\dot{\zeta}$ , причем:

$$F = F(\zeta, \dot{\zeta}) \quad F = 0 \text{ при } \zeta < 0; \quad F = F^{\wedge} \geq 0 \text{ при } \zeta \geq 0; \quad (2)$$

$$F(\zeta, \dot{\zeta}) = F(\zeta, 0), \dot{\zeta} < 0; \quad F(\zeta, \dot{\zeta}) > F(\zeta, 0) \text{ при } \dot{\zeta} > 0. \quad (3)$$

При этом в первом квадранте ( $\zeta > 0, \dot{\zeta} > 0$ ) функция  $F$  совпадает с ее представлением в виде степенного или иного функционального ряда, в частности, ряда Тейлора:

$$F^{\wedge}(\zeta, \dot{\zeta}) = \alpha_1 \zeta + \alpha_2 \dot{\zeta} + \alpha_3 \zeta \dot{\zeta} + \dots \quad (4)$$

В статье [8] были описаны модификация данного подхода для случая, когда  $m_2 = m_2(t) \neq const$  и представлены результаты численного моделирования исследуемого процесса. При этом  $m_2$  представляется в виде заранее заданной функции (такое представление позволяет задать любой характер изменения массы груза, основываясь на теоретических либо экспериментальных данных).

В данной статье в развитие ранее предложенного подхода ставится задача реализации определения и анализа влияния переменной жесткости связи между элементами виброударной системы на характер динамического процесса.

**Цель работы.** Целью работы является исследование влияния переменной жесткости связей на характер динамических процессов в виброударной системе.

**Методика эксперимента.** Данную задачу предлагается решать на базе тестовой системы. Рассматривается виброударная система, описанная в [1], обладающая следующими значениями параметров:  $m_1 = 15960 \text{ кг}$ ,  $m_2 = 5000 \text{ кг}$ ,  $C = 5280 \text{ кН/м}$ ,  $H = 127680 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$ ,  $A = 293 \text{ кН}$ ,  $\nu = 16 \text{ Гц}$ ,  $C_{add} = 870 \text{ кН/м}$ .  $C_{add}$  - представляет собой компонент дополнительной жесткости, который в натурной модели реализован в виде пружины меньшего диаметра и длины, чем основная пружина. Исходя из такой конструктивной реализации можно сделать вывод, что в уравнении движения появляется новое слагаемое  $C_{add} > 0$ , при  $w_1 > A_{kr}$ , где  $A_{kr} = l_1 - l_2$  ( $l_1$  и  $l_2$  длины большей и меньшей пружин). Если условие  $w_1 > A_{kr}$  не выполняется, то  $A_{kr} = 0$ . Т.о. в данной системе ступенчатым образом изменяется жесткость опорных пружин. Длительность рассматриваемого процесса составляет  $3\text{с}$ , которым соответствует 25000 шагов интегрирования. Таким образом, для моделирования одной секунды требуется прохождение 8333 шагов интегрирования. На графиках и рисунках, которые будут представлены далее, продолжительность процесса представлена именно в количестве шагов интегрирования.

Воспользуемся методом Рунге-Кутты для численного интегрирования системы уравнений (1) при нулевых начальных условиях, с целью получения динамического процесса для исследуемой системы. Влияние различных факторов на поведение виброударной системы (1) можно исследовать путем варьирования количества и типа членов в разложении функции  $F$  (4). Для оценки влияния переменной жесткости на характер динамического процесса в системе предлагается отталкиваться от временных распределений  $w_1$ ,  $\dot{w}_1$ ,  $\zeta$ ,  $F$  для всего процесса движения. Для описания виброударной системы используется система уравнений (1). При анализе многомассовых систем достаточно сложно получить и затем использовать аналитическое решение. Применение прямого численного интегрирования системы уравнений представляется куда более удобным и целесообразным. Для решения этой задачи может быть использована схема

интегрирования методом Рунге-Кутты [10], которая была реализована программно в пакете Maple. В случае ненулевых  $\delta^*$  (длительности импульса) получаем непрерывную функцию  $F_{имп}(t)$ . Если задать шаг интегрирования  $\Delta \ll \delta^*$ , то можно получить численные решения, отражающие поведение динамической системы с достаточной точностью.

