

**ВЕСТНИК**  
**НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"**

ISSN 2079-5459

Сборник научных трудов

**58'2011**

***Тематический выпуск "Новые решения в  
современных технологиях"***

Издание основано Национальным техническим университетом «ХПИ» в 2001 году

Госиздание

Свидетельство Госкомитета по информационной политике

Украины КВ №5256 от 02.07.2001 г

**КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ**

**Председатель**

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

**Секретарь**

К.А. Горбунов, канд. техн.нук, доц.

**Координационный совет**

А.П. Марченко, д-р техн .наук, проф.

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.

Л.М. Бесов, д-р техн. наук, проф.

Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.

Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.

А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.

В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.

И.Ф. Домнин, д-р техн. наук, проф.

Ю.И. Зайцев, канд. техн. наук, проф.

В.В. Епифанов, канд. техн. наук, проф.

О.П. Качанов, д-р техн наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

С. И. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.

В.М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.

В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.

Г.В. Лисачук, д-р техн. наук, проф.

В.С. Лупиков, д-р техн. наук, проф.

О.К. Морачковский, д-р техн наук, проф.

В.И. Николаенко, канд. ист. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р энон. наук. проф.

В.А. Пуляев, д-р техн наук, проф.

М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.

Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.

Н.А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**Ответственный редактор**

Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

**Ответственный секретарь**

А.В. Ивахненко, ст. преп.

Г.И. Львов, д-р техн.наук, проф.

А.С. Куценко, д-р техн. наук, проф.

И.В. Кононенко, д-р техн. наук, проф.

Л.Г. Раскин, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.

В.Я. Терзиян, д-р техн. наук, проф.

М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.

Л.Л. Брагина, д-р техн. наук, проф.

В.И. Шустиков, д-р техн. наук, проф.

В.И. Тошинский, д-р техн. наук, проф.

Р.Д. Сытник, д-р техн. наук, проф.

В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.

В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.

Б.В. Клименко, д-р техн. наук, проф.

Г.Г. Жемеров, д-р техн. наук, проф.

В.Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.

Н.Н. Александров, д-р техн. наук, проф.

П.Г. Перерва, д-р энон. наук, проф.

Н.И. Погорелов, канд. энон. наук, проф.

**АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ**

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

Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць.  
Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях.- Харків: НТУ „ХПІ» -  
2011. - №58. - 172с.

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

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов

У збірнику представлені теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів

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

Національний технічний університет „ХПІ" 2011

**УДК 621.7.044**

*Р.В.ЛЕВЧЕНКО*, асп., КрНУ, Кременчуг

*Р.Г.ПУЗЫРЬ*, канд. техн. наук, доц., Кременчуг

## **РАСЧЕТ РАЗМЕРОВ ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ ОБОДЬЕВ КОЛЕС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Рассматривается возможность автоматизации расчета размеров листовой заготовки для ободьев колес транспортных средств, приводится алгоритм расчета и программа, которая дает возможность значительно сократить время на проектирование технологических процессов, наиболее полно учитывать влияние различных факторов, которые способствуют растяжению материала.

Розглядається можливість автоматизації розрахунку розмірів листової заготовки для ободів коліс транспортних засобів, приводиться алгоритм розрахунку й програма, яка має можливість значно скоротити час проектування технологічних процесів, найбільш повно враховувати вплив різноманітних факторів, які сприяють розтягуванню матеріалу.

The opportunity of automation of account of the sizes of sheet preparation for rims of wheels of vehicles is considered, to be resulted algorithm of account and program. The program enables considerably to reduce time to designing of technological processes, most full to take into account influence of the various factors, which promote a stretching of a material.

Современное развитие промышленности немислимо без применения средств автоматизации технологической подготовки производства, энергосбережения и экономии материалов. Требования, которые представляются при эксплуатации ободьев современных транспортных средств сводятся к следующему: полное соответствие конструкции колеса условием эксплуатации; обеспечение прочности и жесткости при минимальном расходе металла; обеспечение необходимой точности; соответствие специальным техническим условиям.

Особое внимание следует уделить второму пункту, т.к. он затрагивает не только технологичность детали. От расхода металла при изготовлении обода зависят экономические (себестоимость изделий) и эксплуатационные (инерционные) характеристики.

В большинстве случаев основным критерием технологичности конструкции является наиболее экономный расход материала при наименьшем количестве операций и снижении трудоемкости. Анализ себестоимости профилированных деталей показывает, что экономия материала на 10% по эффективности равноценна увеличению производительности в три раза на всех операциях. Экономия материала на 20–25% в большинстве случаев настолько эффективна, что стоимость сэкономленного материала обычно превышает сумму прямой заработной платы [1].

Поэтому точный расчет размеров заготовок для ободьев колес различных транспортных средств является основой для создания наиболее современных технологических процессов изготовления ободьев наименьшей себестоимости.

Целью работы является автоматизация расчета размеров листовых заготовок для получения ободьев транспортных средств.

В производстве ободьев колёс автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных и других машин из листовых заготовок технологические процессы, основаны на применении радиального профилирования, принято считать производительными, экономичными и перспективными. Дальнейшее совершенствование процессов профилирования и снижение металлоемкости в значительной степени зависят от более объективного расчета геометрических параметров заготовок [2]. Н.В. Потекушин в своих работах считает целесообразным рассчитывать ширину заготовок в зависимости от глубины и ширины центрального ручья (рис.1) по формуле [2]:

$$B_z = \sum B + \sum B_n + \sum B_e, \quad (1)$$

для  $h_p = (0,05 \div 0,1)B_p$ ;

$$B_z = \sum B + 0,0174 \sum R\alpha - 1,4(n-1), \quad (2)$$

для  $h_p = (0,25 \div 0,65)B_p$ ;

где  $\sum B$  – сумма длин прямолинейных участков;

$\sum B, \sum B_e$  – сумма длин закруглённых участков, контактирующих с верхним и нижним роликом соответственно;

$h_p$  – глубина центрального ручья;

$\sum R\alpha$  – сумма произведений радиусов закруглений на углах охвата роликов;

$B_p$  – ширина центрального ручья.

Недостатком зависимости (2) на наш взгляд является постоянство значения коэффициента  $K = 1,4$ .

Другая зависимость для расчета ширины заготовки дана в работе [3]:

$$B_0 = B_0 - kn_0, \quad (3)$$

где  $B_0$  – общая длина прямолинейных и криволинейных участков профиля;

$n_0$  – сумма закругленных участков профиля;

$k$  – переменный коэффициент, учитывающий приращение длины образующей профиля за счёт меридионального растяжения заготовки, упругих деформаций и знакопеременной тангенциальной деформации.

Авторы работы [3] предлагают вышеуказанный коэффициент находить по графической зависимости от радиальной деформации.

Для компьютерного расчёта размеров заготовки определение коэффициента  $k$  с помощью графической зависимости не совсем обосновано, так как компьютер понимает формализованный метод представления данных, и графические методы представления различных зависимостей уступают по точности аналитическим методам.

Определение ширины заготовки для  $h_p = (0,25 \div 0,65)B_p$  будем определять на основании равенства ширины заготовки ширине нейтрального слоя отпрофилированной детали [1], которое сводится к определению положения и ширины нейтрального слоя в зависимости от относительного радиуса



закругления  $r/s$ . В общем случае ширина заготовки равна сумме длин прямолинейных участков и длины нейтрального слоя в изогнутых участках профиля с вычетом той части материала, которая растягивается за счёт меридиональных растягивающих деформаций заготовки.

Длина нейтрального слоя в изогнутом участке профиля определяется по формуле:

$$l = \frac{\pi\varphi}{180}(r + s) = 0,017\varphi(r + xs), \quad (1)$$

где  $\varphi$  – угол изогнутого участка;

$x$  – коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя (выбирается по таблицам [1]).

Угол изогнутого участка только при  $\gamma = 90^\circ$  равен углу гибки [1], во всех остальных случаях он составляет:

$$\varphi = 180^\circ - \alpha,$$

где  $\alpha$  – внутренний угол гибки (рис. 1).

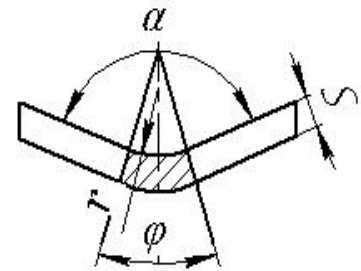


Рис. 1. Угол гибки

Анализируя схему локального нагружения цилиндрической обечайки парой роликов в каждый последующий момент деформирования, было отмечено, что геометрическая форма очага деформации напоминает форму коробчатой детали, которая получается при вытяжке прямоугольных коробок из листовых заготовок. Поэтому для учёта растяжения металла в угловых радиусных переходах и утолщения дна центрального ручья при изготовлении обода колеса, можно использовать зависимости, применяемые для расчёта заготовок для прямоугольных коробчатых деталей, получаемых вытяжкой. Для компенсации металла, перемещаемого из угловых закруглений, находим ширину полоски  $h_e$ , отрезаемой от геометрической развертки прямых сторон:

$$h_e = y \frac{R^2}{B - 2r}, \quad (2)$$

где  $y$  – коэффициент, который выбирают по относительным размерам обечайки;

$B$  – ширина ручья;

$r$  – радиус закругления между ручьём и полками;

$$R = \sqrt{2r \cdot H};$$

$H$  – высота ручья (рис. 2).

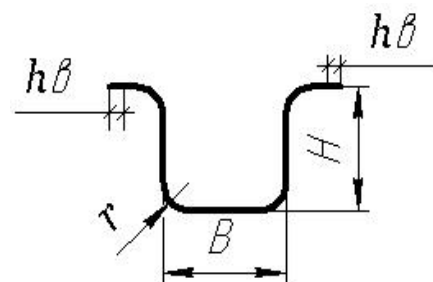


Рис. 2. Размеры олуфабриката

При многоступенчатом профилировании цилиндрических заготовок условия деформирования ухудшатся, т.к. на возникающую на каждом переходе неравномерность деформации в меридиональном и тангенциальном направлении налаживается упрочнение зон, получивших пластическую деформацию на предыдущих переходах, что приводит к увеличению растягивающих напряжений в опасном сечении. Поэтому компенсацию металла, вытесняемого из радиусных переходов нужно производить при прохождении каждого из ручьёв.

Окончательно зависимость для вычисления ширины заготовки будет иметь вид:

$$B_3 = \sum B + 0,017 \sum \varphi(r + xs) - \sum y \frac{2r \cdot H}{B - 2r}. \quad (3)$$

Длину заготовки найдем по правилу Гюльдена–Паппуша: площадь поверхности тела вращения, образованного кривой произвольной формы при вращении её вокруг оси, находящейся в той же плоскости, равна произведению длины образующей на путь её центра тяжести:

$$F = 2\pi \cdot R_s \cdot L, \quad (4)$$

где  $L$  – длина образующей;

$R_s$  – расстояние от оси до центра тяжести образующей.

Далее находим площадь боковой поверхности приведённого цилиндра:

$$F_y = \pi r^2 \cdot h, \quad (5)$$

где  $r$  – радиус заготовки;

$h$  – высота заготовки,  $h = B_3$ ,  $F_y = F$ .

Отсюда:

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot B_3}}. \quad (6)$$

Тогда длина заготовки:

$$L_3 = 2\pi r = 2\pi \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot B_3}}. \quad (7)$$

Окончательно длина заготовки под обечайку:

$$L_0 = L_3 + \Delta, \quad (8)$$

где  $\Delta$  – припуск под сварку.

Алгоритм для автоматизированного расчёта размеров заготовки изображён на рис. 3.

Программа ”Расчет заготовки для ободьев колес“ позволяет выполнять расчеты размеров листовой заготовки для производства ободьев колес транспортных средств типа W, DW, DDW и ободьев с 15° полками (рис. 4).

От пользователя требуется только вести переменные: ширину центрального ручья, ширину посадочной полки и боковой закраины; значения радиусов закругления, диаметров и углов наклона посадочных полок, боковых сторон центрального ручья, которые даны на эскизе готового обода. Потом нажать кнопку ”Проверка значений“; если значения введены правильно, нажать кнопку ”Расчет задачи“ (рис. 5).

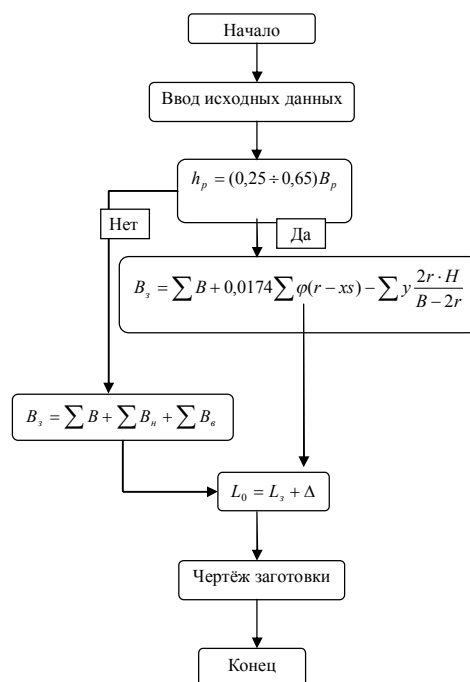


Рис. 3. Алгоритм расчета геометрических размеров заготовки

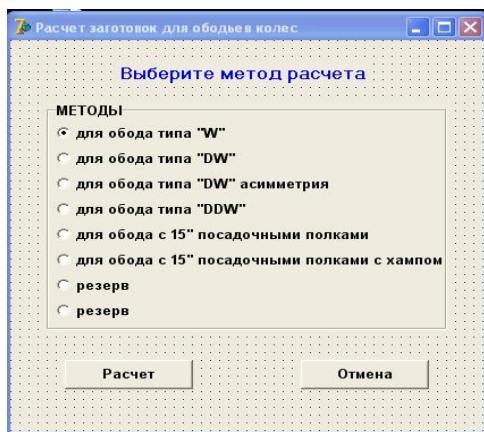


Рис.4 Выбор задачи в зависимости от типа обода

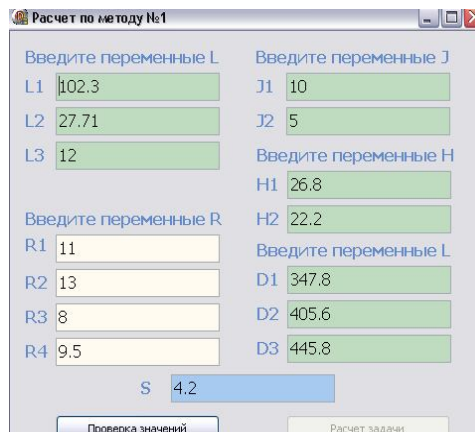


Рис.5 Окно программы с для ввода начальных данных

Если исходные данные введены неверно, нажав клавишу “Проверка значений”, программа автоматически покажет, что переменные не соответствуют данному критерию. Если же все значения введены правильно клавиша “Расчет задачи” становится активной и, нажав ее, всплывает окно, что все расчеты закончены (рис. 6).

Сравнение программных результатов расчета размеров заготовок для различных типов ободьев с производственными, которые использует АО «Кременчугский колесный завод» показало совпадение размеров с погрешностью 1–2%, время счета составляет менее 1 секунды.

Автоматизация проектирования технологических процессов при изготовлении колёс транспортных средств позволит облегчить работу технологов, повысить производительность, усовершенствовать технологическую подготовку производства. Современное производство характеризуется высоким уровнем гибких переналаживаемых линий с использованием средств автоматизации и роботизации. Одним из этапов автоматизированной разработки технологических процессов является определение формы и размеров заготовки.

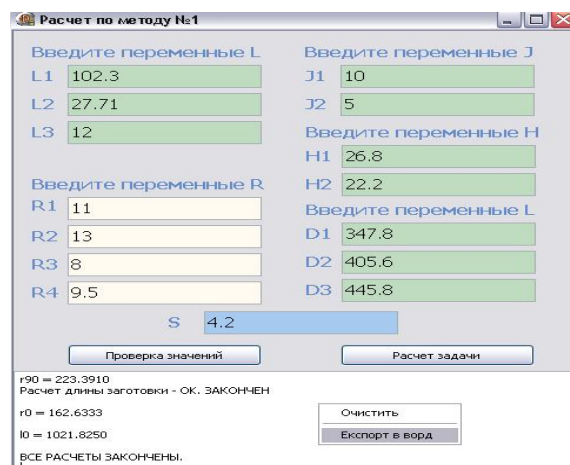


Рис. 6. Окно программы с окончательным расчетом

**Список литературы:** 1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 520 с. 2. Потехушин Н.В. Выбор исходного оборудования для профилирования [Текст] / Н.В. Потехушин; В.Ф. Троян; П.И. Шпиро // Автомобильная промышленность. – 1976. – № 8. – С. 33–36. 3. Потехушин Н. Экспериментальное исследование процесса формообразования профилированных ободьев [Текст] / Н. Потехушин // Автомобильная промышленность. – 1977. – № 1. – С. 33–36.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

*Р.Г.ПУЗЫРЬ*, канд. техн. наук, доц., КрНУ, Кременчуг  
*О.В.ТРОЦКО*, ст. преп., КрНУ, Кременчуг

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ПРИ НАЛОЖЕНИИ КОЛЬЦЕВОЙ НАГРУЗКИ**

Точное описание напряженно-деформированного состояния металла в процессах пластической деформации дает возможность целенаправленно влиять на параметры, влияющие на качество и требуемые эксплуатационные характеристики изделий, идти по пути энергосбережения и экономии материалов. Хорошо разработанный математический аппарат теории упругого деформирования тонких оболочек необходимо использовать как основу при анализе процессов профилирования обечаек.

Точний опис напружено-деформованого стану металу в процесіх пластичної деформації дає можливість цілеспрямовано впливати на параметри, що впливають на якість і необхідні експлуатаційні характеристики виробів, йти по шляху енергозбереження і економії матеріалів. Добре розроблений математичний апарат теорії пружної деформації тонких оболонок необхідно використовувати як основу при аналізі процесів профілювання обичаєк.

Exact description of the tensely-deformed state of metal in the processes of flowage enables purposefully to influence on parameters, influencing on quality and required operating descriptions of wares, go on the way of energy-savings and economy of materials. The well developed mathematical vehicle of theory of resilient deformation of thin shells must be utilized as basis at the analysis of processes of profiling of purflings.

Радиальное профилирование применяют при производстве ободьев колес транспортных средств различного назначения, при изготовлении полых изделий с профилем, а также для получения элементом жесткости и элементов крепления на цилиндрических поверхностях.

Профилируемая заготовка подвергается наибольшей деформации на первом переходе [1], когда она зажимается между двумя принудительно вращающимися в противоположные стороны с одинаковой окружной скоростью роликами, и один из них получает вертикальное перемещение от горизонтального вала профилировочной машины.

Экспериментальные и теоретические данные по распределению напряжений и деформаций показывают сложный характер их изменения по меридиональному сечению полуфабриката на каждом переходе профилирования [2]. При этом исследователи опираются на теоретические положения листовой штамповки [1], что в неполной мере учитывает особенности деформирования цилиндрических оболочек.

При деформировании оболочек имеет место не только изменение размеров элементов по срединной поверхности, а также изменение их кривизны, поэтому необходимо учитывать влияние изгибающих моментов на поле напряжений. На изменение кривизны элементов затрачивается работа, что приводит к изменению энергетического баланса процесса деформирования. Такой процесс деформирования должен рассматриваться как процесс деформирования

тонкостенной оболочки под одновременным действием продольных сил, моментов и перерезывающих сил.

В общем виде уравнения равновесия элементов пространственной оболочки при одновременном действии сил и моментов весьма сложны и содержат неизвестных больше, чем имеется уравнений, поэтому их решение без использования уравнений связи и совместности деформаций невозможно. Рассмотрим задачу взаимодействия цилиндрической оболочки с равномерно распределенной кольцевой нагрузкой (рис. 1).

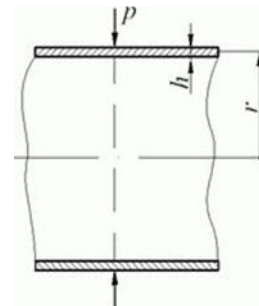


Рис. 1. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки

Осесимметричная изгибная деформация оболочки возникает в местах приложения внешних кольцевых нагрузок. Теория осесимметричной деформации цилиндрических оболочек основана на гипотезах Кирхгофа — Лява [3]:

1. Гипотеза неизменности нормалей. Принимают, что нормали к срединной поверхности оболочки не искривляются и остаются перпендикулярными к деформированной срединной поверхности. Эта гипотеза устанавливает связь между деформированным состоянием в произвольной точке стенки оболочки и изменением геометрии ее срединной поверхности и позволяет таким образом свести исследование деформации оболочки к исследованию деформации ее срединной поверхности.

2. Гипотеза о ненадавливании одного слоя оболочки на другой. Согласно этой гипотезе, нормальные напряжения в площадках, параллельных срединной поверхности, считают равными нулю, т.е. напряженное состояние рассматривают как плоское вместо объемного.

Указанные гипотезы выполняются достаточно удовлетворительно при условии, что толщина оболочки мала по сравнению с радиусом цилиндра и что перемещения точек срединной поверхности малы по сравнению с толщиной. Если наибольшую допустимую погрешность расчета принять равной 5%, то к тонкостенным следует отнести оболочки, толщина которых не превышает радиуса.

Кроме перечисленных гипотез и допущений примем, что материал оболочки однородный, изотропный и подчиняющийся закону Гука.

Рассмотрим равновесие элементарного объема, выделенного из оболочки двумя продольными и двумя поперечными сечениями (рис. 2).

При интегрировании по толщине оболочки напряжения  $\sigma_x$ ,  $\sigma_t$  приводятся к нормальным усилиям  $T_x$  и  $T_t$  и изгибающим моментам  $M_x$  и  $M_t$ .

Из шести уравнений равновесия в данном случае можно составить только три: уравнение проекций сил на направления  $x$  и  $z$  и уравнение моментов относительно оси  $y$ , касательной к окружности. Остальные уравнения равновесия удовлетворяются тождественно. Приведя систему уравнений деформаций и равновесия к одному уравнению с одним неизвестным получим:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = -\frac{\mu T_x}{Dr} + \frac{p_l}{D}, \quad (1)$$

где  $\beta = \sqrt{\frac{3|1-\mu^2|}{r^2 h^2}}$ ;

$D$  – изгибная жесткость оболочки,

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)};$$

$E$  – модуль Юнга;

$\mu$  – коэффициент Пуассона.

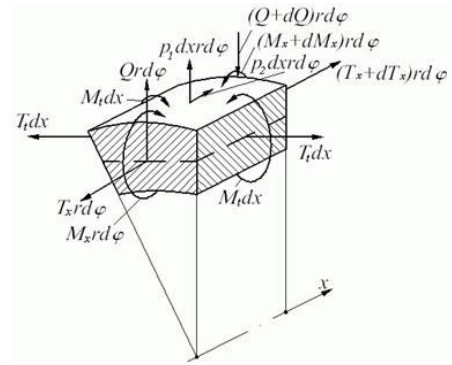


Рис. 2. Равновесие элемента оболочки

$$T_x = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x dz = \frac{Eh}{1-\mu^2} \left( \frac{du}{dx} + \mu \frac{w}{r} \right), \quad (2)$$

$$T_t = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_t dz = \frac{Eh}{1-\mu^2} \left( \frac{w}{r} + \mu \frac{du}{dx} \right), \quad (3)$$

$$M_x = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_x z dz = D \frac{d^2 w}{dx^2}, \quad (4)$$

$$M_t = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma_t z dz = \mu D \frac{d^2 w}{dx^2} = \mu M_x. \quad (5)$$

Общее решение уравнения (1) представим в виде суммы общего решения однородного уравнения

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + 4\beta^4 w = 0 \quad (6)$$

и частного решения уравнения с правой частью (1). Решение однородного уравнения (6) ищем в виде

$$w = Ce^{kx}. \quad (7)$$

Подставив эту функцию в левую часть уравнения (6), получим характеристическое уравнение

$$k^4 + 4\beta^4 = 0, \quad (8)$$

из которого найдем

$$k = \sqrt[4]{-4\beta^4}. \quad (9)$$

По правилам извлечения корней из отрицательных и мнимых чисел модуль числа  $k$  равен корню четвертой степени модуля подкоренного числа, т.е.  $\sqrt[4]{4\beta^4}$ , а аргумент числа  $k$  – аргументу подкоренного числа, деленному на показатель

корня; т. е.  $\frac{\pi + 2\pi n}{4}$ , следовательно,  $k$  представляет собой комплексное число

$$k = \sqrt[4]{4\beta^4} \left( \cos \frac{\pi + 2\pi n}{4} + i \sin \frac{\pi + 2\pi n}{4} \right).$$

Придавая  $n$  значения 0, 1, 2, 3, получим четыре корня характеристического уравнения:

$$\begin{aligned} k_1 &= \beta + \beta i; & k_2 &= -\beta + \beta i; \\ k_3 &= -\beta - \beta i; & k_4 &= \beta - \beta i. \end{aligned}$$

Следовательно, общее решение однородного уравнения (6) имеет вид

$$w = C_1 e^{(\beta + \beta i)x} + C_2 e^{(-\beta + \beta i)x} + C_3 e^{(-\beta - \beta i)x} + C_4 e^{(\beta - \beta i)x},$$

или

$$w = e^{-\beta x} (C_2 e^{i\beta x} + C_3 e^{-i\beta x}) + e^{\beta x} (C_1 e^{i\beta x} + C_4 e^{-i\beta x}), \quad (10)$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  — постоянные интегрирования (комплексные).

Применительно к расчету оболочек выражение (10) целесообразно преобразовать следующим образом. Используя формулы Эйлера

$$e^{i\varphi} = \cos \varphi + i \sin \varphi, \quad e^{-i\varphi} = \cos \varphi - i \sin \varphi$$

заменяем показательные функции на тригонометрические, тогда выражение (10) примет вид

$$w = e^{-\beta x} (A_1 \sin \beta x + A_2 \cos \beta x) + e^{\beta x} (A_3 \sin \beta x + A_4 \cos \beta x) + \bar{w},$$

где  $A_1, A_2, A_3, A_4$  — новые постоянные (действительные).

Первое слагаемое, содержащее множитель  $e^{-\beta x}$ , с увеличением  $x$  быстро затухает. Второе слагаемое, содержащее множитель  $e^{\beta x}$ , наоборот, быстро возрастет. Учитывая, что радиальные перемещения  $w$  при больших значениях  $x$  должны оставаться конечными и малыми, можно заключить, что постоянные  $A_3, A_4$  должны быть очень малы. В области, расположенной вблизи от начала координат, вторым слагаемым можно пренебречь, т. е. положить  $A_3 = A_4$ ; тогда

$$w = e^{-\beta x} (A_1 \sin \beta x + A_2 \cos \beta x) + \bar{w}, \quad (11)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  — постоянные, определяемые по граничным условиям при  $x = 0$ .

В таком виде функция  $w$  пригодна для области, расположенной около края при  $x = 0$ . Для области находящейся около второго края второе слагаемое не может быть отброшено, так как множитель  $e^{\beta x}$  принимает очень большие значения.

Однако для второго края можно выбрать новое начало координат, расположив его на втором торце оболочки и направив ось  $Ox$  в противоположную сторону. Тогда можно снова воспользоваться выражением (11) и, определив новые постоянные, получить функцию  $w$  для области, расположенной около второго края оболочки.

Из этих условий, на основании уравнения (4), определяется изгибающий момент  $M_x$  в начальном сечении

$$M_0 = -\frac{Q_0}{2\beta} = \frac{P}{4\beta}.$$

Выражения для  $w, M_t, T_t$  согласно формулам (2) – (5):

$$w = -\frac{pr^2 \beta}{2Eh} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x);$$

$$M_x = -\frac{P}{4\beta} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x);$$

$$M_t = \mu M_x;$$

$$T_t = -\frac{Pr \beta}{2} e^{-\beta x} (\sin \beta x + \cos \beta x); T_x = 0.$$

Эпюры  $w, M_x, T_t$ , построенные при  $r = 100h, \mu = 0,3$ , приведены на рис. 3.

Анализ эпюр внутренних усилий показывает, что при воздействии на оболочку кольцевой нагрузкой тангенциальные напряжения быстро затухают, не распространяясь далеко от места приложения усилия, меридиональные - отсутствуют вовсе. Данное решение дает наглядную картину напряженного состояния в зоне упругой деформации. Можно предположить, что положение не изменится и при переходе материала за предел упругости, т.е. меридиональные напряжения будут отсутствовать при пластической деформации, это подтверждается исследованиями Е.А. Попова [1] для обжима цилиндрических заготовок.

Для уточнения напряженно-деформированного состояния при профилировании цилиндрических заготовок необходимо использовать теорию оболочек, что даст возможность более рационально влиять на очаг деформации с целью получения качественных и изделий.

**Список литературы:** 1. Потехушин Н. Экспериментальное исследование процесса формообразования профилированных ободьев [Текст] / Н. Потехушин // Автомобильная промышленность. – 1977. – № 1. – С. 33–36. 2. Попов Евгений Александрович, Основы теории листовой штамповки [Текст] / Е. А. Попов. – М.: Машиностроение, 1977.- 278 с. 3. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки [Текст] / С.П. Тимошенко, С. Войновский-Кригер. - М.: Наука, 1966. – 635 с.

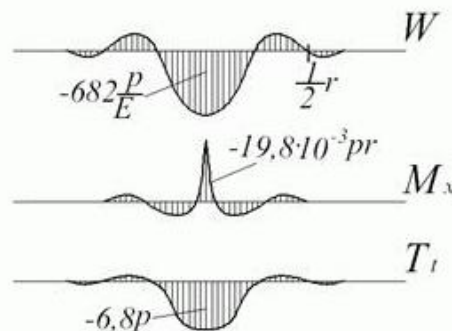


Рис.3. Эпюры внутренних усилий

Поступила в редколлегию 06.12.2011

УДК 621.791.92

**М.Г. ЕФИМЕНКО**, докт.техн.наук, УИПА, Харьков

**О.М. ЛЯПУНОВ**, канд. техн. наук, УИПА, Харьков

## НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ РАБОЧИХ КРОМОК ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Розроблено склад наплавочного матеріалу. Легування виконували шляхом введення легуючих елементів і 30 % відходів від заточки ріжучого інструменту у покриття електродів. Досліджені структура, фазовий склад, вплив ванадію та термічної обробки на твердість. Проведена



промислова апробація наплавочного матеріалу при зміщенні штампового інструменту. Установлена економічна доцільність його використання.

**Ключові слова:** штамповий інструмент, наплавочний матеріал, наплавка, відходи від заточки різцевого інструменту, електродне покриття, твердість.

Разработан состав наплавленного материала. Легирование осуществляли путем ввода легирующих элементов и 30% отходов о заточки резцового инструмена в покрытие электродов. Исследованы структура, фазовый состав, влияние ванадия и термической обработки на твердость. Проведена промышленная апробация наплавленного материала при упрочнении шампового инструмента. Установлена экономическая целесообразность его применения.

**Ключевые слова:** штамповый инструмент, наплавочный материал, наплавка, отходы от заточки резцового инструмента, электродное покрытие, структурные исследования, твердость

Composition of buildig-up material is developed. Alloying was carried out by the input of alloying elements and 30% wastes at sharpening of cutter tools in coverage of electrodes. A structure, phase composition, influence of vanadium and heat treatment on hardness, is probed. Industrial approbation of buildig-up material is conducted at consolidating of stamping tool. Financial viability of his application is set.

**Keywords:** stamping tool, buildig-up material, buildig-up, wastes at sharpening of cutter tool, electrode coverage, structural researches, hardness

Инструменту в кузнечно-штамповочном производстве обрезные, отрезные, вырубные и ковочные штампы, матрицы и др., вышедший из строя по причине образования дефектов (трещины, отколы, выкрашивания, потеря размеров), изготовленные из стали 6ХНТ, 5ХНМ, 5ХНВ и др. рекомендуется восстанавливать путём электродуговой наплавки. Наиболее эффективным является применение для этих целей электродов марок ОЗИ-2, ОЗИ-3, ОЗИ-6. При автоматическом способе наплавки под слоем флюса или полуавтоматическом в среде защитных газов применение проволоки 40ХЗВ10МФГТ, 65ХЗВ10МФГТ и др. Для наплавки поверхностных слоев, контактирующих непосредственно горячим металлом используют сплавы, содержащие кобальт.

Вместе с тем содержание в металле большого количества остродефицитных и дорогих W, Mo, V, Co нивелирует эффект применения восстановительных технологий.

На машиностроительных предприятиях, где используют значительные объёмы резцового инструмента из сталей Р9, Р18, Р6М5, Р9Ф5, а также из сплавов Т15К6, Т30К4, ВК-8 и им подобных скапливается большое количество отходов от заточки. Содержание в образовавшихся отходах значительного количества неметаллического компонента затрудняет их дальнейшее использование.

Целью данного исследования явилось разработка наплавочного материала (наплавочных Электродов) с использованием в качестве легирующей добавки в состав покрытия электродов указанных отходов.

Ставилась задача создания износостойкого наплавочного материала высокой твердости и теплостойкости, способного выдерживать значительные циклические нагрузки. Электрод должен обладать хорошими технологическими свойствами –

легким зажиганием дуги, хорошим формированием шва и отделимостью шлаковой корки, отсутствием порообразования.

### **Методика проведения исследований**

Для исследований изготавливались варианты электродов с покрытием фтористо-кальциевого типа, в качестве раскислителей вводились FeSi, FeMn, FeTi и графит. Карбидообразующие элементы – Cr, V, частично Mo вводились также в виде ферросплавов.

Известно, что присутствие в составе покрытия фтористого кальция дестабилизирует горение дуги [1, 2], резко ухудшает технологические свойства электродов. Для нивелирования отрицательного эффекта в состав покрытия вводился FeTi (3 -5%). Обладая большим сродством к кислороду титан интенсивно раскисляет шлак, повышает термоэмиссионную способность [3], образуя гамму низших оксидов [4], характеризующихся малой работой выхода электронов с поверхности расплавленной ванны. Модифицирование карбидной фазы производили путем введения в состав электродного покрытия 0,5% оксида иттрия. [5] В качестве электродных стержней использовали проволоку СВ-08А. В покрытие вводилось 28 - 32% отходов от заточки резового инструмента.

Как известно, заточку резового инструмента производят на абразивных кругах из карбида кремния. Поэтому основу отходов составляет карбид кремния. Химический состав отходов зависит от химического состава затачиваемого инструмента.

В экспериментах использовали отходы следующего химического состава, мас. % карбид кремния 30 – 40%; карбид вольфрама 7 – 11%; карбид титана 0,7 – 1,2%; углерод ~ 0,1%; карбид молибдена 0,8 – 1,1%; кобальт 0,8 – 1,2%; железо 30 – 40%.

В связи с тем, что химический состав партий отходов различный, для получения прогнозируемого химического состава наплавленного металла в состав покрытия вводились компенсирующие добавки в виде ферросплавов за исключением кобальта.

Экспериментальные электроды изготавливали прессовым способом в промышленном производстве. Диаметр электродов – 4 мм.

Исследованию подвергали наплавленный экспериментальными электродами металл на пластины 100 x 100 x 20 мм. Высота многослойной наплавки  $h = 5 - 7$  мм. Часть пластин с наплавками подвергали однократному и двухкратному отпуску при температуре 560 °С с выдержкой при этой температуре 1 час и последующим охлаждением на воздухе.

Металлографические исследования, замер твердости и микротвердости проводили на темплетах, вырезанных со средней части наплавки.

Карбидную фазу, структурные составляющие изучали рентгенографическим методом.

### **Результаты исследований**

Для исследований за основу был принят один из вариантов разработанного сплава химического состава (%, мас): C = 0,7 – 0,8; Mn = 0,4 – 0,6; Si = 2,3 – 2,5; Cr = 1,0 – 1,4; Mo = 2,8 – 3,0; W = 2,0 – 2,4; V = 1,3 – 1,6; Ti = 0,1 – 0,15;

Co = 0,2 – 0,4; S, P ≤ 0,001; Y – следы; Fe – остальное.

Известно, что введение в состав вольфрамомолибденовых сталей ванадия приводит к измельчению зеренной структуры [6], повышает жаропрочность и твердость при отпуске [7].

Для определения оптимального содержания ванадия исследовалось его влияние на изменение твердости наплавленного металла.

Исследованиями установлено, что введение в экспериментальный материал ванадия приводит к монотонному повышению твердости и (рис. 1, кривая 1) вместе с тем при повышении его содержания начиная с 2% приводит к ухудшению обрабатываемости наплавленных слоев механическим способом, в связи с чем максимальное содержание его в наплавочном материале, который подвергался дальнейшим исследованиям было ограничено 1.6 %

Микроструктура после наплавки представлена мартенситом, избыточными карбидами, расположенными как по границам зерен в виде сетки (рис. 2,а), так и внутри зерен и незначительным количеством  $\delta$ -феррита.

Рентгенографическим анализом выявлено наличие карбидов  $W_2C$ ,  $Mo_2C$ , эвтектики  $\Sigma W + Mo$  и  $\sim 10 - 12$  % аустенита. Твердость наплавленного металла 51 – 52 HRC. Микротвердость матрицы  $H_{\mu 50} 360 - 380$ . Однократный отпуск привел к увеличению твердости до 56 – 57 HRC (рис.1, кривая 2). В микроструктуре металла увеличилось количество игольчатого мартенсита (качественный анализ) и уменьшилось количество аустенита до 6 – 7 %. Повторный отпуск по указанному режиму привел к дальнейшему, хотя и незначительному росту твердости (рис.1, кривая 3), и уменьшению аустенита до 4% и, соответственно, увеличению доли мартенсита. Повышение твердости объясняется увеличением количества карбидной фазы и образование с ложных

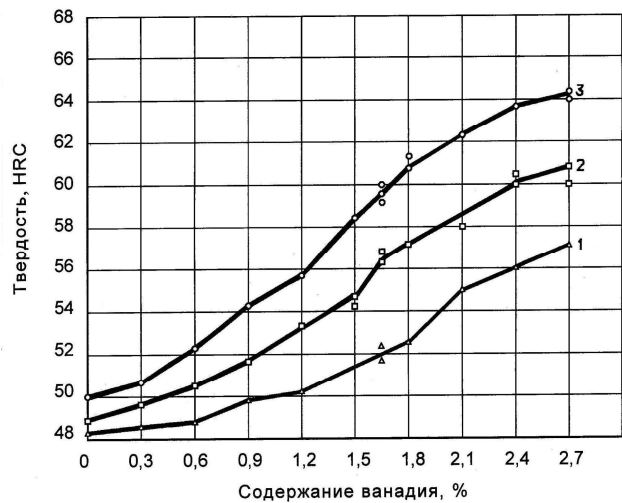


Рис. 1. Влияние содержания ванадия на твердость металла: 1 – после наплавки; 2 – после отпуска при 560 °С, 1 час; 3 – после повторного отпуска 560 °С, 1 час

карбидов с участием ванадия. Пограничная контрастная сетка карбидов после повторного отпуска становится размытой (рис.2, б). Приведенный эффект вторичной закалки согласуется с данными, описанными в работе [7].