**Обсуждение результатов.** На рис. 2, 3 представлены графики, на которых отображены перемещения выбивной машины в зависимости от времени при различных

значениях жесткости упругих опор:  $C1$  – базовая жесткость реализованная одинарной пружиной;  $C1+C2$  – увеличенная жесткость, реализованная в виде сдвоенной пружины с постоянно действующей основной и включающейся дополнительной, в зависимости от перемещений;  $C3$  – увеличенная жесткость, реализованная в виде одинарной пружины, равная сумме жесткостей сдвоенной пружины. На рис. 4 представлен более детальный график перемещений выбивной машины в зависимости от времени при различных значениях жесткости упругих опор.

Значения жесткостей соответствуют значениям, принятым ранее. Временной интервал, отображенный на рисунке, соответствует одному периоду колебаний для случая  $C1+C2$  (сдвоенная пружина).

В данном случае четко прослеживается наличие субгармонического режима, который обладает кратностью 4. По этой причине было принято решение о дальнейших исследованиях влияния жесткости упругих опор на характер динамического поведения системы путем варьирования степени влияния дополнительной, включаемой на части полного хода корпуса машины пружины. Добиться это можно двумя способами: варьировать непосредственно жесткость

пружины либо варьировать величину зазора  $A_{kr}$ , которую необходимо выбрать, чтобы задействовать дополнительную пружину. Предполагается варьирование в стороны увеличения и уменьшения, при этом величина максимального отклонения составляет  $1/50$  от базового значения параметра и достигается за 5 равных шагов в каждую из сторон. Базовые значения параметров следующие:  $A_{kr}=0.049\text{м}$ ,  $C_{add}=870\text{кН/м}$ .

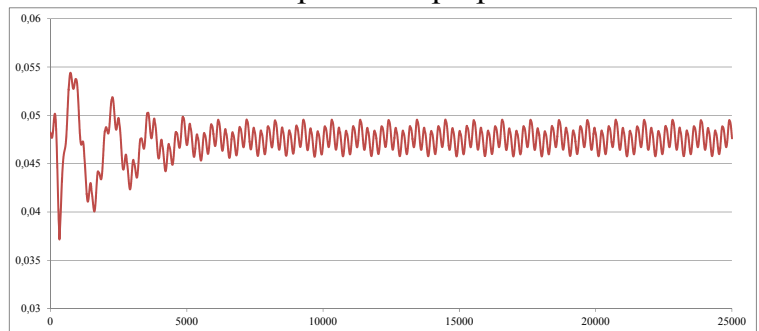


Рис. 2 – Перемещения виброударной машины в случае, когда упругие опоры представлены сдвоенными пружинами

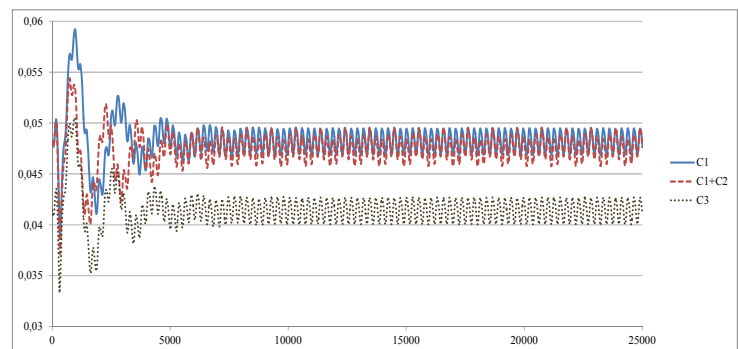


Рис. 3 – Перемещения виброударной машины в случаях: базовая жесткость с одной пружиной ( $C1$ ), с учетом сдвоенных пружин ( $C1+C2$ ), одинарная пружина с повышенной жесткостью ( $C3$ )