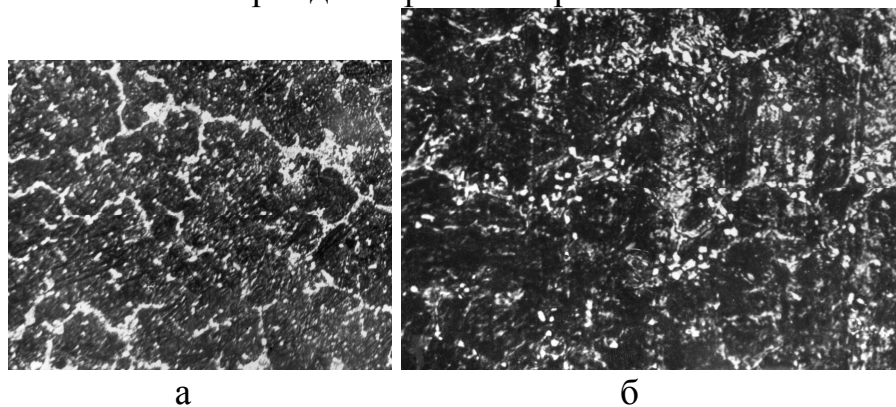


Рис. 2. Микроструктура наплавленного металла: а – после наплавки; б – после термообработки. х 500

Таким образом двухкратный отпуск металла в состоянии после наплавки является оптимальным вариантом, так как обеспечивает высокую твердость, а незначительное содержание остаточного аустенита необходимую пластичность.

Производственной проверке на ГП «Завод им. Малышева» подвергались обрезные штампы, матрицы из сталей 40X, 45, 5XНМ, 5XНВ с наплавленными рабочими кромками. После наплавки (рис. 3 а) кромки обрабатывались абразивным инструментом, а после двухкратного отпуска проводилась доводка режущих кромок до требуемого размера (рис. 3,б). При сравнении стойкости установлено, что срок службы матриц при холодной обрезке обля, изготовленных из стали 40X и упрочненным разработанным сплавом в 3 -5 раз выше, чем матриц из стали 5XНМ. Стойкость наплавленных матриц при горячей обрезке обля ещё выше (в 6 -8 раз). Материал и технология упрочнения штампового инструмента внедрены в промышленном производстве.

### Выводы

Экспериментально показана и практически подтверждена возможность и целесообразность

использования

отходов от заточки

твердосплавного

резцового инструмента

в наплавочных

материалах,

применяемых для

упрочнения рабочих

кромки штампового

инструмента.

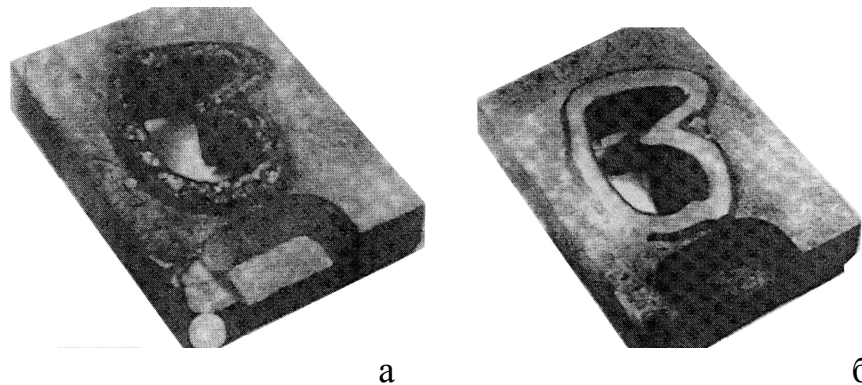


Рис. 3. Обрезная матрица из стали 45 с упрочненной рабочей поверхностью: а – после наплавки; б – после двухкратного отпуска и механической обработки

**Список литературы:**1. Шафранский Л.Г., Абрашин А.В. Денонизирующее влияние плавикового шпата при сварке электродами фтористо-кальциевого типа. // Сварочное производство. – 1974. – № 12. – С. 12. 2. Tsuboi J., Sasaki H. Interruption Mechanism of the Covered Elektrode-Arc. // Trans. Jap. Weld. Soc. – 1971. – 2, N 2. – P.62 – 69.3. Металлургия дуговой сварки: Процессы в дуге и плавление электродов / И.К. Походня, В.Н. Горпенюк, С.С. Миличенко и др.: Под ред. И.К. Походни; АН УССР, ИЭС им. Е.О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1990. – 224 с.4. Денисов С.И. Электротермия титановых шлаков. – М.: Металлургия, 1970. – 174 с.5. Ефименко Н.Г. Модифицирование, рафинирование и легирование иттрием применительно к сварке сталей. // Автомат. сварка. – 2002. – № 6. – С. 26 – 27.6. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.7. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумели Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. – М.: Машиностроение, – 1969. – 260 с.

Поступила в редакцию 06.12.2011

**М.К. КНЯЗЕВ**, канд. техн. наук, доц., НАКУ «ХАИ», Харьков  
**Я.С. ЖОВНОВАТЮК**, науч. сотр., НАКУ «ХАИ», Харьков  
**В.Ю. БЕСПАЛЫЙ**, инж., НАКУ «ХАИ», Харьков  
**М. МАРАИ**, маг., НАКУ «ХАИ», Харьков

## **ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНАЯ ШТАМПОВКА ГЛУБОКИХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ЛОКАЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ БОЛЬШОЙ КРИВИЗНЫ**

Выполнен анализ деформирования листовой заготовки при ее изготовлении способом электрогидроимпульсной штамповки (ЭГШ). Проведено экспериментальное исследование применимости различных специальных технологических способов при глубокой штамповке-вытяжке и калибровке локальных элементов способом ЭГШ. Сформулированы рекомендации по применению рассмотренных специальных технологических способов.

Виконано аналіз деформування листової заготівки під час її виготовлення способом електрогідроімпульсного штампування (ЕГШ). Проведено експериментальне дослідження можливості застосовування різних спеціальних технологічних способів для глибокого штампування-витягування та калібрування локальних елементів способом ЕГШ. Сформульовано рекомендації із застосовування розглянутих спеціальних технологічних способів.

Deformation analysis of sheet blank during its manufacturing by electrohydraulic impact forming (EHF) was made. Experimental investigation of manufacturing techniques applicability for EHF deep-drawing and local elements calibration was realized. Recommendations of manufacturing techniques application were given.

### **1. Анализ проблемы**

Способ ЭГШ относится к импульсным методам обработки с нежесткой передающей средой и поэтому он отличается от традиционной штамповки в инструментальных штампах механизмом деформирования листовой заготовки. При традиционной глубокой вытяжке жесткий пуансон плотно прилегает к поверхности заготовки, что создает большие силы трения, предотвращающие деформацию центральной зоны заготовки. В дальнейшем центральная зона лишь немного деформируется к концу процесса вытяжки.

При штамповке с нежесткой передающей средой листовая заготовка не соприкасается с жесткими поверхностями вплоть до конца процесса, что сопровождается возникновением напряжений растяжения, очень высокими в центральной зоне, в то время как на периферию воздействуют напряжения растяжения и сжатия. Это приводит к значительному утонению заготовки вдоль радиуса с максимумом в центральной точке, что снижает пластичность материала.

Эти различия двух методов штамповки (с жестким и нежестким инструментом) очевидны при производстве полусферических деталей (рис. 1).

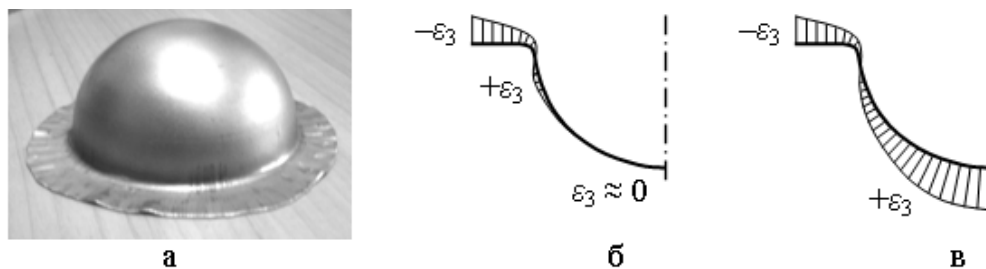


Рис. 1. Полусферическая листовая деталь (а) и схемы распределения утонений ( $\varepsilon_3$ ) при традиционной штамповке в инструментальных штампах (б) и при ЭГШ (в)

При дальнейшей штамповке способом ЭГШ локальных донных элементов малого радиуса листовой детали материал терпит разрыв вследствие низкой способности к пластическому деформированию.

Целью данной работы является исследование различных технологических способов, применяемых при ЭГШ, для обеспечения достаточной пластичности листового материала вдоль донных элементов для дальнейшего формообразования локальных элементов большой кривизны без разрывов.

## 2. Экспериментальное исследование

Существуют различные специальные технологические методы при ЭГШ позволяющие предотвратить чрезмерное утонение листового металла в центральной зоне заготовки и обеспечить достаточную пластичность для дальнейшего формообразования локальных элементов: реверсивная штамповка-вытяжка с использованием дополнительной оснастки; оптимизация полей давления; оптимизация формы заготовки; применение ковриков и другие.

Для проведения технологических исследований выбраны две алюминиевые детали «отражатель светильника» с локальными элементами большой кривизны. Эти листовые детали имеют похожие геометрические параметры (длина, ширина, глубина, ширина фланцев, толщина стенок), однако отличаются ориентацией локальных элементов: у первой детали ребра расположены перпендикулярно линии симметрии, а у второй – параллельно. Эти конструктивные особенности позволяют определить общие и частные особенности проектирования процесса производства данных деталей способом ЭГШ.

Эксперименты проведены на экспериментальной электрогидравлической установке УЭГШ-2, оборудованной конической разрядной камерой с одной парой электродов и генератором импульсных токов с рабочим напряжением до 40 кВ.

### 2.1 Схема эксперимента

Все эксперименты выполнялись с помощью разрядной камеры с конической отражающей поверхностью (рис. 2). Прижимная плита 7, переходная плита 5 и резиновая диафрагма 6 (сухой процесс) прикреплялись к фланцу камеры шпильками. Центровка камеры с прижимной плитой относительно матрицы 9 осуществлялась двумя штифтами. Толщина прижимных плит

и глубины матриц обеих деталей примерно равны и, следовательно, дистанции от разрядного канала до плоской заготовки и дна матрицы также примерно одинаковы. Разрядный промежуток (расстояние между концами электродов) также выдерживался примерно равным для всех экспериментов и равнялся 20 мм. Данный размер промежутка обеспечивает высокую эффективность разряда в широком диапазоне зарядных напряжений (от 12 кВ до 30 кВ). Емкость зарядного контура составляла 33,2 мкФ с получаемой энергией разряда от 2,4 кДж до 14,9 кДж.

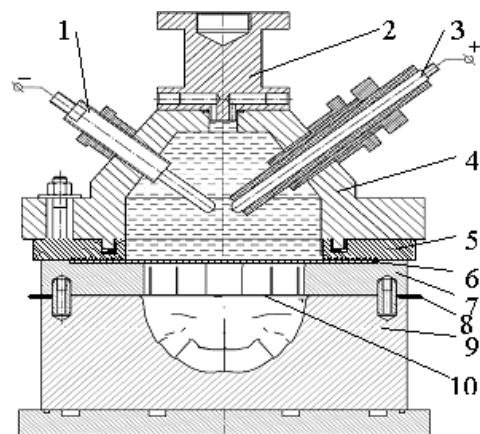


Рис. 2. Схема эксперимента для ЭГШ отражателей светильника: 1. Массовый (отрицательный) электрод; 2. Проставка для подачи воды и удаления воздуха; 3. Изолированный (положительный) электрод; 4. Разрядная камера; 5. Переходная плита; 6. Резиновая диафрагма; 7. Прижимная плита; 8. Установочный элемент; 9. Матрица; 10. Листовая заготовка

## 2.2 Реверсивная штамповка с применением дополнительной оснастки

Первым подходом к решению проблемы чрезмерного утонения центральной части заготовки было применение предварительной матрицы, которая позволяет осуществить процесс глубокой вытяжки и сформировать центральный выступ на заготовке без его существенного утонения (рис. 3). Большие силы трения вдоль контактных поверхностей выступа матрицы и заготовки предотвращают большое утонение. На следующем этапе штамповки в окончательную матрицу выступ на заготовке выворачивается давлением и происходит формовка и калибровка локальных элементов без разрывов.

Применение предварительных матриц также оправдано в случае слишком малого для глубокой вытяжки перетяжного радиуса.

Для дальнейших экспериментов применяли традиционную глубокую вытяжку в матрицу окончательной формы.

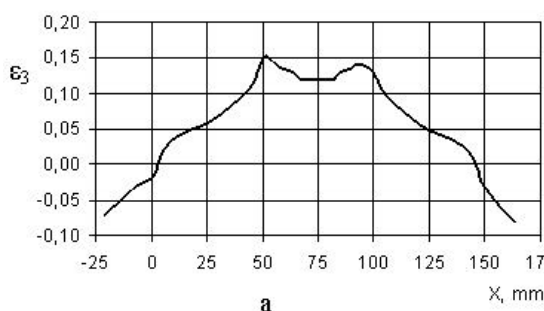


Рис. 3. Распределение утонений  $\epsilon_3$  вдоль среднего сечения (а) и заготовка (б), отштампованная по предварительной матрице

## 2.3 Оптимизация полей давления

Влияние на распределение давления, создаваемого разрядной камерой с одной парой электродов, по поверхности заготовки определяется следующими факторами: формой выходного отверстия; формой отражающих поверхностей; расположением электродов относительно выходного отверстия и отражающих поверхностей; расстоянием от электродов до заготовки и т.д. При использовании

многоэлектродных разрядных блоков имеются более гибкие средства управления полем давления: схема подключения электродов, энергия, выделяемая в каждом разрядном промежутке и другие [1].

Все эти факторы в данной работе постоянны, за исключением относительного положения (ориентации) канала разряда (определяемого положением электродов) по отношению к продольной оси матрицы (штампующей детали).

Проведенные ранее эксперименты по измерению полей давления многоместными мембранными датчиками давления (рис. 4), показали, что максимальные значения генерируются каналом разряда вдоль поперечного сечения, проходящего через среднюю точку (координата  $y = 0$ ). Распределение давления вдоль оси электродов неравномерно с малыми значениями непосредственно под электродами (зоны затенения).

Испытывали две схемы: 1) с ориентацией оси электродов вдоль оси симметрии матрицы и 2) с перпендикулярной ориентацией. Первая схема оказалась лучшей в связи с более предпочтительным распределением давления для эллиптической конфигурации штампующих деталей.

#### 2.4 Оптимизация формы заготовки

Форма заготовки (ширина фланцев заготовки вдоль вытяжных поверхностей матрицы) сильно влияет на процесс глубокой вытяжки. Чем больше ширина фланца, тем труднее деформирование материала фланца (втягивание в полость матрицы) с дальнейшим образованием участков листовой заготовки, более расположенных к избыточному растяжению.

В результате это приводит к недопустимому утонению листового материала. Обе исследуемые детали имеют сравнительно широкий конструктивный фланец, и эта дополнительная ширина еще более усложняет процесс глубокой вытяжки.

Задача состоит в том, чтобы организовать процесс таким образом и выбрать заготовку такой формы, чтобы максимально подать листовой материал в полость матрицы (избегая складкообразования) и, по возможности, сохранить начальную толщину листа для формообразования локальных элементов.

По форме заготовки для обеих деталей близки к эллипсу, но с разными радиусами по обоим концам длинной оси. При отработке процесса размеры заготовки и ее расположение изменялись много раз, т.е. вопрос правильного расположения заготовки оказался очень важным. В серийном производстве эта

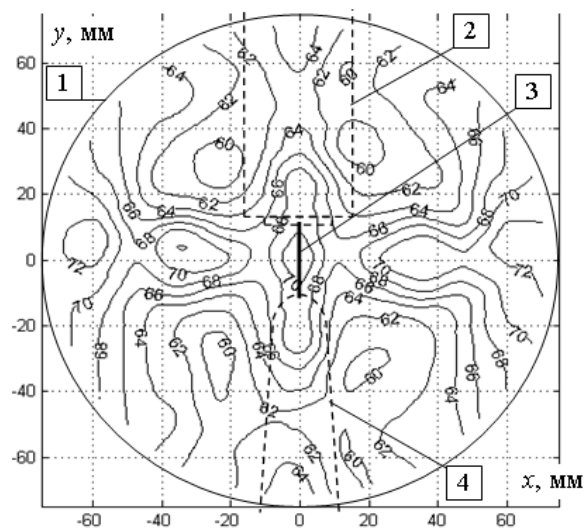


Рис. 4. Типовое поле давления (МПа), создаваемое конической разрядной камерой: 1. Контур выходного отверстия; 2. Изолированный (положительный) электрод; 3. Канал разряда; 4. Массовый (отрицательный) электрод



проблема обычно решается изготовлением ступеньки вокруг плоской вытяжной поверхности матрицы. В экспериментальной штамповке широко используются рамочные шаблоны. Оба типовых решения по установке заготовки довольно дорогие. В этой работе было разработано и апробировано установочное приспособление из двух тонких призм (V-образной формы) (см. рис. 2, поз. 8). Толщина призм равна толщине листовой заготовки (для предотвращения влияния на процесс глубокой вытяжки) и их положение определялось формой, размерами и желаемым расположением заготовки. Призмы обычно используются при обработке резанием для установки круглых или фасонных поверхностей с достаточно большой площадью (большой толщиной заготовки). Авторы испытали V-образные призмы для тонколистовых заготовок и получили положительные результаты.

Процесс оказался очень чувствительным к точности заготовки. Так, при отклонениях размеров заготовки  $\pm 2$  мм, детали часто оказывались бракованными. Повышение точности до  $\pm 1$  мм значительно увеличило количество годных деталей.

Все экспериментальные работы, связанные с формой, размерами и расположением заготовки позволили получить хороший процесс глубокой вытяжки и окончательную ширину фланцев, сравнимую с конструктивными фланцами для обеих деталей.

### 2.5 Применение ковриков

У первой детали ребра (локальные элементы малого радиуса – 1 мм) расположены по дну перпендикулярно оси симметрии. Такое расположение ребер не препятствует процессу глубокой вытяжки и поэтому донная часть заготовки имела достаточную толщину и пластичность для формовки и калибровки малых радиусов без разрывов.

Во второй детали ребра расположены, в основном, вдоль боковых стенок. Боковые ребра в матрице создают препятствия для подачи материала фланца в полость матрицы. Таким образом, на этих участках заготовки возникало чрезмерное утонение и разрывы на стадии формовки и калибровки ребер.

С целью решения данной проблемы применен другой технологический способ – установка резинового коврика на ребра в матрице (рис. 5), позволяющий выполнить процесс глубокой вытяжки (резина не создает больших сил трения) и сформировать предварительную форму ребер с большими радиусами и достаточной толщиной листа в этом месте. Дальнейшая формовка и калибровка доказали эффективность данного решения: окончательно ребра получены без разрывов.

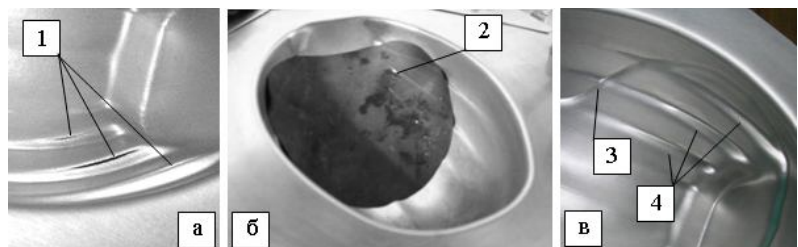


Рис. 5. Участок отштампованной детали с разрывами вдоль ребер (а), резиновый коврик в полости матрицы над ребрами (б) и участок детали, отштампованный с резиновым ковриком (в): 1. Разрывы; 2. Резиновый коврик; 3. Ступенька, образованная ковриком; 4. Ребра большего радиуса на заготовке

### **3 Анализ результатов экспериментов**

Применение дополнительной оснастки для реверсивной штамповки доказало свою эффективность. Утонение в центре заготовки (используемой для формообразования ребер) небольшое (см. рис. 3). Два пика по утонению  $\varepsilon_3 \leq 0,15$  возникли из-за взаимного воздействия напряжений растяжения и изгибающего момента на радиусах бобышки матрицы, однако такие значения не критичны для высокопластичного алюминиевого листа. Однако дополнительная оснастка требует дополнительных производственных затрат.

В разрядных камерах с одной парой электродов возможности управления распределением давления ограничены. В данной работе оптимизация поля давления осуществлялась за счет выбора правильного расположения электродов (канала разряда) относительно оси симметрии полости матрицы. Также для управления распределением давления могут использоваться отражатели и концентраторы ударных волн и гидротоков.

Существующие способы проектирования формы и размеров заготовки не дают точных результатов. Поэтому для каждого процесса штамповки, особенно при ЭГШ, технологи вынуждены опытным путем подбирать ее форму и размеры для обеспечения высокой стабильности процесса глубокой вытяжки и, следовательно, высокого качества листовых деталей. При ЭГШ процесс глубокой вытяжки чувствителен к форме и точности заготовки и ее расположению относительно полости матрицы. V-образные призмы, разработанные и апробированные авторами, показали свою полезность и пригодность для точной установки заготовки плавного эллиптического контура.

Хорошим решением является применение резиновых ковриков, позволяющих избежать изготовления дополнительной матрицы (и дополнительных расходов) с большими радиусами по локальным элементам (в нашем случае – ребрам) для предварительной штамповки этих элементов без разрывов.

Результаты испытаний специальных технологических способов позволили настроить процесс штамповки и изготовить листовые детали без разрывов и с удовлетворительным распределением утонений (рис. 6). Максимальное утонение по генеральной форме, за исключением ребер, достигло относительно небольшого значения 0,3 (при условии использования вышерассмотренных способов), а максимальное утонение 0,52 по локальным элементам расположено на перегибе ребер (вертикальные элементы). Здесь также необходимо принять во внимание эффект сверхпластичности [2].

### **4 Выводы**

Список специальных технологических способов, рассмотренных в данной работе, неполон и может быть значительно расширен. Однако даже этот ограниченный набор технологических способов позволяет изготовить ЭГШ

качественные листовые детали сравнительно большой глубины с локальными элементами малого радиуса. Однако не стоит забывать, что данная технология экономически эффективна в единичном и мелкосерийном производстве. Дальнейшие технологические исследования связаны с формообразованием металлических листов с большой степенью деформации, изменениями пластичности металлов, методами предотвращения перегрева листовых металлов из-за нагрева быстро сжимаемого воздуха.

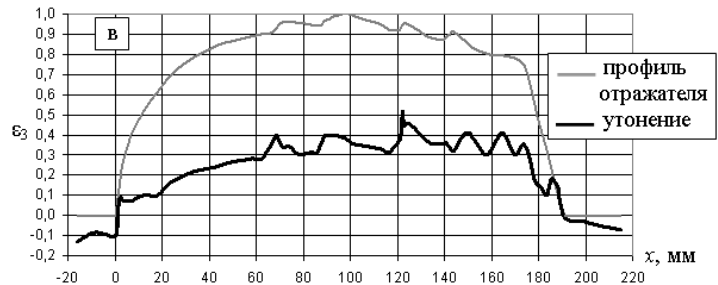
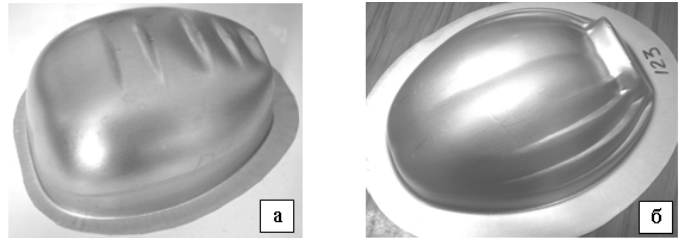


Рис. 6. Окончательные формы отражателей светильника с поперечными ребрами (а) и продольными ребрами (б) и распределение утонений  $\varepsilon_3$  в продольном сечении детали с поперечными ребрами (в)

**Список литературы:** 1. *Knyazyev M.K.* Measurements of Pressure Fields with Multi-Point Membrane Gauges at Electrohydraulic Forming / *M.K. Knyazyev, Ya.S. Zhovno-vatyuk* // Proceedings of the 4th International Conference on High Speed Forming, March 9-10 [2010]. – Columbus, Ohio, 2010. – P. 75-82. 2. *Thomas J.D.* Forming Limits for Electromagnetically Expanded Aluminum Alloy Tubes: Theory and Experiment / *J.D. Thomas, M. Seth, G.S. Daehn, J.R. Bradley, N. Triantafylidis* // Acta Mater. – 2007. – No. 55. – P. 2863-2873.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

УДК 620.22:669.24

*А.В. КОРОБКО*, ст. преп., ЗНТУ, Запорожье

### К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МАРКИ ВОЛОКОН ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ЛИСТОВЫХ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТОВ, ФОРМИРУЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫМ МЕТОДОМ

Осуществлен анализ проволок из высокожаропрочных тугоплавких металлов и сплавов на их основе для упрочнения композиционных материалов с металлическими матрицами, применяемых для изготовления тонкостенных насадков сопловых блоков ракетных двигателей. Показано, что в качестве армирующих волокон целесообразно использовать отожженную вольфрамовую проволоку марки ВР273ВП.

Проведено аналіз дроту із високожароміцних металів і сплавів на їх основі для зміцнення композиційних матеріалів з металевими матрицями, які використовуються для виготовлення тонкостінних насадків соплових блоків ракетних двигунів. Показано, що у якості армуючі волокон доцільно використовувати відпалений вольфрамовий дріт марки ВР273ВП.

The analysis of high-temperature wire of refractory metals and their alloys for hardening of composite materials with metal matrices used for the manufacture of thin-walled nozzles blocks of rocket engines. It is shown that as the fiber reinforcement is advisable to use annealed tungsten wire VR273VP brand.

## Введение

Повышение эксплуатационных характеристик летательных аппаратов различного назначения в значительной степени зависит от использования в конструкции их основных узлов и блоков новых, легких, недефицитных, термопрочных, теплозащитных и термоэразионных материалов. К таким материалам можно отнести, разрабатываемые в настоящее время композиционные материалы с металлическими матрицами и армирующими тугоплавкими волокнами, надежно работающие при высоких температурах в потоке горячих газовых сред. Данные металлокомпозиты превосходят по своим удельным характеристикам аналогичные показатели традиционных жаропрочных сплавов, что позволяет значительно снизить массу конструкций и повысить эффективность работы тепловых двигателей.

Одним из компонентов волокнистых металлокомпозитов, во многом определяющим их физико-механические свойства, являются армирующие волокна. Для эффективного упрочнения волокно должно быть прочнее и жестче матрицы, передающей основную нагрузку на него. Критерием при выборе армирующих волокон являются такие основные требования [1], как: высокие модуль упругости и температура плавления; повышенная жаропрочность; низкий удельный вес и достаточная пластичность. При этом волокна должны быть совместимы с материалом матрицы, не растворяться в нем во время формирования металлокомпозита; обладать хорошей смачиваемостью раствором металла матрицы; быть химически стабильными в процессе изготовления и эксплуатации композиции. Армирующие волокна из высокожаропрочных тугоплавких металлов, таких как вольфрам, молибден и сплавов на их основе в наиболее полной мере удовлетворяют предъявляемым физико-механическим требованиям.

В свою очередь большое значение при изготовлении тонкостенных насадков методом обработки давлением имеют технологическая пластичность и высокотемпературная прочность вольфрамовых и молибденовых сплавов, из которых изготовлены армирующие волокна. Поэтому при выборе волокон осуществлен обзор работ, направленных на увеличение прочности и улучшение технологических характеристик такого типа волокон.

Так, в работе [2] показано, что прочность вольфрамового сплава повышается на высоких температурах при увеличении в нем содержания углерода до 0,1% масс.

При исследовании металлокерамического вольфрама [3] после термообработки со скоростным электронагревом установлено, что при отжиге  $1765^{\circ}\text{C}$  повышается его относительное удлинение примерно в шесть раз при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ , однако прочность при этом снижается в два раза.

В работе [4] установлено, что увеличение окислов тория и циркония в составе вольфрамовых сплавов до 8% объема приводит к непрерывному снижению температуры перехода в хрупкое состояние этих сплавов как после отжига  $1300^{\circ}\text{C}$ , так и после рекристаллизации при  $1800^{\circ}\text{C}$ . В то же время окислы тория и циркония являются неметаллическими включениями, и повышение их содержания увеличивает склонность вольфрамовых сплавов к расслоению, что

приводит к снижению прочности композиционного материала в направлениях отличных от направлений упрочняющих волокон.

Путем оптимизации технологического режима получения вольфрам-ториевых сплавов можно добиться уменьшения их склонности к расслоению [5-8], что положительно влияет на технологическую пластичность и прочность композиционного материала в направлениях, несовпадающих с направлением упрочняющих волокон.

При достаточно большом количестве научных разработок, проволоки из металлокерамических вольфрам-ториевых сплавов все же не обладают достаточной прочностью в поперечном направлении, в связи с чем не могут быть использованы для армирования деталей типа насадков.

Особый интерес вызывает использование в качестве армирующих волокон ренийсодержащих вольфрамовых и молибденовых сплавов, обладающих [9] уникальным сочетанием прочностных и пластических свойств.

### Результаты исследований

На рисунке приведены графики зависимости температур начала разупрочнения (кривые 1-3) и температур достижения максимальной пластичности (кривые 4-6) холоднодеформированных вольфрам (ВР27ЗВП, ВРМК) и молибденрениевых (МР47ЗВП) сплавов от времени скоростного нагрева. Из кривых видно, что в случае ренийсодержащих молибденового и вольфрамовых сплавов различной металлургической природы, после предварительной скоростной тепловой обработки, имеет место временной порог (0,05-0,15 с), при котором достигаются максимальные температуры начала разупрочнения и температуры наибольшей пластичности исследуемых сплавов.

В то же время характер изменения прочностных и пластических характеристик предварительно отожженных проволок исследованных марок после импульсных нагревов существенно отличаются от холоднодеформированных неотожженных проволок. Так, в исходном состоянии, отожженные проволоки обладают максимальной пластичностью при более низких значениях кратковременной прочности. При этом импульсные нагревы вплоть до температур предварительного отжига практически не оказывают никакого влияния на значение остаточной прочности и пластичности. В то же время волокна из сплавов ВР27ЗВП и МР47ЗВП сохраняют свою пластичность после импульсных нагревов вплоть до

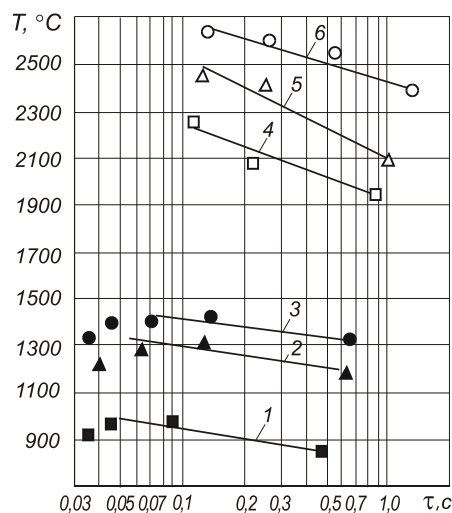


Рис. Зависимость температур начала разупрочнения и максимальной пластичности вольфрамовых и молибденовой проволок от времени нагрева: 1 и 4 – МР47ЗВП; 2 и 5 – ВРМК; 3 и 6 – ВР27ЗВП; (кривые 1, 2, 3 характеризуют спад температур начала разупрочнения; 4, 5, 6 – спад температур максимальной пластичности)

температур плавления, в отличии от отожженной проволоки ВРМК, которая охрупчивается уже после импульсных нагревов до температур свыше 2000<sup>0</sup>С.

### **Выводы**

Таким образом, установлено, что в качестве армирующих волокон наиболее целесообразно использовать отожженную вольфрамрениевую проволоку марки ВР273ВП, имеющую сравнительно равные удельные механические характеристики с проволокой из молибденрениевого сплава МР473ВП, но содержащую в своем составе меньшее количество (в 1,7 раза) дефицитного рения и характеризующейся большим модулем упругости.

**Список литературы:** 1. *Савицкий Е.М.* Металловедение сплавов тугоплавких и редких металлов / Е.М.Савицкий, Г.С.Бурханов. – М.: Наука, 1971. – 354 с. 2. *Подъячев В.Н., Гаврилюк М.И.* Влияние углерода на прочность вольфрама при высоких температурах // Проблемы прочности. – 1975. – № 12. – С. 81–83. 3. *Богатырев Ю.М.* Скоростная электротермическая обработка тугоплавких металлов в вакууме // Термообработка при индукционном нагреве. – М.: Металлургия. – 1968. – С. 86–90. 4. *Ratliff I.L.* Tungsten sheet alloys with improved low-temperature ductility Trans Metallurg / I.L.Ratliff, D.I. Maykuth, H.R. Olden // Soc. AIME. – 1964. – Vol.230, № 3. – P. 490–800. 5. Влияние повышенного содержания тугоплавкого окисла на технологические и механические свойства вольфрамового сплава. / Нецик А.Я., Виниченко В.С., Ястребова О.Ф., Кесаев Т.М. // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий.: Всесоюзн. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Запорожье: ЗМИ. – 1978. – С. 15–16. 6. Исследование взаимосвязи между выходом годного и металлургическими факторами при производстве вольфрамо-рениевого материала / Виниченко В.С., Тюпа С.С., Нецик А.Я., и др. // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий.: Всесоюзн. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Запорожье: ЗМИ. – 1978. – С. 50–51. 7. *Кесаев Т.М., Виниченко В.С., Натапова А.Б.* Повышение пластичности прутков из порошковых вольфрамовых сплавов, упрочненных частицами ThO<sub>2</sub> // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий.: Всесоюзн. науч.-техн. конф., 3-5 сентября 1980 г.: тезисы докл. – Запорожье: ЗМИ. – 1980. – С. 54–55. 8. К вопросу об оптимизации процесса получения вольфрамо-ториевых заготовок. / *Виниченко В.С., Тюпа С.С., Нецик А.Я., Ястребова О.Ф., Ольшанецкий В.Е., Кесаев Т.М.* // Новые конструкционные стали и сплавы и методы их обработки для повышения надежности и долговечности изделий.: Всесоюзн. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Запорожье: ЗМИ. – 1978. – С. 48-49. 9. *Лавренко А.С.* Разупрочнение холоднодеформированного вольфрама при скоростном нагреве / А.С. Лавренко, В.Е. Ольшанецкий, Б.С. Натапов // Физика металлов и металловедение. – 1981. – Т. 51, № 5. – С. 1029–1036.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 66.074**

*І.В. ПИТАК*, канд. техн. наук, доц., НТУ “ХП”, Харків

*А.Ю. МАСІКЕВИЧ*, канд. техн. наук, доц., НТУ “ХП”, Харків

*В.Ф. МОІСЕЄВ*, канд. техн. наук, НТУ “ХП”, Харків

### **ВИКОРИСТАННЯ МАСООБМІННОГО КОНТАКТНОГО ЕЛЕМЕНТУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ В ВУГІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

В статті пропонується розглянути інтенсифікацію процесів абсорбції, які мають велике розповсюдження в хімічній, вугільній та в інших областях промисловості. В статті описана конструкція апарату з тороїдальним контактним елементом, який дозволяє значно підвищити ступінь абсорбції або пилоочистки завдяки високому ступеню турбулізації реакційних потоків.

В статье предлагается рассмотреть интенсификацию процессов абсорбции, которые имеют большое распространение в химической, угольной и других областях промышленности. В статье описана конструкция аппарата с тороидальным контактным элементом, который позволяет значительно повысить степень абсорбции или пылеочистки благодаря высокой степени турбулизации реакционных потоков.

In a paper it is offered to consider intensification of processes of absorption having a wide spread occurrence in chemical, coal and other fields (areas) of an industry. In a paper the construction of the kettle with a toroidal contact device permitting considerably is circumscribed to raise (increase) a degree of absorption or gas purifying due to a high scale turbulisation of reactionary streams.

Прискорений розвиток промисловості збільшує проблеми забруднення навколишнього середовища, у тому числі повітряного басейну [1-2].

У процесі свого розвитку вугільна промисловість зштовхнулася з необхідністю рішення ряду проблем, а саме, необхідністю підтримки чистоти навколишнього середовища, скорочення витрат енергії при проведенні окремих процесів і т.п. У зв'язку з цим виникла задача розробки нових способів утилізації відходів, удосконалення процесів з метою скорочення енерговитрат, зниження витрат й утилізації сировинних компонентів.

Вугільна промисловість України на даний час переживає кризу, що пов'язана наступними причинами:

- організаційними - відсутністю фінансування в останні 10 - 15 років;
- гірничо-геологічними - вимушеним переходом на більшості шахт на обробку запасів у шарах потужністю менш 1 м;
- соціальними - необхідністю підвищення оплати праці підземного персоналу і соціальних доплат за шкідливі і тяжкі умови;
- технічними - недостатньою оснащеністю підготовчих і очисних вибоїв високопродуктивною технікою.

Велика різноманітність джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу, що відрізняються по природі і концентрації шкідливих речовин, температурі, тиску,

періодичності і тривалості викиду, визначають вибір раціонального методу й устаткування для очищення газів.

Підземний видобуток найчастіше викликає порушення в екосистемі, що виявляються в змінах газового, геохімічного, водяного і термічного режиму геологічних формацій і мікроклімату регіону, які вносять визначену частку в причини глобальної зміни клімату на Землі. Регіональні зміни в екосистемі під впливом видобутку вугілля відбуваються у всіх середовищах і їх можна класифікувати в такий спосіб: [3]

-аеродинамічні, які супроводжуються зміною динамічних характеристик повітряних потоків;

-гідрогеологічні, викликані змінами умов міграції і запасів підземних і ґрунтових вод;

-геохімічні, викликані порушеннями відпрацьованих породних товщ;

-біометаморфічні, що характеризуються різними формами змін в рослинному і тваринному світі.