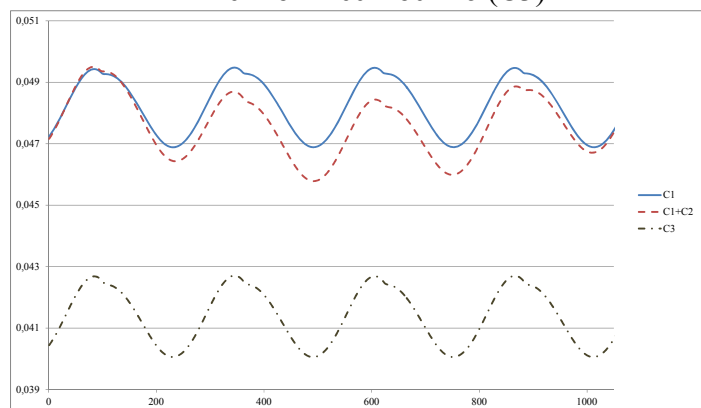


Рис. 4 – Перемещения виброударной машины на в случаях: базовая жесткость с одной пружиной ( $C1$ ), с учетом сдвоенных пружин ( $C1+C2$ ), одинарная пружина с повышенной жесткостью ( $C3$ )

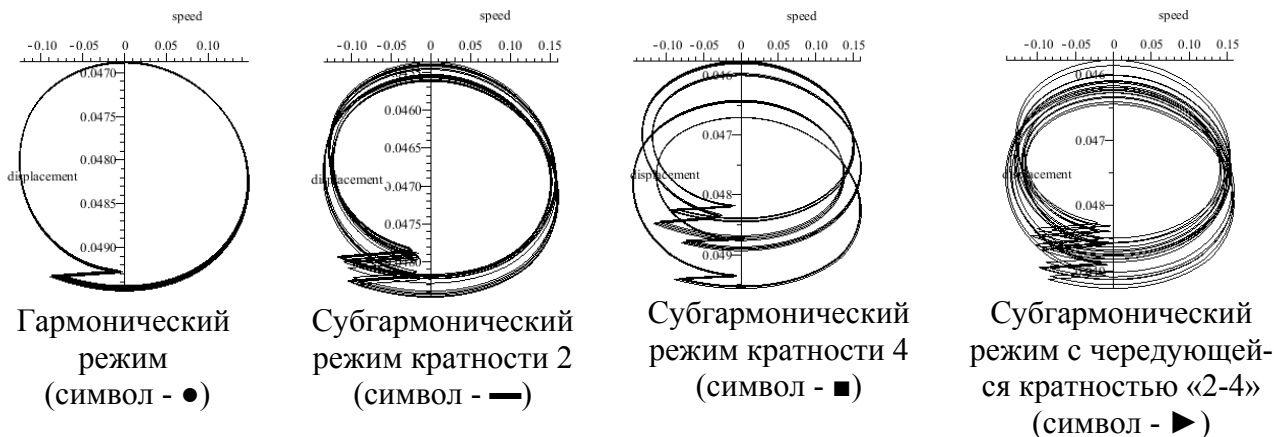


Рис. 5 – Характерные виды полученных фазовых портретов и замещающие их символы

В качестве характерных выделены фазовые портреты установившегося движения с кратностью 1 (●), 2 (—), 4 (■), а также те портреты, кратность которых перескакивает с 2-х до 4-х (►).

Таблица 1 – Схематическое распределение фазовых портретов

		$C_{add}$										
		-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$A_{kr}$	-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	-4	►	—	►	►	►	►	►	►	►	►	►
	-3	►	►	●	►	●	►	●	►	●	●	●
	-2	►	●	●	●	►	●	►	●	►	►	►
	-1	►	►	►	►	►	●	►	►	►	►	►
	0	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2	►	►	►	►	►	►	►	►	►	►	►
	3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Для получения более наглядного представления о результатах их предлагается представить в виде фазовых портретов (зависимости скорости от перемещений). Соответствия между видом фазового портрета и замещающим его символом в таблице представлены на рисунке 5. В табл. 1 представлено схематическое распределение режимов различной кратности в зависимости от варьируемых параметров  $C_{add}$  и  $A_{kr}$ .