Отже, найважливішою задачею в розвитку й удосконалюванні вугільної промисловості Донбасу є розробка і широке впровадження таких прогресивних технологічних схем видобутку і переробки вугілля, при яких співвідношення між негативними аспектами діяльності шахт на екологічну рівновагу в промисловому регіоні, з одного боку, і техніко-економічними показниками вуглевидобутку, з іншого, повинне бути оптимальним у загальнодержавному масштабі.

Таблиця. Показники викидів

Показники	Український Донбас		Львівсько-Волинський басейн	
	1980 р.	1993 р.	1980 р.	1993 р.
Кількість шахт	364	266	21	12
Видобуток вугілля, млн.т/рік	222,6	115,7	14,5	8,0
Викид CH <sub>4</sub> , млн.м <sup>3</sup> /рік	$\frac{3870^*}{780}$	$\frac{2740}{441,4}$	$\frac{112}{20}$	н.д.
Викид CO <sub>2</sub> , млн.м <sup>3</sup> /рік	1200	690	20	12,5
Викид пилу, тыс.т/рік	7,5	4,7	0,4	0,25
Вихід породи, млн.т/рік	67	64,5	3,6	2,2

\* у чисельнику - обсяг метану, що виділився в шахтах; у знаменнику - обсяг каптированого дегазаційними системами метану.

Із шахт Донбасу на кожні 1000 т. добутого вугілля на поверхню надходить від 1 до 12 кг вугільного і породного пилу, 50 - 570 тис.м<sup>3</sup> метану, 7,5 - 15,0 тис. м<sup>3</sup> діоксиду вуглецю і близько 5,5 тис. м<sup>3</sup> окислів азоту (при горінні стовбурів і при підричних роботах), 1,5 - 9,0 тис. м<sup>3</sup> шахтних вод і 300 - 800 т. породи.

Кількість породних відвалів на шахтах Донбасу складало в 1985 р. - 1260, у 1982р. - 1200.

В арсеналі техніки захисту повітряного басейну від забруднення мають численні абсорбційні, адсорбційні, каталітичні, термічні й інші методи санітарного очищення газів. Питання складається в правильному виборі й економічному обґрунтуванні обраного методу [4-7].



Тому на сучасному етапі для більшості промислових підприємств санітарне очищення газів залишається одним з основних заходів щодо захисту повітряного басейну від забруднення і її варто розглядати як компонент маловідходної технології. Велика різноманітність джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу, що відрізняються по природі і концентрації шкідливих речовин, температурі, тиску, періодичності і тривалості викиду, наявність у газах супутніх домішок, що відходять, визначають вибір раціонального методу й устаткування для очищення газів.

Найбільш перспективним напрямком інтенсифікації процесів тепло-масообміну і пилоочистки, є створення в контактному елементі складно-закрученого вихрового потоку з примусовим закрученням взаємодіючих фаз, що дозволило б значно підвищити ступінь тепло-масообміну і пилоочистки. Використання таких контактних елементів відкриває велику можливість сполучити проведення процесів тепло-масообміну і пилоочистки в одному апараті і, тим самим істотно спростити апаратне оформлення виробництв.

У вихрових контактних пристроях можна виділити чотири послідовних, гідродинамічно однорідні зони.

1. Диспергування рідини газовим потоком на краплі і їх спільний прямоточний рух.

2. Проходження двухфазного потоку через завіхрювач, що супроводжується осадженням основної маси крапель на лопатках завіхрювача.

3. Вторинне диспергування рідини на краплі в результаті зриву плівки з верхніх крайок лопат завіхрювача і рух крапель до периферії контактного пристрою під дією відцентрової сили.

4. Утворення на стінці контактного пристрою рідинної плівки з крапель, що осаджуються, і її рух нагору разом з газовим потоком.

Абсорбційні апарати вихрового типу по способі закручення взаємодіючих фаз можуть бути механічного типу й апарати, у яких закручення газорідинного потоку здійснюється за рахунок тангенціального введення компонентів. За даними літературних джерел вихрові контактні пристрої забезпечують високий ступінь перемішування, відрізняються високою продуктивністю без захльобування, дозволяють збільшити коефіцієнти масопередачі в 7-6 і більш разів. Це пояснюється специфікою закручених потоків:

1. Прямоточна взаємодія фаз у зоні контакту дозволяє збільшити швидкість юс плинину і забезпечити високий ступінь турбулізації газорідинного потоку.

2. Поява тангенціальної і радіальної складової швидкості викликає змішання потоку і зміна його структури: максимум швидкості зміщається до поверхні контакту фаз.

3. У закручених потоках тангенціальна складова в 2 - 3 рази більше осьової, що приводить до появи хвиль утворення на поверхні рідинної плівки.

4. Зміна структури потоку приводить до збільшення довжини шляху і часу контакту фаз у порівнянні з плівковим плинном.

5. Зменшення віднесення за рахунок сепарації крапля рідини у відцентровому полі дозволяє збільшити швидкість плинину суцільної фази.

Закручення потоків створюється трьома основними методами:

- використанням тангенціального підведення (генератор закручення з осьовим і тангенціальним підведенням);
- застосуванням направляючих лопаток (закручувальний пристрій);
- безпосереднім обертанням (обертова труба).

Пристрій, що закручує, (з осьовим і тангенціальним підведенням), широко використовуване для створення однорідних стійких струменів для докладних експериментальних досліджень. Кількість подаваного повітря може регулюватися і вимірятися окремо, так що простою зміною витрат повітряних потоків можна змінювати ступінь закручення від нульової до дуже високої, що приводить до утворення сильно закручених струменів зі зворотніми струмами. Для таких систем потрібно відносно високий рівень повного тиску, і в промислових часто використовуються системи з направляючими лопатками, у яких лопатки розташовані таким чином, що вони змінюють напрямок потоку.

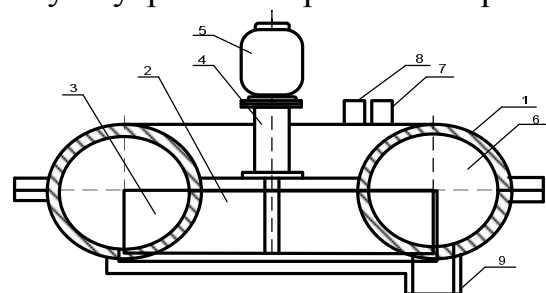
У НТУ“ХП” був розроблений тороїдальний контактний елемент для проведення процесів пилоочистки й абсорбції, у якому утвориться складно-закручений вихровий потік із примусовим закрученням взаємодіючих фаз, що дозволяє значно підвищити ступінь абсорбції і пилоочистки. Загальний вид контактного елемента представлений на рис.

Контактний елемент складається з корпусу 1 який представляє собою порожній тор. Усередині корпусу розміщене колесо 2 з радіальними лопатками 3, причому поверхня колеса є продовженням внутрішньої поверхні тора. Колесо через підшипниковий вузол 4 приводиться в рух електродвигуном 5. Внутрішня поверхня тора розділена перегородкою 6 на усмоктувальну і нагнітаючу порожнини. В усмоктувальній порожнині тора розташовані патрубки 7 і 8 для подачі газового потоку і рідини. У нагнітаючій порожнині перед перегородкою 6 розташований патрубок 9 для газо-рідинної суміші.

Виконання контактної апарату у вигляді тороїдальної камери з розміщеним у ній обертовим колесом, дозволяє створити у внутрішній порожнині тора

вихровий гвинтоподібний потік взаємодіючих фаз з повною відсутністю застійних зон. При цьому вся маса взаємодіючих фаз в однаковому ступені інтенсивно перемішується зі швидкостями не досяжними в жодному з існуючих масообмінних апаратів. Потрапивши в тороїдальну камеру газо-рідинні компоненти за рахунок обертання колеса перетворюються в сильно турбулізовану мілкодисперсну пінну з гвинтоподібним вихровим рухом пінної фази по напрямку руху колеса.

При цьому вся маса взаємодіючих фаз в однаковому ступені інтенсивно перемішується зі швидкостями, не досяжними в жодному з існуючих масообмінних апаратів.



Експлікація

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1 - корпус              | 6 - перегородка  |
| 2 - колесо              | 7, 8 - патрубки для постачання газового потоку та рідини |
| 3 - радіальні лопатки   | 9 - патрубок для відводу газо-рідинної суміші            |
| 4 - підшипниковий вузол |  |
| 5 - електродвигун       |  |

Рис. Загальний вид контактної апарату

Гвинтоподібний рух газо-рідинної суміші різко збільшує шлях від уведення фаз до їхнього виходу з контактного елемента, що дозволяє при невеликих габаритах контактного елемента значно збільшити час перебування взаємодіючих фаз у контактному елементі, що у свою чергу позитивно позначається на ефективності процесу масообміну.

У підсумку можна відзначити, що за рахунок встановлення закручувальних пристроїв і зміна кута атаки лопаток закручувальних пристроїв можна створити різні аеродинамічні ситуації. При цьому рух газу (рідини) в апараті є результатом трьох плинів: обертального руху в циліндрі над нерухою підставою, плин поблизу обертового диска й осеметричного руху газу уздовж апарата.

Витрата води, подаваної на зрошення, не впливає на ступінь очищення. Повітря однаково добре очищається, як при витратах мінімальних, складових - 6 л/годину, так і при витратах - 12 л/годину.

**Список літератури:** 1. Статистичний щорічник України за 2001 р. – К.: Техніка, 2002. 2. Промисловість Донецької області в 2001 році: Стат. Зб. № 8/196/ Держкомстат України. Донецьке обласне управління статистики. – Донецьк, 2002. 3. Гухман Л.М., Минаков В.В. Прямоточный центробежный контактный элемент инжекционного типа для процессов абсорбции.-Химическое и нефтяное машиностроение. ЦИНТИХимнефтемаш.М.,1978. 4. Лукин В.Д., Курочкина М.И. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности. – Л.:Химия, Ленинград.отд-ние. – 232 с 5. Плановский А.М., Муштаев В.И. и др. Исследование аэродинамики газовзвеси дисперсного материала в пневмосушилке спирального типа, ТОХТ т. VIII №3, 1974. 6. Щукин В.К., Идиатуллин В.А. и др. Инж.физ.журнал, т. XXXII № 2, 1977. 7. Очистка технологических газов / Под ред. Т.А. Семеновой, И.Л. Лейтеса. – М.:Химия, 1968. – 392 с. 8. Г.А. Ткач, М.П. Хусточкин, П.П. Хусточкин, и др. Аппарат для проведения процессов абсорбции и газоочистки. г. Харьков, Вестник НТУ «ХПИ», 1989 г

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 665.12**

**І.П. ПЕТИК**, м.н.с., УкрНДІОЖ НААН, Харків

**Ф.Ф. ГЛАДКИЙ**, зав.каф., проф., докт.техн.наук, НТУ»ХП», Харків

**З.П. ФЕДЯКІНА**, нач. від., УкрНДІОЖ НААН, Харків

**А.П. БЄЛІНСЬКА**, наук. спів., канд. техн. наук, УкрНДІОЖ НААН, Харків

**Л.М. ФІЛЕНКО**, зав. лаб., УкрНДІОЖ НААН, Харків

## **ВПЛИВ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ОСНОВИ НЕЙТРАЛІЗУЮЧОГО РОЗЧИНУ НА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Розглянуто ряд недоліків методу нейтралізації олій в мильно-лужному середовищі. Обрано компоненти основи нейтралізуючого розчину (вода, етанол і гліцерин), співвідношення яких варіює поверхневу активність та густину водної фази. Встановлено кількісні залежності поверхневої активності та густини зразків основи нейтралізуючого розчину від концентрації компонентів, а також обґрунтовано оптимальний склад компонентів.

**Ключові слова:** нейтралізація олій, мильно-лужне середовище, етанол, гліцерин, поверхневий натяг, густина

Рассмотрен ряд недостатков метода нейтрализации масел в мыльно-щелочной среде. Выбраны компоненты основы нейтрализующего раствора (вода, этанол и глицерин), соотношение которых варьирует поверхностную активность и плотность водной фазы. Установлены

количественные зависимости поверхностной активности и плотности образцов основы нейтрализующего раствора от концентрации компонентов, а также обосновано оптимальный состав компонентов.

**Ключевые слова:** нейтрализация масел, мыльно-щелочная среда, этанол, глицерин, поверхностное натяжение, плотность

A number of shortcomings of the method of neutralization of oils in the soap-alkaline environment. Selected components of the foundation of a neutralizing solution (water, ethanol and glycerol), the ratio of which varies surface activity and density of the aqueous phase. Quantitative dependence of surface activity and density of the sample solution on the basis of a neutralizing concentration of components, but also justified the optimal composition of the components.

**Keywords:** neutralization oils, soap-alkaline environment, ethanol, glycerol, surface tension, density

### **Постановка проблеми у загальному вигляді**

Основою розвитку країни та зростання рівня життя населення є підвищення ефективності виробництва. Вирішальну роль у цьому відіграє науково-технічний прогрес, що спирається на результати наукових досліджень. Олійно-жирова галузь у нашій країні працює в умовах зростання вартості сировинних та енергетичних ресурсів. Сформовані ринкові умови практично виключають реалізацію нерафінованих олій і жирів, тому актуальною є розробка пропозицій по інтенсифікації процесів рафінації [1].

Однією зі стадій рафінації олій та жирів є нейтралізація – спеціальна технологічна обробка з метою зниження вмісту в них вільних жирних кислот. Нейтралізація олій і жирів заснована на виборчій здатності вільних жирних кислот взаємодіяти з лугами і утворювати солі жирних кислот – мила [2]. В промисловості поширена і вважається ефективною рафінація олій та жирів у мильно-лужному середовищі. Сутність даного способу рафінації полягає в тому, що олія, яка нейтралізується, в крапельно-диспергированому стані розподіляється у водно-лужному розчині, де відбувається взаємодія вільних жирних кислот олії з лугом і безпосередньо за цим протікає розчинення мила в лужному розчині, після чого звільнена від мила крапля олії або жиру спливає наверх; на межі розділу з мильно-лужним розчином відбувається коалесценції олійних крапель в суцільний шар. Цей спосіб відрізняється максимальним зближенням, майже повним суміщенням реакції нейтралізації вільних жирних кислот з подальшим процесом розчинення мила, що утворюється [3]. Однак на межі розподілу рафінованої олії та мильно-лужним розчином утворюється шар емульсії, і це змушує знижувати подачу олії, а для усунення емульсійного шару переривати процес для видалення цього шару [4]. Ще один недолік методу нейтралізації в мильно-лужному середовищі - утворення розбавлених соапстоків, які потребують подальшого концентрування шляхом випарювання під вакуумом [5]. Отже, проблема дослідження процесу нейтралізації олій та жирів в мильно-лужному середовищі і розробка ефективної ресурсозберігаючої технології нейтралізації з одержанням конкурентоздатної продукції є актуальною.

**Мета дослідження** - встановити кількісні залежності поверхневої активності та густини зразків основи нейтралізуючого розчину від концентрації компонентів (води, етанолу і гліцерину) для обґрунтування оптимального складу основи

нейтралізуючого розчину щодо ефективності нейтралізації олій в мильно-лужному середовищі.

### Виклад основного матеріалу дослідження

На підставі літературного огляду обрано компоненти основи нейтралізуючого розчину для нейтралізації олій в мильно-лужному середовищі: вода, етанол і гліцерин.

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

В свою чергу, функція гліцерину полягає у збільшенні густини водної фази. Від величини густини основи залежить швидкість коалесценції крапель нейтралізованої олії. При високій густині нейтралізований жир (олія) швидше коалесцює на поверхні нейтралізуючого розчину, і таким чином зменшується час нейтралізації і енерговитрати на поділ фаз.

Статистичні методи планування експерименту дозволяють значно інтенсифікувати працю дослідника, зменшити строки і витрати на експеримент, підвищити достовірність висновків за результатами дослідження. Саме тому для вивчення впливу факторів (концентрацій компонентів) на поверхневу активність та густину зразків основи нейтралізуючого розчину необхідно створити математичні моделі даних залежностей.

Експерименти з дослідження поверхневого натягу і густини основи нейтралізуючого розчину проведено відповідно до планів експериментів “склад – властивість” [6, 7].

Поверхневий натяг розчину мил, що утворюються в процесі нейтралізації вільних жирних кислот жиру (олії) лугом, складає  $40 \cdot 10^{-3}$  Н/м. Виходячи з цього, заданий інтервал поверхневого натягу основи нейтралізуючого розчину повинен складати  $30 \cdot 10^{-3} \dots 40 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

Результати досліджень наведено на рис. 1.

Рівняння регресії має вигляд:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = 72,8292 \cdot x_1 + 23,7692 \cdot x_2 + 59,3692 \cdot x_3 - 76,7048 \cdot x_1 \cdot x_2 - 15,9048 \cdot x_1 \cdot x_3 - 53,7848 \cdot x_2 \cdot x_3,$$

В результаті досліджень визначено діапазон співвідношень компонентів основи нейтралізуючого розчину, при якому її поверхневий натяг знаходиться в заданому інтервалі і складає  $30 \cdot 10^{-3} \dots 45 \cdot 10^{-3}$  Н/м, при цьому максимальное

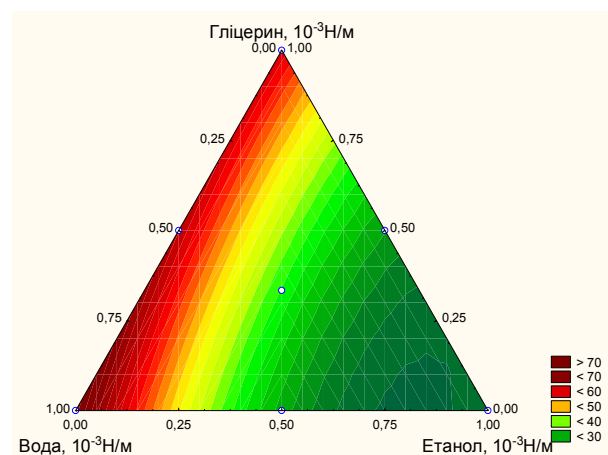


Рис. 1. Діаграма залежності поверхневого натягу (Y(x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub>)) зразків основи нейтралізуючого розчину від концентрації її компонентів: x<sub>1</sub> – вода; x<sub>2</sub> – етанол; x<sub>3</sub> – гліцерин.

знижується його вартість – на 25 % у порівнянні з етиловим спиртом у чистому вигляді. Таким чином, обґрунтовано склад основи нейтралізуючого розчину з мінімальним поверхневим натягом, який представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад основи нейтралізуючого розчину з мінімальним поверхневим натягом

Компонент основи нейтралізуючого розчину	Вміст, %
Вода	0 - 25
Етиловий спирт	30 - 40
Гліцерин	50 - 70

В свою чергу, для прискорення процесу коалесценції крапель жиру (олії) на поверхні нейтралізуючого розчину необхідно, щоб густина нейтралізуючого розчину перевищувала густину жиру (олії), яка складає 0,92...0,93 кг/дм<sup>3</sup>. Виходячи з цього, заданий інтервал густини основи нейтралізуючого розчину повинен складати 0,95... 1,10 кг/дм<sup>3</sup>. Результати досліджень наведено на рисунку 2.

Рівняння регресії має вигляд:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = 1 \cdot x_1 + 0,789 \cdot x_2 + 1,26 \cdot x_3 + 0,07 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,12 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,118 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,603 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3,$$

Таким чином, обґрунтовано оптимальний склад щодо поверхневого натягу та густини основи нейтралізуючого розчину, який представлено в таблиці 2.

Таблиця 2. Склад основи нейтралізуючого розчину з мінімальним поверхневим натягом і максимальною густиною

Компонент основи нейтралізуючого розчину	Вміст, %
Вода	20-25
Етиловий спирт	30-35
Гліцерин	50-55

### Висновки

Таким чином, встановлено кількісні залежності (у вигляді квадратичних рівнянь) поверхневої активності та густини зразків основи нейтралізуючого розчину від концентрації компонентів (води, етанолу і гліцерину), а також обґрунтовано оптимальний склад відносно поверхневого натягу та густини основи нейтралізуючого розчину для олій. Дані розробки дозволять підвищити ефективність нейтралізації олій в мильно-лужному середовищі, а саме: підвищити концентрацію соапстоків і знизити вміст в них нейтрального жиру.

**Список літератури:** 1. Каретникова В.С. Экономика и предпринимательство масложирового комплекса Украины: Учеб. пособие [Текст] / В.С. Каретникова, В.Г. Кухта. – Харьков: НТУ

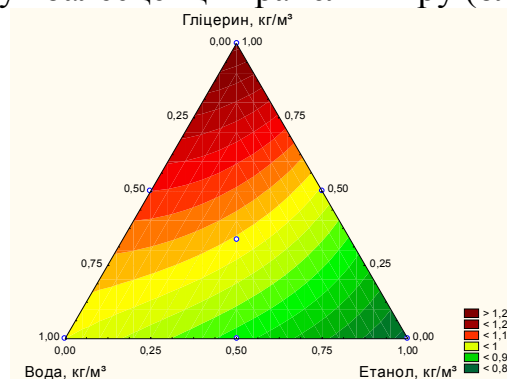


Рис. 2. Діаграма залежності густини ( $Y(x_1, x_2, x_3)$ ) зразків основи нейтралізуючого розчину від концентрації її компонентів:  $x_1$  – вода;  $x_2$  – етанол;  $x_3$  – гліцерин.

«ХПИ», 2003. – 340 с. **2.** Азнаурьян М.П., Калашева Н.А. Современные технологии очистки жиров, производства маргарина и майонеза [Текст] / М.П. Азнаурьян, Н.А. Калашева – М.: Пищевая промышленность, 1999. – с. 368.**3.** Арутюнян Н.С. и др. Рафинация масел и жиров: Теоретические основы, практика, технология, оборудование [Текст] / Н.С. Арутюнян и др. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.**4.** Жемухова М. М. Математическое моделирование процесса щелочной рафинации и коалесценции капель растительного масла в мыльно-щелочной среде [Текст] : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Жемухова Марина Мухамедовна. – Краснодар, 2004. – 21 с.**5.** Белобородов В.В. Кинетика выведения свободных жирных кислот из масел в мыльно-щелочной среде [Текст] / В.В.Белобородов, В.С.Стопский // Масложировая промышленность. – 1986. – с.18-21.**6.** Обработка экспериментальных данных [Электронный ресурс] / Б. Д. Агапьев, В. Н. Белов, Ф. П. Кесаманлы и др. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУ, 2001. – Режим доступа : <http://users.kpi.kharkov.ua/fmp/biblio/VOOK1/ref.html>. – Последний доступ : 2010. – Название с экрана.**7.** Елисеева И. И. Общая теория статистики [Текст]: Учебник / И. И. Елисеева, М. М. Юзбашев; под ред. И. И. Елисеевой. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 656 с.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 66.11.547-326**

**В.З. МАСЛОШ**, докт.техн.наук, проф., зав. каф., институт химических технологий ВНУ им. В.Даля, Рубежное

**И.А. ОСТРОВЕРХОВА**, ассис., институт химических технологий ВНУ им. В.Даля, Рубежное

**О.В. МАСЛОШ**, канд. техн. наук, доц., технологический институт ВНУ им. В.Даля, Северодонецк

**Н. Н. АЛЕКСЕЕВА** асп., институт химических технологий ВНУ им. В.Даля, Рубежное

## **ОСОБЕННОСТИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ ПОЛИЭФИРНЫХ СМОЛ**

Рассмотрены особенности составления материального баланса процессов получения полиэфирных смол. Отмечено, что практический выход полиэфиров всегда больше теоретического. Предложена методика составления материального баланса процессов получения полиэфиров.

**Ключевые слова:** полиэфир, полиэтерификация, выход.

Розглянуті особливості складання матеріального балансу процесів отримання поліефірних смол. Відмічено, що практичний вихід поліефірів завжди більше теоретичного. Запропонована методика складання матеріального балансу процесів отримання поліефірів.

**Ключові слова:** поліефір, поліетерифікація, вихід.

The features of drafting of financial balance of processes of receipt of polyester resins are considered. It is marked that practical output of polyesters always anymore theoretical. The method of drafting of financial balance of processes of receipt of polyesters is offered.

**Keywords:** polyester, polyeterification, yield.

### **1. Введение**

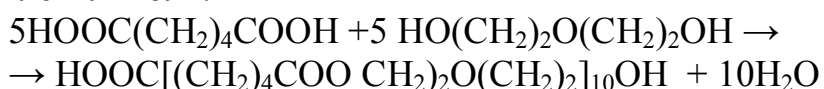
Материальные расчеты являются важной составляющей при разработке технологии получения, проектирования и в производстве химических продуктов. Они является неотъемлемой составляющей подготовки специалистов в учебных

заведениях всех уровней аккредитации химического направления. Задачей материальных расчетов является определение количеств расхода сырья для получения, как правило, 1 тонны готового продукта. Материальный расчет также определяет количество отходов производства, их состав. В основе любого материального расчета лежит закон сохранения массы вещества. Исходными данными для проведения материальных расчетов является техническая документация - производственный, опытный или лабораторный регламенты или пропись, рецептура получения химического вещества. Основой любого материального расчета является уравнение реакции с указанием выходов продукта. Методика проведения материальных расчетов приведена в учебном пособии: «Технологические расчеты в производстве полимерных материалов» [1].

## 2. Особенности синтеза полиэфиров

Все высокомолекулярные соединения по своим свойствам имеют существенные отличия от простых веществ. Простые вещества можно описать структурной формулой, элементным анализом, константами, которые не зависят от способа их получения. Они могут существовать в трех физических состояниях – твердом, жидком или газообразном. В процессе синтеза простых веществ увеличивается их количество и длительность процесса определяется максимальным количеством образующегося продукта. Исходное вещество после образования целевого продукта в основной реакции участия не принимает.

Высокомолекулярные соединения представляют собой смесь продуктов, объединенных одинаковым строением элементарного звена, их свойства зависят от способа получения. Исходное сырьё – мономеры, свободными перестают существовать уже на начальной стадии процесса получения полимера, однако их функциональные группы продолжают участвовать в процессе получения полимера. Синтез полиэфиров имеет свои особенности, не присущие простым веществам. Рассмотрим пример синтеза полиэфира из адипиновой кислоты и диэтиленгликоля:



Исходя из закона сохранения массы количество образовавшихся веществ всегда равно количеству загруженных веществ. Из уравнения реакции видно, что чем больше выделится воды в процессе реакции, тем меньше образуется полиэфира. На рисунке 1 приведены данные по количеству образовавшихся полиэфира и воды в зависимости от количества прореагировавших эквивалентов адипиновой кислоты. Данные на рисунке 1 приведены в предположении, что все кислотные группы прореагируют с диэтиленгликолем, что является невозможным вследствие равновесного характера реакции поликонденсации. На рисунке 2 приведены данные по выходу полиэфира от количества прореагировавших эквивалентов адипиновой кислоты в процентах от теоретически возможного.



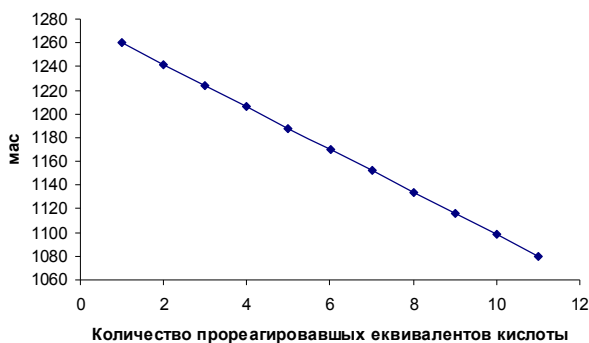


Рис. 1. Зависимость выхода полиэфира (мас.) от количества эквивалентов кислоты, что прореагировали

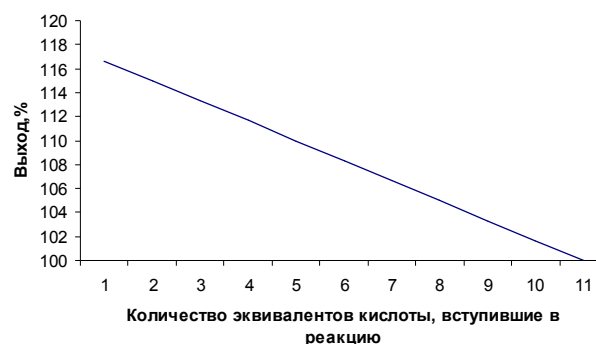


Рис. 2. Зависимость выхода полиэфира от количества эквивалентов кислоты, что вступили в реакцию

Под теоретически возможным количеством образовавшегося полиэфира мы понимаем то количество полиэфира, которое образуется, если все кислотные группы адипиновой кислоты вступят в реакцию с диэтиленгликолем. Представленные данные свидетельствуют, что при синтеза полиэфиров в равновесных процессах невозможно достигнуть выход 100%. Выход полиэфира до достижения равновесия всегда должен быть больше 100.

### 3. Примеры материального расчета получения полиэфиров.

Составить материальный баланс получения полиэфирадипината по рецептуре, приведенной в таблице 1.

Таблица 1.Рецептура

Наименование сырья	Молекулярная масса	Массовая доля	Масса 100%	Масса техническая	Количество молей	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Объем м <sup>3</sup>
Адипиновая кислота	146		730		5		
Диэтиленгликоль	106		530		5		
<b>Итого</b>			<b>1260</b>				

Определяем количество эквивалентов реагирующих веществ:

$$\text{Адипиновая кислота: } \frac{730}{146} = 5$$

$$\text{Диэтиленгликоль: } \frac{530}{106} = 5$$

Определяем теоретически возможное количество полиэфира ( $G_{\text{теор}}$ ) при условии, что все кислотные группы прореагируют со спиртовыми и соответственно выделится 10 молей воды:

$$730 + 530 - (10 \cdot 18) = 1080 \text{ кг}$$

При кислотном числе 70 мг КОН/г практический выход полиэфира ( $G_{\text{практ}}$ ) составит:

$$G_{\text{практ}} = \frac{G_{\text{теор}}}{1 - \frac{K \cdot \chi \cdot M_{\text{воды}}}{M_{\text{КОН}} \cdot 1000}} = \frac{1080}{1 - \frac{70 \cdot 18}{56 \cdot 1000}} = 1104,85$$

Определяем практическое количество воды, выделившееся при синтезе полиэфирадипината:

$$1260 - 1104,85 = 155,15 \text{ кг}$$

Полученные данные сводим в таблице 2

Таблица 2. Материальный баланс

Наименование компонента	М.м.	Конц., %	Масса компонентов, кг	
			техн.	100%
Загружено:				
1. Адипиновая к-та:			732,93	730
• адипиновая к-та	146	99,6		
• примеси		0,4		
2. Диэтиленгликоль	106	99,5	532,66	530
• ДЭГ		0,5		
• примеси				
<b>Итого</b>				<b>1260</b>
1 Полиэфир				1104,85
2 Вода				155,15
<b>Итого</b>				<b>1260</b>

Пример 2.

Определить количество образовавшегося полиэфира и воды при синтезе полиэфира из 0,7 моль фталевого ангидрида, 0,3 моль адипиновой кислоты, 0,5 моль диэтиленгликоля, 0,3 моль бутандиола и 0,25 моль триметилпропана. Реакция протекает до преобразования 95% кислотных групп.

Таблица 3. Исходные данные

Наименование сырья	Масса	Молекулярная масса	Количество молей	Количество эквивалентов
Адипиновая кислота	43,8	146	0,3	0,60
Фталевый ангидрид	103,6	148	0,7	1,4
Диэтиленгликоль	53	106	0,5	1,0
Бутандиол	27	90	0,3	0,6
Триметилпропан	29,5	118	0,25	0,75
<b>Итого</b>	<b>256,9</b>			

Определяем теоретическое количество воды, которое может выделиться при полном превращении кислотных групп:  $18 \cdot (0,6 + 0,7) = 23,4 \text{ кг}$

Теоретический выход полиэфира составит:  $256,9 - 23,4 = 233,5 \text{ кг}$

При степени превращения кислотных групп 95% количество выделившейся воды составит:  $23,4 \cdot 0,95 = 22,23 \text{ кг}$ , а практическое количество полиэфира составит:  $256,9 \cdot 0,95 = 244,06 \text{ кг}$ .

Полученные данные сводим в таблице 4.

Таблица 4. Материальный баланс

Наименование компонента	М.м.	Конц., %	Масса компонентов, кг	
			техн.	100%
Загружено:				
1. Адипиновая к-та:				
• адипиновая к-та	146	99,6 0,4	43,97	43,8
• примеси				
2. Диэтиленгликоль				
• ДЭГ	106	99,5 0,5	53,26	53
• примеси				
3. Фталевый ангидрид				
• фталевый ангидрид	148	99,9 0,1	103,7	103,6
• примеси				
4. Бутандиол	90	99,0 1,0	27,27	27
5. Триметилпропан	118			29,5
<b>Итого</b>				<b>256.9</b>
Получено:				
1. Полиэфир				234,67
2. Вода				22,23
<b>Итого</b>				<b>256.90</b>

Зная количество загруженных и образовавшихся компонентов, качественную характеристику загружаемых веществ и требования к готовому полиэфире, не представляет трудности составление материального баланса процесса получения полиэфиров.

Для определения расходных норм сырья необходимо к расходным нормам материального баланса добавить потери, которые принимаются исходя из условий транспортировки сырья, его хранения, свойств сырья, норм естественной убыли и других факторов.

**Список литературы:** 1. Галстян Г.А. Технологические расчёты в производстве полимерных материалов / Г.А. Галстян. — Луганск ВУГУ 1997.: 165с. 2. Шур А.М. Высокомолекулярные соединения / А.М. Шур. — М.: Высшая школа, 1981.: — 658 с. 3. Ульрих Пот. Полиэфиры и алкидные смолы/ Ульрих Пот. — М.: Пейнт-Медиа, 2009.: 232 с.

*Поступила в редколлегию 05.12.2011*

**УДК 664.3:547**

**А.П. МЕЛЬНИК**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харків

**С.О. КРАМАРЕВ**, асп., НТУ «ХПИ», Харків

## **ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРА НА РЕАКЦІЮ ОДЕРЖАННЯ АЛКІЛІМІДАЗОЛІНІВ З РІПАКОВОЇ ОЛІЇ**

Проведено дослідження по визначенню впливу каталізатору на реакцію амідуювання ріпакової олії 2-гідроксіетилетилендіаміном. Встановлено, що додавання кислотного каталізатору до реакційних мас зумовлює збільшення концентрації алкілімідазолінів. Показано, що найбільш

ефективною концентрацією каталізатору є 5 %. Запропоновано механізм реакції отримання алкілімідазолінів.

Проведені дослідження по визначенню впливу каталізатора на реакцію амідування рапсового масла 2-гідроксиетилетилендіаміном. Встановлено, що при додаванні кислотного каталізатора до реакційної маси обумовлює збільшення концентрації алкілімідазолинів. Показано, що найбільш ефективною концентрацією каталізатора є 5 %. Предложено механізм реакції отримання алкілімідазолинів.

A study to determine the influence of catalyst on the reaction of amidation of rapeseed oil by 2 hydroxyethylethylenediamine. Found that adding acidic catalyst to reaction mass causes an increase in concentration of alkylimidazolines. Shown that the most effective catalyst concentration is 5%. The mechanism of imidazoline obtaining reaction has been proposed.

За реакцією амідування рослинних олій та жирів отримують різноманітні продукти, які використовуються в багатьох галузях народного господарства. Зокрема за реакціями рослинних олій чи жирів з різними амінами можна отримувати такі продукти як моно- та діетаноламід, аміноамід та діамід жирних кислот, алкілімідазоліни, моно- та діацилгліцерини тощо. [1, 2, 3]. Серед цих сполук широкорозповсюджені алкілімідазоліни. [4]

Алкілімідазоліни застосовують як інгібітори корозії, зокрема в нафтогазовій промисловості, в будівництві, в текстильній промисловості, в виробництві товарів побутової хімії, шампунях та інших галузях, де вони використовуються як поверхнево активні речовини. [4]

На сьогоднішній день алкілімідазоліни отримують з жирних кислот та поліамінів при температурах 180-260 °С, понижених тисках та тривалості реакції 12-24 год. [4]. Відомі дослідження [5], які направлені на спрощення технології отримання алкілімідазолінів за рахунок використання каталізаторів, які зменшують температуру та тривалість реакції, зокрема  $AlCl_3$ ,  $PCl_3$ ,  $P_2O_5$ ,  $HCl$ , лужноземельні метали, тетраалкіламонійборгідриди [5]. Але всі ці каталізатори недостатньо зменшують температуру реакції, а тривалість реакції перевищує 6 годин. Крім того всі вони є шкідливими речовинами, які негативно впливають як на здоров'я людини, так і на навколишнє середовище, що зумовлює ускладнення технологічного процесу. Тому дослідження спрямовані на спрощення технології одержання алкілімідазолінів є актуальними.

Відомо [4] використання кислотних каталізаторів в реакції отримання алкілімідазолінів з жирних кислот. Вплив таких каталізаторів на перебіг реакції амідування олій чи жирів невідомо. Тому мета цього дослідження полягає у вивченні впливу кислотних каталізаторів на утворення алкілімідазолінів з ріпакової олії.

Виходячи з мети роботи, задачі дослідження полягають у визначенні впливу каталізатору на реакцію утворення азотовмісних сполук і оптимальної його концентрації для одержання алкілімідазолінів;

При проведенні досліджень використано наступні реагенти та матеріали: ріпакова олії згідно ГОСТ 8988 (середня молекулярна маса олії 894,15 г/моль, кислотне число – 1,5 мг КОН/г, вміст вологи – 0,05 %), 2-гідроксиетилетилендіамін

(виробництво AkzoNobel, Швеція, масова доля основної речовини – 99,5 %, вологи – 0,2 %, вміст вільного етилендіаміну – max 100 ppm.)

При взаємодії 2-гідроксіетилендіаміну з триацилгліцеринами ріпакової олії, як і з іншими оліями [3] при температурах до 150-160 °С утворюються моно- та діацилгліцерини та азотовмісні сполуки, зокрема аміноаміди та діаміджирних кислот.

Дослідженнями встановлено, що у присутності каталізатору КАН (каталізатор амідування) відбувається збільшення концентрації як моно амідів так і алкілімідазолінів.