**Выводы.** На основании полученных результатов можно заключить, что использование в численной модели описания упругих опор как сдвоенной пружины, приводит к возникновению в системе субгармонических колебаний с числом кратности 4. В связи с этим становится актуальной задача исследования данных режимов в системе, а также возможностей отстройки от них, что и было проделано путем варьирования таких конструктивных параметров как жесткость дополнительной пружины и величина выбираемого зазора до ее включения.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Разработан и проверен на тестовой задаче подход, который позволяет учитывать переменную жесткость упругих связей системы (в данном случае – ступенчатое изменение).
2. Конструктивные параметры, такие как жесткость дополнительной пружины и величина выбираемого зазора до ее включения, оказывают значительное влияние на характер динамического процесса в системе.

3. По результатам многовариантного расчета можно заключить, что изменение жесткости дополнительной пружины в исследованной виброударной системе оказывает меньшее влияние на характер динамического процесса по сравнению с изменением величины выбираемого зазора.

4. Для отстройки от субгармонических режимов на этапе проектирования рекомендуется использовать варьирование такого параметра как величина выбираемого зазора до срабатывания дополнительной пружины.

На дальнейшее исследование выносятся определения влияния массы груза, величина которой является переменной и определяется не предварительно заданным законом, как было ранее [8], а на основании количества энергии, которое затрачено системой на разрушение технологического груза, т.е. путем моделирования связанных процессов движения виброударной системы и частичного разрушения технологического груза.

**Список литературы:** 1. *Грабовский А.В.* О расчетно-экспериментальном моделировании динамических процессов в виброударных системах // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2009. – № 1. – С. 119-129. 2. *Грабовский А.В.* Методы и алгоритмы верификации сил ударного взаимодействия в виброударных системах // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – Харків: УДАЗТ. – 2010. – № 3/9(45). – С. 42-46. 3. *Баженов В.А., Погорелова О.С., Постникова Т.Г. и др.* Сравнительный анализ способов моделирования контактного взаимодействия в виброударных системах // *Пробл. прочности*. – 2009. – № 4. – С. 69-77. 4. *Баженов В.А., Погорелова О.С., Постникова Т.Г. и др.* Аналіз динаміки ударно-вібраційного майданчика при зміні його параметрів // *Пробл. прочности*. – 2008. – № 6. – С. 82-90. 5. *Ткачук Н.Н., Грабовский А.В., Ткачук Н.А.* Подход к идентификации ударной модели для виброударной системы // *Вісник СевНТУ. Механіка, енергетика, екологія*. – Севастополь: СевНТУ. – 2010. – №110. – С. 55-60. 6. *Вибрации в технике: Справочник в 6 томах*. – М.: Машиноведение. – 1981. 7. *Ткачук Н.А., Грабовський А.В., Ткачук Н.Н., Костенко Ю.В., Артемов И.В.* Численное моделирование динамических процессов в виброударных системах // *«Вісник НТУ «ХПІ». Тем. випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях*, № 42, 2011. – С.179-187. 8. *Костенко Ю.В., Ткачук А.В., Грабовский А.В., Ткачук Н.Н.* Изменение массы одного из компонентов и его влияние на характер динамических процессов в виброударных системах: модели и численные результаты // *«Вісник НТУ «ХПІ». Тем. випуск: Машинознавство та САПР*, № 1(975), 2013. — С. 71-85. 9. *Yu. Kostenko, M.M. Tkachuk, A. Grabovsky, M.A. Tkachuk* Subharmonic modes in vibroimpact systems // *Pr. 83-86. The Fourth International Conference «Nonlinear Dynamics – 2013». Proceedings. June, 19-22, 2013, Sevastopol (Ukraine)* [Ю. В. Міхлін, М. В. Перепелкін Нелінійна динаміка / Тезиси доповідей 4-ої Міжнародної конференції (19-22 червня, 2013 р., Севастополь). – Х.: Вид-во «Точка», 2013. – 444 с.]. 10. *Форсайт Дж.* Машинные методы математических вычислений / Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. – М.: Мир, 1980. – 280 с.