Закономірності змін концентрації аміноамідів з часом при температурі 433 К свідчать про те, що в інтервалі концентрації каталізатора

0 % – 20 % мас. спостерігаються залежності з максимумом утворення аміноамідів (рис.1). Максимум їх утворення досягається менше ніж за 2000 с. після чого аміноаміди поступово зникають зі значно меншою швидкістю. Необхідно відмітити і те, що максимум утворення аміноамідів зростає з ростом концентрації каталізатора до 5 % мас. після чого їх концентрація зменшується (рис. 1).

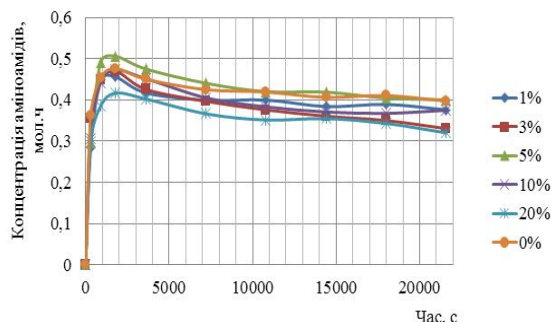
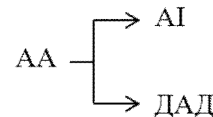


Рис. 1. Залежність концентрації аміноамідів в реакційних масах від часу реакції та кількості каталізатору

Такі закономірності можна пояснити тим, що аміноаміди (АА) є проміжними продуктами, які впродовж реакції можуть перетворюватись або в діаміди (ДАД), або в алкілімідазоліни (АІ) згідно схеми .



Для підтвердження цього припущення ефективним є метод попереднього аналізу експериментальних кривих [6]. Так при паралельному утворенні речовин відношення  $C_{\text{АІ}}/C_{\text{ДАД}}$  має бути позитивною величиною яка відрізняється від нуля та безкінечності, при послідовному ж утворенні – відношення  $C_{\text{АІ}}/C_{\text{АА}}$  екстрапольоване до нульового значення має дорівнювати нулю. Для визначення цих співвідношень визначені поточні концентрації діамідів та алкілімідазолінів приведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Поточні концентрації діамідів та алкілімідазолінів.

Час реакції, с	Концентрація, мол.ч.		
	Діаміди	Алкілімідазоліни	Аміноаміди
0	0	0	0
300	0,010865	0,099208	0,304757
900	0,062676	0,110097	0,442458
1800	0,135433	0,115724	0,472368
3600	0,19794	0,132884	0,451693
7200	0,245818	0,146183	0,404982
10800	0,267581	0,177229	0,383291
14400	0,276565	0,199547	0,370811
18000	0,280144	0,212237	0,367278
21600	0,274651	0,230479	0,374979

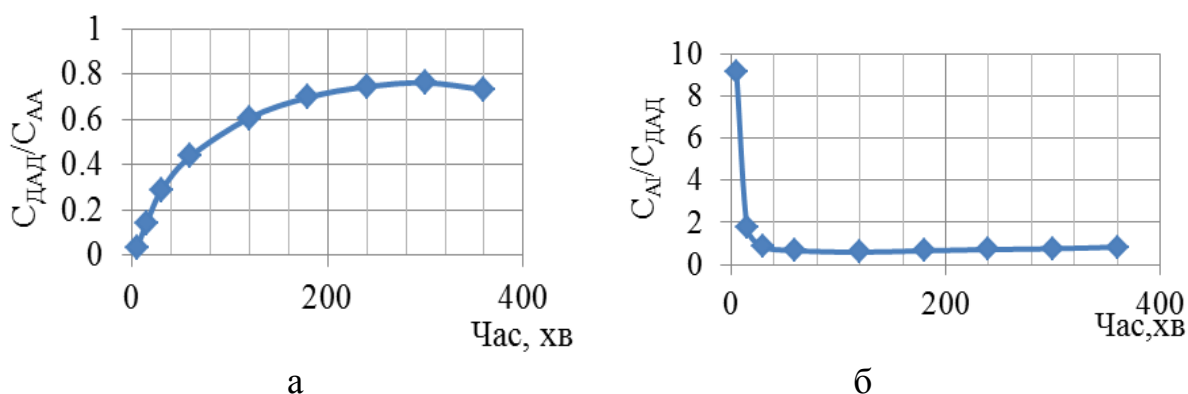


Рис. 2 Відношення  $C_{\text{ДАД}}/C_{\text{АА}}$  (а) та  $C_{\text{АІ}}/C_{\text{ДАД}}$  (б)

На основі поточних концентрацій ДАД і АІ знайдено залежності (рис. 2) з яких видно, що відношення  $C_{\text{ДАД}}/C_{\text{АА}}$  при екстраполяції до нульової точки дорівнює нулю, що свідчить про послідовність утворення діамідів з аміноамідів. В той же час відношення  $C_{\text{АІ}}/C_{\text{ДАД}}$  є числом відмінним від нуля, що свідчить про те, що діаміди та алкілімідазоліни утворюються паралельно. Виходячи з такої схеми перетворень, залежності, які описують концентрації аміноамідів повинні характеризуватися максимумом, що і підтверджується експериментальними дослідженнями.

З одержаних залежностей (рис.1) також витікає, що максимальна концентрація аміноамідів утворюється при концентрації каталізатору 5 % мас., а найменша – 20 % мас. Якщо допустити, що алкілімідазоліни утворюються, головним чином, саме з аміноамідів, то при збільшенні концентрації аміноамідів в реакційних масах повинні зростати концентрації алкілімідазолінів. А отже концентрація каталізатору 5 % мас. є оптимальною для подальшого отримання алкілімідазолінів.

Закономірності впливу каталізатору на концентрацію алкілімідазолінів в реакційних масах (рис. 3) підтверджують таке припущення. З одержаних залежностей видно (рис. 3) що концентрація алкілімідазолінів зростає як із збільшенням часу реакції, так і із збільшенням концентрації каталізатору. При чому вже при концентрації каталізатору 1 % мас. різниця в концентрації алкілімідазоліну у присутності і у відсутності каталізатору складає  $\sim 0,1$  мол.ч. впродовж  $\approx 18000$  с. Після чого концентрація алкілімідазоліну починає зменшуватись. Подібна тенденція спостерігається і у присутності 3 % мас. каталізатору при дещо меншій різниці концентрацій алкілімідазоліну. У присутності 5 % мас., 10 % мас., 20 % мас. каталізатору спостерігається систематичне зростання концентрації алкілімідазолінів. При цьому найменший вплив каталізатору спостерігається при його 20 % концентрації. В усіх випадках при тривалості реакції до 18000 с. найбільші концентрації алкілімідазолінів утворюються у присутності 1 % мас. каталізатору. При тривалості реакції більше 18000 с. ефективність каталізатора в 5 % мас. концентрації стає вищою (табл. 2)

Таблиця 2 Ефективність каталізатору (ЕК) залежно від часу реакції і його концентрації при одержанні алкілімідазолінів.

Час реакції, с	Ефективність каталізатору в концентрації, % мас.				
	1%	3%	5%	10%	20%
0	-	-	-	-	-
300	2,81	2,61	3,12	2,19	1,23
900	2,79	2,31	2,56	2,07	1,18
1800	2,71	2,34	2,57	2,01	1,11
3600	2,67	2,25	2,32	1,94	1,19
7200	2,04	1,81	1,85	1,57	1,17
10800	1,88	1,72	1,78	1,54	1,39
14400	1,84	1,70	1,77	1,64	1,48
18000	1,74	1,56	1,72	1,60	1,45
21600	1,64	1,47	1,82	1,70	1,56

Примітка. Ефективність каталізатору оцінено відношенням концентрації алкілімідазоліну у його присутності ( $C_{IAK}$ ) до концентрації алкілімідазоліну у відсутності каталізатору ( $C_{IK0}$ )

Зменшення ефективності каталізатора при збільшенні його концентрації можливо зумовлено утворенням солі алкілімідазоліну з кислотним центром, що блокує виділення  $H^+$ , якщо припустити, що перебіг реакції циклізації відбувається за наступним механізмом:

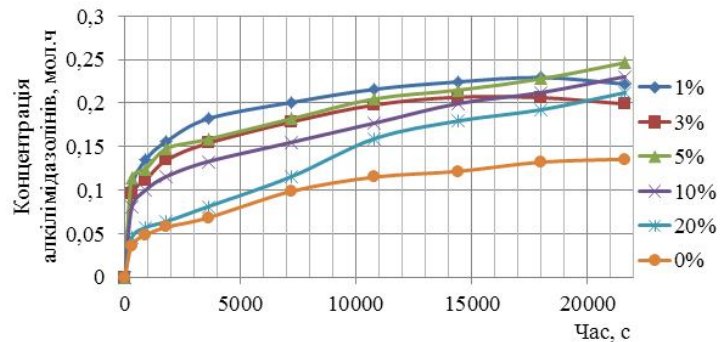
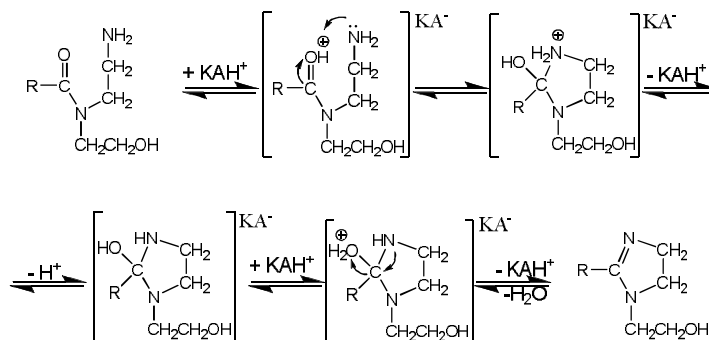


Рис. 3. Залежність концентрації алкілімідазолінів в реакційних масах в залежності від часу та концентрації каталізатору



Це підтверджується тим, що при збільшенні концентрації каталізатору змінюється співвідношення між основними та кислотними групами в реакційній системі.

Така роль кислотного каталізатора при отриманні алкілімідазолінів також підтверджується тим, що як відомо [6], аміни реагують зі сполуками, які мають в своєму складі карбонільні групи  $>C=O$ , але при цьому зазначається [6], що з такими сполуками реагують тільки такі сильні нуклеофіли як  $\text{NH}_2\text{OH}$  чи  $\text{NH}_3$ . Реакції ж з більш слабкими нуклеофілами потребують присутності кислоти для активації карбонільної групи [6].



Необхідно підкреслити те, що при надлишку протонуються не тільки атоми кисню карбонільної групи, а й амінна група, яка перетворюється групу **NH<sub>3</sub>**. Така група не проявляє нуклеофільних властивостей, а також не вступає в реакцію з карбонільними сполуками. Це узгоджується з експериментальними результатами, згідно яких збільшення концентрації каталізатору спочатку спричиняє збільшення концентрації алкілімідазолінів, а після перевищення визначеного співвідношення реагентів зумовлює зменшення їх кількості.

Висновки:

1) Встановлено, що при амідуюванні ріпакової олії 2-гідроксіетилендіаміном утворюються аміноаміди, концентрація яких у присутності кислотного каталізатора спочатку зростає, а після досягнення певної межі зменшується;

2) Доведено, що при взаємодії 2-гідроксіетилендіаміна з ріпаковою олією спочатку утворюються аміноаміди, а потім діаміди жирних кислот;

3) Показано, що діаміди і алкілімідазоліни утворюються паралельно за різними реакціями;

4) Встановлено, що при циклізації аміноамідів в алкілімідазоліни існує оптимальна концентрація каталізатора, яка визначається співвідношенням між аміном та каталізатором.

5) Запропоновано механізм утворення алкілімідазолінів з аміноамідів жирних кислот.

**Список літератури:** 1. Папченко В.Ю. Дослідження одержання азото-, кисеньвмісних похідних жирних кислот амідуюванням соняшникової олії діетаноламіном / А.П. Мельник, В.Ю. Папченко // Вісник національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – № 4 – С. 3–6. 2. Діхтенко К. М. Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуюванням ріпакової олії: автореф. Дис. На здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.06 "Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів" / К. М. Діхтенко. – Харків, 2008. – 21 с. 3. Матвєєва Т.В. Технологія отримання моноацилгліцеринів амідуюванням соняшникової олії: автореф. Дис. На здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.06 "Технологія жирів, ефірних масел і парфумерно-косметичних продуктів" / Т.В. Матвєєва – Харків, 2005. 21 с. 4. Bajpai D. Fatty imidazolines: chemistry, synthesis, properties and their industrial application / D. Bajpai, V. K. Tyagi // Journal of oleo science / – 2006. – №55. – р. 319-329 5. Файнгольд С. И. Химия анионных и амфолитных поверхностно-активных веществ / Файнгольд С. И., Кууск А. Э. и Кийк Х. Э. – Таллин: Валгус, 1984. – 290 с. 6. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. – М.: Химия, 1971. – С. 196 – 197.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

**УДК 664.3 : 547**

**А.П. МЕЛЬНИК**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків

**Т.В. МАТВЄЄВА**, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків

**Г.В. ГРИГОРОВА**, маг., Харків

## **ЩОДО АМІДУВАННЯ КУКУРУДЗЯНОЇ ОЛІЇ**

Досліджено реакцію амідуювання кукурудзяної олії діетаноламіном при температурах 433 – 473 К і мольних відношеннях 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3. Методом тонкошарової хроматографії



встановлено компонентний склад реакційної суміші. За рівняннями матеріального балансу розраховано зміни вмісту компонентів реакційної маси.

Исследовано реакцію амидирования кукурузного масла диэтаноломином при температурах 433 – 473 К и мольных отношениях 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3. Методом тонкослойной хроматографии установлен компонентный состав реакционной смеси. По уравнениям материального баланса рассчитаны изменения содержания компонентов реакционной массы.

The reaction of amidation of corn oil by diethanolamine under temperatures 433 – 473 K and molar ratios 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3. Component content of reaction mixture founded by thin-layer chromatography. Changes of component composition of reaction masses calculated by the equations of material balance.

Вихідною сировиною для одержання моно- і діацилгліцеринів харчових поверхнево-активних речовин є триацилгліцерини (ТАГ) рослинних олій та тваринних жирів. Сьогодні їх одержують гліцеролізом олій та жирів, етерифікацією жирних кислот гліцерином або за ферментною технологією з наступною молекулярною дистиляцією [1]. Однак ці технології енерго- та теплоємні, багатостадійні і до того ж складні в апаратному оформленні.

Рослинні олії чи жирні кислоти можна використати як вихідну сировину для отримання алканоламідів жирних кислот, зокрема, моно- та діетаноламідів [2].

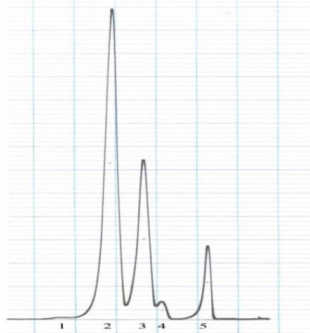
Якщо моно- і діацилгліцерини, в основному, використовують в харчовій промисловості [1], а ДАГ-олії ще й з профілактично-лікувальною дією [3], то моно-, діетаноламіди знаходять застосування як поверхнево-активні речовини (ПАР) в різних галузях промисловості, зокрема при виробництві миючих засобів, шампунів, косметичних продуктів та фармацевтичних препаратів [2]. На сьогоднішній день в Україні не виробляють ні моно-, діацилгліцерини, ні моно-, діетаноламіди, а тому створення наукових основ з їх виробництва є актуальною задачею.

Як відомо, в Україні розвинуто виробництво різноманітних рослинних олій, в тому числі і кукурудзяної, а тому враховуючи актуальність, метою даної роботи є дослідження реакції амидування кукурудзяної олії діетаноламіном (ДЕА) з отриманням моно-, діацилгліцеринів та діетаноламідів жирних кислот.

Кукурудзяна олія належить до групи олій з високим вмістом лінолевої та олеїнової жирних кислот. Рідкі олії цієї групи широко використовують як вихідну сировину при виробництві різних масложирових продуктів. Основними компонентами сирової кукурудзяної олії є триацилгліцерини, але крім них олія містить такі компоненти, як фосфатиди, стероли, холестерин, токофероли, токотриетаноли, воски (~ 0,05 %). Багато з цих компонентів суттєво впливають на хімічні та фізичні властивості олії. Наприклад, відносно високий вміст токоферолів (приблизно 0,1 %), разом із невеликим вмістом ферулової кислоти, вносить вклад у дуже високу окисну стабільність кукурудзяної олії.

Для дослідження реакції використано кукурудзяну олію жирнокислотний склад якої визначено методом газорідинної хроматографії (рис. 1) згідно з ДСТУ ISO 5508 з застосуванням хроматографу GC – 14В фірми «SHIMADZY» з полум'яно-іонізаційним детектором, програмуванням температури і обрахуванням даних на інтеграторі G-6. Умови аналізу наступні: капілярна

колонка DB-23, температура термостата колонок 175 – 230 °С з програмованим підвищенням температури на 30 °С/хв, температура інжектора – 240 °С, система splitz коефіцієнтом розподілу (splitratio) – 1 : 70, температура печі детектора – 250 °С. Як діетаноламін використано продукт фірми AkzoNobel з концентрацією основної речовини 99 % мас. і вологи 0,1 % мас.



- 1 – ліноленова кислота;
- 2 – ліолева кислота;
- 3 – олеїнова кислота;
- 4 – пальметінова кислота;
- 5 – стеаринова кислота.

Рис. 1. Жирнокислотний склад кукурудзяної олії

Взаємодію кукурудзяної олії з ДЕА досліджено в інтервалі температур 433 – 473 К при мольних відношеннях (МВ) реагентів ТАГ кукурудзяної олії : ДЕА 1 : 1, 1 : 2 і 1 : 3. Синтез проведено впродовж 3 – 5 годин. В результаті взаємодії кукурудзяної олії з ДЕА утворюється багатокомпонентна суміш. Для аналізу даної реакційної маси було використано метод хроматографії на тонкому шарі (ТШХ) [4]. Як зразки-свідки індивідуальних речовин використано кукурудзяну олію, жирні кислоти, діетаноламін, гліцерин, моногліцерин, моноетаноламід.

Приклад ТШХ наведено на рис. 2. Порівнюючи хроматографію реакційної суміші з хроматограмами зразків-свідків (рис. 2) і

літературними даними [4], можна зробити висновок, що до складу реакційної суміші входить гліцерин (ГЛ), діетаноламін, моноацилгліцерини (МАГ), діацилгліцерини (ДАГ), діетаноламід жирних кислот і триацилгліцерини.

Присутність в реакційних сумішах α-МАГ та Гл підтверджено методом періодного окиснення [5]. Їх концентрації визначено через певні проміжки часу впродовж протікання реакції амідкування. Одержані результати свідчать про те, що у реакції взаємодії ТАГ кукурудзяної олії з ДЕА з підвищенням температури величина ступеня перетворення амінного азоту в амідний впродовж перших 60 хв.

різко збільшується і досягає ~ 60 – 77 % мас.

Однак при збільшенні мольного відношення ТАГ кукурудзяної олії : ДЕА від 1 : 1 до 1 : 3 ступінь перетворення зменшується. Максимальне перетворення ДЕА досягається при МВ ТАГ кукурудзяної олії : ДЕА 1 : 1 за 180 хв.