*Поступила в редколлегию 20.01.2014*

УДК 665.9

**Влияние переменной жесткости связей на характер динамических процессов в виброударных системах: модели и численные результаты/ Костенко Ю. В.** // *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 7 (1050). – С.212-216. – Бібліогр.: 10 назв. ISSN 2079-5459

Розглядається задача впливу змінної жорсткості зв'язків між елементами виброударної системи на характер динамічних процесів у ній. назв.

**Ключові слова:** змінна жорсткість, виброударні системи, динамічні процеси, субгармонійні режими.

**The influence of links with variable rigidity on the character of dynamical processes in vibro-impact systems: models and numerical results / Y. V. Kostenko** // *Bulletin of NTU “KhPI”. Series: New decisions of modern technologies*. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2014.-№ 7 (1050).- P.212-216. Bibliogr.:10. ISSN 2079-5459

The task of influence created by links with variable rigidity between elements of vibroimpact system on character of dynamical processes is observed.

**Keywords:** variable rigidity, vibroimpact systems, dynamical processes, sybharmonical modes.

## ЗМІСТ

<b>Григоров О. В. , Окунь А. О.</b> Кабельний кран нової конструкції	3
<b>Григоров О. В., Степочкина О. В.</b> Инженерные и информационные аспекты решения задачи о передвижении кранов мостового типа в среде MS EXCEL	6
<b>Кондратюк О. Л., Скоркін А. О.</b> Закономірності функціонування системи дрібносерійної зборки складних машинобудівних виробів	12
<b>Юрич А. Р.</b> Пристрій для оцінювання напружено-деформованого стану компонентів низу бурильної колони	16
<b>Скрипченко Н. Б.</b> Распределение контактных давлений при контакте тел конечных размеров по поверхностям близкой формы при варьировании контактных площадок	20
<b>Попов С. В., Васильев А. В.</b> Малогабаритні розчинозмішувальні установки	25
<b>Васильєв А. В., Попов С. В., Костенко О. С.</b> Підвищення ефективності стрічкового шліфування	29
<b>Архипов О. Г., Ревенко С. А., Іванченко В. В., Карпюк Л. В., Штонда Ю. М.</b> Дослідження сталі JIS G3458 STPA22 після тривалої експлуатації	34
<b>Лебедев В. Г., Клименко Н. Н., Чумаченко Т. В.</b> Рациональные температуры при шлифовании некоторых наплавленных и напыленных на рабочие поверхности деталей сталей, сплавов и химических соединений	37
<b>Дёмин Д. А.</b> Управление качеством в литейном производстве: технологические аспекты в выборе оптимальных стратегий технического перевооружения	42
<b>Левыкин И. В., Андропова Е. С.</b> Реализация задач удаленных издательских систем с помощью системы управления виртуализацией ovirt	52
<b>Евсеев С. П., Король О. Г., Огурцов В. В.</b> Сравнительный анализ международной законодательной базы в сфере защиты персональных данных	56
<b>Левыкин И. В., Мазур И. В.</b> Разработка имитационной модели технологического производства с использованием средства Arena	63
<b>Білянкіна Т. І.</b> Анализ инновационной сферы Украины и характеристика основных проблем ее развития	67
<b>Нефёдов Л. И., Петренко Ю. А., Кононыхин А. С.</b> Модель выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации	71
<b>Кшановський І. П., Івасик Г. В.</b> Про мажоранти зростання аналітичних в проколеній площині функцій	76

<b>Павленко Е. П., Криворотенко И. А., Айвазов В. А.</b> Выбор методологии разработки программного обеспечения для страховой компании	84
<b>Лобашов А. О.</b> Моделирование функционирования транспортной сети после изменения ее параметров	88
<b>Нагорний О. Ю.</b> Теоретичні властивості капсульованих модельних систем на основі NaKMЦ	92
<b>Линник И. Е., Сосипатров А. М., Никитенко Ю. В.</b> Концепція розвитку транспортної схеми м. Чугуєва	97
<b>Поліновський В. В., Огурцов М. І.</b> Методи та алгоритми застосування УАК при побудові реактивних систем захисту інформації	103
<b>Доронина Ю. В., Рябовая В. О.</b> Оценка структурно-функциональной значимости элементов в информационных системах экологического мониторинга	111
<b>Радзієвська І. Г., Мельник О. П., Белінська А. П., Лисова І. В., Овсяннікова Т. О.</b> Холестерол як біологічно активний компонент жирів тваринного походження	116
<b>Філоненко Д. В., Шестопапов О. В.</b> Щодо питання розкладання хлориду амонію в реакторі-змішувачі відділення дистиляції содового виробництва	120
<b>Галстян А. Г.</b> Спосіб отримання 4-амінобензойної кислоти –напівпродукту для синтезу анестезуючих препаратів	126
<b>Нетреба А. О., Гладкий Ф. Ф.</b> Рациональні умови кристалізації воскоподібних речовин із соняшникової олії	130
<b>Бахарева А. Ю., Семенов Е.А.</b> Загрязнение атмосферы городов газообразными выбросами из канализационных сетей	136
<b>Харыбина Ю. В., Питак Я. Н., Питак О. Я.</b> Безобжиговые муллитокорундовые огнеупоры на фосфатных связках	141
<b>Острога Р. О.</b> Кінетика капсулювання гранульованих мінеральних добрив органічною оболонкою	146
<b>Прасолов Є. Я., Кулик О. В.</b> Гармонізація взаємодії в системі «оператор – машина – середовище»	152
<b>Лаврова И. О., Аммар Валид Саид.</b> Исследование влияния кавитационной обработки на качественные показатели водомазутных эмульсий	157
<b>Гонтар Т. Б., Скородумова О. Б., Гончаренко Я. Н.</b> Усовершенствование нормативного обеспечения процесса получения экзотермических смесей для горячего ремонта огнеупорных футеровок	162



<b>Діхтенко К. М.</b> Кінетичні дослідження та моделі отримання азотовмісних похідних жирних кислот як перспективних інгібіторів корозії для розробки нафтогазових родовищ	166
<b>Куниця К. В., Литвиненко О. А., Гладкий Ф. Ф., Кіщенко В. А., Левчук І. В.</b> Визначення показників якості продуктів фракціонування соняшникової олії насиченого типу	171
<b>Мельник А. П., Дегтярьов Д. О.</b> Щодо кінетики і термодинаміки взаємодії інгібованої соляної кислоти зі сталлю свердловинного обладнання	176
<b>Варанкіна О. О., Тонюк М. Л., Косс А. Н.</b> Дослідження впливу норми внесення кориці на органолептичні показники якості напоїв бродіння спеціального типу	181
<b>Евлаш В. В., Немирич А. В., Максименко А. Е., Гриценко О. Ю.</b> Формирование пористости сушеного мяса говядины при СТП-сушке	185
<b>Калинина Е. Д., Коваленко А. В.</b> Хранимоспособность молочных гидролизованных сгущенных консервов с сахаром	189
<b>Слесаренко А. П., Венгеро́в И. Р.</b> Математическое моделирование нелинейного	196
<b>Базалеев Н. И., Брюховецкий В. В., Клепиков В. Ф., Литвиненко В. В., Прохоренко Е. М.</b> Термография дефектных структур при циклической активации упругими напряжениями	201
<b>Москвина И. И.</b> Вероятность взрывов газозоудушной смеси в газифицированной квартире из-за аварий на газораспределительном пункте	207
<b>Костенко Ю. В.</b> Влияние переменной жесткости связей на характер динамических процессов в виброударных системах: модели и численные результаты	212

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК  
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Нові рішення в сучасних технологіях

№ 7(1050)

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол

Технічний редактор К. О. Костик

Відповідальний за випуск: к. т. н. І. Б. Обухова

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:** 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».  
Рада молодих учених і спеціалістів РМУС, тел. (057)707-68-54, e-mail:  
[eklitus@yandex.ru](mailto:eklitus@yandex.ru)

Обл.-вид. № 57-15

Підп. до друку «27» лютого 2014р. Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі  
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.  
Наклад 300 прим. Зам. № 7. Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта  
видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня "Технологічний Центр"  
Свідоцтво про державну реєстрацію №1 480 120 0000 021055 від 02.04.2002  
Адреса: 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача, 4

---