при температурі 473 К і становить ~ 77 % мас. За отриманими концентраціями α-МАГ, Гл та азотовмісних компонентів з використанням рівняння матеріального балансу і запропонованого хімізму:

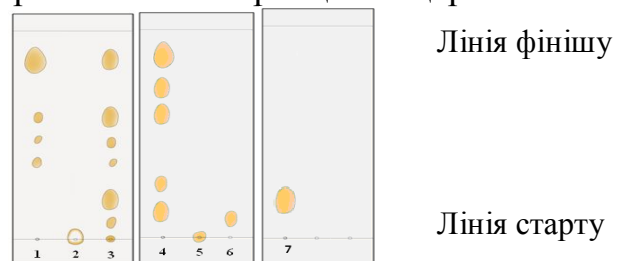
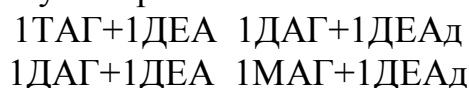


Рис. 2. Хроматограми на тонкому шарі 1 – кукурудзяна олія; 2 – ДЕА; 3 – продукти синтезу ТАГ кукурудзяної олії з ДЕА при МВ 1 : 1 і температурі 473 К; 4 – літературні данні; 5 – Гл; 6 – 1 - МАГ; 7 – моноетаноламід

## 1МАГ+1ДЕА 1ГЛ+1ДЕАд

розраховано зміни вмісту інших компонентів реакційної маси з часом реакції: ТАГ, ДАГ, ДЕАд. На рис. 3 - 5 наведено деякі зміни концентрацій компонентів реакційних мас від часу на прикладі реакцій при температурі 473 К і мольних відношеннях 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3. Дана температура та мольні відношення

реагентів обрано за найвищі виходи моноацилгліцеринів. З рис. 3 5 видно, що різке зниження концентрацій вихідних реагентів відповідає збільшенню ступеня перетворення амінного азоту в амідний і одночасно різкому збільшенню концентрацій ДАГ, МАГ, Гл, ДЕАд. Концентрація ДЕА швидко (практично удвічі) зменшується впродовж перших 60 хв. Так наприклад, з рис. 4 видно, що через 180 хв. концентрація ДЕА досягає 0,185 м.ч. порівняно з початковою

концентрацією 0,68 м.ч. Концентрація МАГ на початку реакції різко збільшується і через 150 хв. досягає 0,11 м.ч. Із збільшенням часу швидкість накопичення МАГ значно зменшується і через 180 хв. досягає 0,12 м.ч. Крім МАГ в результаті реакції також утворюється гліцерин, залежність концентрації якого від часу має форму схожу з залежністю змін концентрації МАГ. Концентрація Гл на початку реакції також різко збільшується, але при подальшому протіканні реакції його концентрація майже не змінюється. Максимальна досягнута концентрація гліцерину складає 0,13 м.ч. за 180 хв.

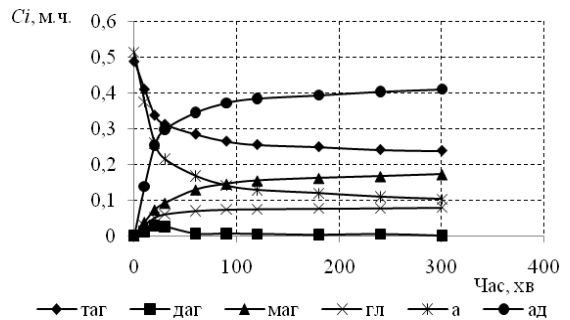


Рис. 3. Зміни концентрацій  $C_i$  компонентів реакційної маси від часу реакції при температурі 473 °К та  $MВ = 1 : 1$

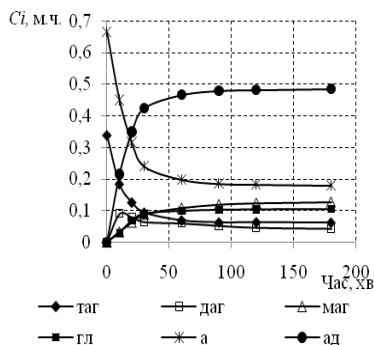


Рис. 4. Зміни концентрацій  $C_i$  компонентів реакційної маси від часу реакції при температурі 473 °К та  $MВ = 1 : 2$

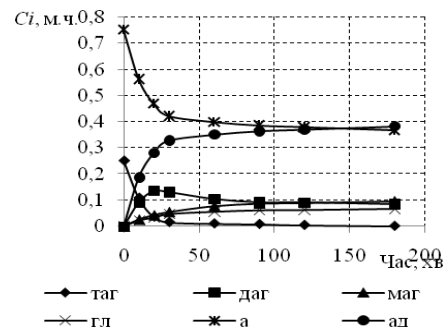


Рис. 5. Зміни концентрацій  $C_i$  компонентів реакційної маси від часу реакції при температурі 473 °К та  $MВ = 1 : 3$

В результаті роботи, встановлено, що при взаємодії триацилгліцеринів кукурудзяної олії з діетаноламіном утворюється моно-, діацилгліцерини, діетанолміди жирних кислот та гліцерин. Запропоновано хімізм перетворень за яким триацилгліцерини перетворюються в діацилгліцерини і діетаноламід жирних кислот, діацилгліцерини – в моноацилгліцерини і діетаноламід жирних кислот, а останні – в гліцерин та діетаноламід жирних кислот. Збільшення мольного відношення реагентів сприяє збільшенню утворення діетаноламідів жирних кислот, а утворення моно-, діацилгліцеринів відбувається за складними

закономірностями з екстремумами, які залежать від умов реакції. Збільшення температури зумовлює збільшення швидкості всіх реакцій. Одержані продукти передбачаються для використання без розділення на моно-, діацилгліцерини, так і з виділенням азотовмісних компонентів.

**Список літератури:** 1. *Горяев М.И.* Синтез и применение моноглицеридов. – Алма-Ата.:Наука, 1975. – 135 с. 2. Алкилоламыды жирных кислот . Серияповерхностно-активные вещества и синтетическиежироаменители. М: ЦНИИТЭнефтехим, 1966. – 28 с. 3. *Diacylglyceroloil – properties, processes and products.* Lo, Seong-Koon, та ін.2008 р. Foodbioprocstechnology, ss. 223 – 233.4. *HeineckA.E., Bergseth.* Glycerolysiseoflinseedoil: Fcompositionalstudy // JAOCs. – 1969. - № 9. – S. 447-451.5. AOCSofficialMethodCd 11 57: alpha-Monoglycerides.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

## **УДК 66.061.34**

**А.А. САВУС**, зам. предс. правления, АО «Стома», Харьков  
**С.Н. МОЛЬЧЕНКО**, преп.-стажер, НТУ «ХПИ», Харьков  
**И.Н.ДЕМИДОВ**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харьков

### **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖИРОВ ИЗ ОТРАБОТАННОГО АДСОРБЕНТА ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ПЕРКОЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

В статье приведены результаты исследований извлечения жиров из отработанных адсорбентов производства пищевых растительных масел абсолютным этиловым спиртом перколяционным методом.

В статті наведено результати досліджень вилучення жирів із відпрацьованих адсорбентів виробництва харчових рослинних олій за допомогою абсолютного етилового спирту перколяційним методом.

In the article the results of researches of adsorbent exhaust extraction of fat food production plant oils using absolute ethyl alcohol by percolation method.

#### **Общая характеристика ситуации.**

В настоящее время перед наукой, всеми отраслями промышленности стоит задача рационального использования отходов. Масложировое производство характеризуется значительными объемами побочной продукции, производству и эффективному использованию которой уделяется большое внимание. В первую очередь это связано с экологической стороной удаления отходов и направлено на решение дальнейшего их применения в различных отраслях промышленности.

К одним из таких отходов относится отработанный адсорбент (отбельная глина), который образуется в ходе рафинации жиров и масел. Маслоемкость отбельных глин довольно высока и составляет до 65% от их массы в зависимости от их марки используемого адсорбента и применяемого способа отжима при выгрузке осадка из фильтрпрессов. В настоящее время отработанные отбельные глины практически не утилизируются или используются крайне мало и не всегда рационально, лишь незначительное количество применяется для обогащения кормовых смесей. Самой распространенной процедурой обработки является

вывоз отработанной отбелной глины с фильтров непосредственно на свалку. При попадании на открытый воздух оксиды, содержащиеся в отработанной отбелной глине, быстро превращаются в вещества с сильным запахом, легко происходит самопроизвольное окисление, особенно масел с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот. В связи с этим отработанная отбелная глина вскоре после выгрузки должна быть закрыта почвой или песком, а это дополнительные трудности и затраты.

Содержащийся в отработанном сорбенте жир можно извлечь и направить на техническое (а, возможно, и на пищевое) применение. Обезжиренный сорбент, возможно, будет пригоден к повторному использованию и, во всяком случае, пригоден для технического применения. И поскольку существует возможность извлечения из отработанной глины существенной части масла, это может в будущем стать законодательным требованием.

В ранее проведенных исследованиях была показана возможность использования для извлечения масла (жира) из сорбента этилового спирта и показано его преимущество перед нефтяными растворителями[1]. А так же были установлены оптимальные условия проведения экстракции, при которых достигается максимальное извлечение масла из отработанного адсорбента: соотношение адсорбент: растворитель – 1:5; время экстракции – 3 ч; число ступеней экстракции – 2. В этих, найденных нами условиях, были проведены контрольные опыты. В результате средняя остаточная масличность обезжиренного сорбента составляла 2,0 %[2]. Однако практическая часть такого способа экстракции несовершенна, так как требуется фильтрация, а также двухступенчатость его исполнения. Сущность предлагаемого нами способа заключается в том, что масло извлекается в условиях относительного противотока, здесь перемещается только растворитель, а материал (сорбент), остается в покое. Использование этого метода имеет следующие достоинства: получение мисцелл повышенной концентрации, что позволяет снизить соотношение количества растворителя и экстрагируемого материала, уменьшить расход тепла[3].

#### **Экспериментальные исследования.**

Объектом исследования был выбран отработанный адсорбент марки «Tonsil», производства фирмы Sun – Chemie AG (Германия), полученный на Харьковском жировом комбинате (ХЖК); общее содержание масла составляло 35%- 36%. В качестве растворителя использовался абсолютный этиловый спирт (с концентрацией не ниже 99%). Экстракцию проводили при  $t=50^{\circ}\text{C}$  и  $t=70^{\circ}\text{C}$ , т.к. при этой температуре ещё не наблюдалось кипения экстрагента, а скорость экстракции и растворимость жира в спирте увеличивается с ростом температуры. Эксперименты проводились в колонне, оснащенной рубашкой, в которую подавалась горячая вода  $t=50^{\circ}\text{C}$  и  $t=70^{\circ}\text{C}$ . Отработанный адсорбент помещался в колонну, растворитель орошался сверху, что хорошо имитирует производственные условия.

Целью проводимого эксперимента было максимальное извлечение масла из отработанного адсорбента перколяционным способом экстракции. Определение расхода растворителя и сравнение результатов контактного и перколяционного

методов. А также исследовать степень экстракции при различных температурных режимах (при  $t=50^{\circ}\text{C}$  и  $t=70^{\circ}\text{C}$ ).

Для реализации поставленной задачи отработанный адсорбент был помещен в колонку, в которую подавался растворитель. При этом контролировалась температура процесса и количество введенного растворителя. В полученной мисцелле определяли количество извлеченного масла, а в адсорбенте – остаточную маслянисть. Результаты исследования приведены в таблице и показаны на рис.1, рис.2.

Таблица . Извлечение масла из отработанного адсорбента.

Соотношение отб. глина – растворитель.	Общее количество извлеченного масла, %		Остаточная маслянисть сорбента, %	
	при $t=50^{\circ}\text{C}$	при $t=70^{\circ}\text{C}$	при $t=50^{\circ}\text{C}$	при $t=70^{\circ}\text{C}$
1:1	40,32	52,25	16,94	14,65
1:2	69,04	74,64	8,79	7,11
1:3	81,46	85,49	5,26	4,07
1:4	89,15	93,73	3,08	1,76
1:5	92,94	96,35	2,00	1,02
1:6	95,23	97,72	1,36	0,64
1:7	96,67	98,93	0,96	0,3
1:8	97,53	99,29	0,69	0,2

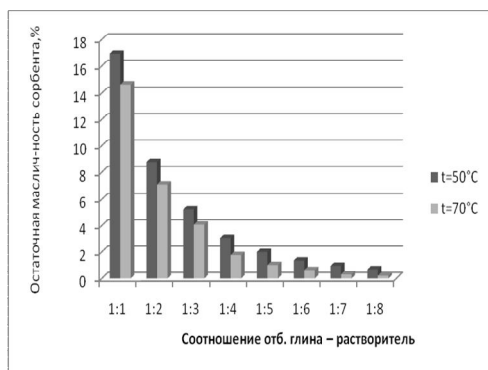


Рис.1 Изменение остаточной маслянисти сорбента от количества введенного растворителя

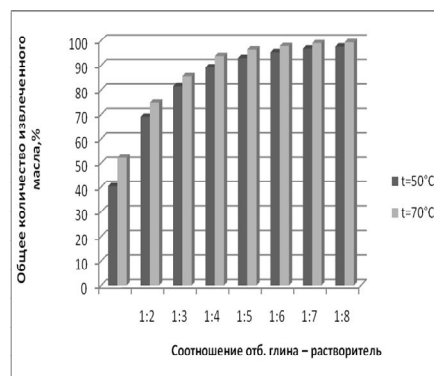


Рис.2 Степень извлечения масла из отработанного сорбента от количества введенного растворителя

Как видно из таблицы и рисунков при извлечении масла перколяционным способом при соотношении сорбент: растворитель – 1:4 и  $t=70^{\circ}\text{C}$  были получены следующие результаты: общее количество извлеченного масла составляет  $> 90\%$ , остаточная маслянисть –  $< 2\%$ , что говорит о преимуществе использования перколяционного способа извлечения масла перед контактным методом, так как уменьшается расход растворителя более, чем в 2 раза, процесс происходит в 1 стадию и не требует дополнительной фильтрации.

### Выводы

1. В ходе проведенных исследований была показана возможность извлечения масла при помощи абсолютного этилового спирта с использованием типового, несложного оборудования.

2. Перколяционный метод извлечения масла рациональнее и экономичнее контактного метода, т.к. уменьшается расход растворителя, время осуществления операции и число стадий процесса.

**Список литературы:** 1. *И. Н. Демидов.* Использование этанола в масложировой промышленности. Научно-виробничий журнал «Олійно-жировий комплекс»: Днепропетровск, №1(4),2004,с. 27-29. 2. *А.А. Савус, С.Н. Мольченко, И.Н.Демидов.* Извлечение жиров из отработанного адсорбента производства пищевых растительных масел. Вестник НТУ «ХПИ». - Харьков, № 9, 2011, с. 7-9. 3. *Технология производства растительных масел.* Под общ. ред. В. М. Копейковского. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982г. – 416с.

*Поступила в редколлегію 06.12.2011*

**УДК 615.012.014**

**Є.М. СЕМЕНИШИН**, докт.техн.наук, проф., НУ«Львівська політехніка», Львів

**Р.В. СТАДНИК**, асп., НУ«Львівська політехніка», Львів

### **МЕХАНІЗМ ТА КІНЕТИКА ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З АМАРАНТУ В УМОВАХ НЕРУХОМОГО ШАРУ**

Розглянуто кінетику екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту гібриду в умовах нерухомого шару. В основу такої моделі положено рівняння (1) кінетики екстрагування цільового компонента з пористих структур. Визначено час повного вилучення цільових компонентів, а також коефіцієнт стислої дифузії. Показано, що експериментальні дані задовільно узгоджуються з теоретичними уявленнями.

**Ключові слова:** екстракція олії, дифузія.

Рассмотрена кинетика экстрагирования масла из измельченных семян амаранту гибриду в условиях неподвижного слоя. В основу такой модели положено уравнение (1) кинетики экстрагирования целевого компонента из пористых структур. Определенно время полного исключения целевых компонентов, а также коэффициент сжатой диффузии. Показано, что экспериментальные данные удовлетворительно согласовываются с теоретическими представлениями.

**Ключевые слова:** экстракция растительного масла, диффузия.

The kinetics of oil extraction from Hybrid Amaranth ground seeds in conditions of remaining coat has been considered. The basis of the presented model lies in the formula (1) of kinetics of target component extraction from porous structures. The time of full target components extraction and constrained diffusion coefficient have been determined. There has been shown that the experimental data are adequately conformed with theoretical concepts.

**Keywords:** oil extraction, diffusion.

Екстрагування цільових компонентів, зокрема олії, з рослинної сировини широко застосовується в різних галузях промисловості (хімічна, фармацевтична, харчова). Однією з таких олієвмісних рослин є амарант гібрид (*Amaranthus hybridus*).

Вилучення амарантової олії проводилось нами екстракційним методом в умовах нерухомого шару. Процеси в шарі (рухомий, нерухомий) мають ряд суттєвих переваг над іншими. Однією з них є одержання порівняно чистих

розчинів. Що стосується процесу екстрагування, то як справедливо зазначає Шафер [1] в зваженому, агітаційному, киплячому шарі кількість вилучених цільових компонентів з одиниці об'єму апарата в декілька раз менша ніж в нерухомому шарі, це дає підстави вважати за доцільне використовувати процес в шарі при виборі технологічної схеми вилучення цільових компонентів методом екстрагування.

В експериментах проведених нами [2] встановлено, що процес екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту протікає за змішаним механізмом – зовнішньо- та внутрішньодифузійним, оскільки в процесі подрібнення руйнуються бар'єри на шляху проникнення цільового компонента з пористих структур в основну масу екстрагента. Тому та частина олії, яка знаходиться на новоутвореній поверхні в процесі подрібнення переходить в розчин за зовнішньодифузійним механізмом, в той час, коли друга частина екстрагується за внутрішньодифузійним механізмом (рис. 1)

Тому, якщо позначити загальну масу олії, що міститься в насінні –  $M_0$ , масу олії, що знаходиться в пористих частинках –  $M_{01}$ , а масу олії, що знаходиться на поверхні –  $M_{02}$ , то

$$M_0 = M_{01} + M_{02}$$

Зменшення розміру зерна пов'язане з збільшенням фазового контакту, що сприятиме збільшенню долі цільового компонента, який вилучається за зовнішньо дифузійним механізмом. Якщо позначити  $M_{01}/M_{02} = \alpha$ , то встановити область, в

якій проходить процес екстрагування можна за методикою [3]. На рис. 2 показано

залежність  $1 - \alpha = f(d)$ . З рис. 2 видно, що для частинок зерна розміром менше 0,08 мм  $\alpha = 1$  і процес протікає за зовнішньодифузійним механізмом; для частинок розміром 0,08 – 0,7 мм характерним є змішаний (зовнішньо- та внутрішньодифузійний) механізм; а для частинок, в яких  $d_{\text{сеп}} > 0,7$  мм процес протікає за внутрішньодифузійним механізмом.

Для вивчення особливостей масопереносу в умовах нерухомого шару нами проведені експериментальні дослідження процесу екстрагування в апараті колонного типу.

В [4] показано, що при екстрагуванні речовини з пористих структур морфологічної будови в умовах нерухомого шару спостерігається два періоди.

Перший період характеризується наявністю речовини в пористих частинках і продовжується до того часу, поки в частинках у вхідному шарі не буде повністю

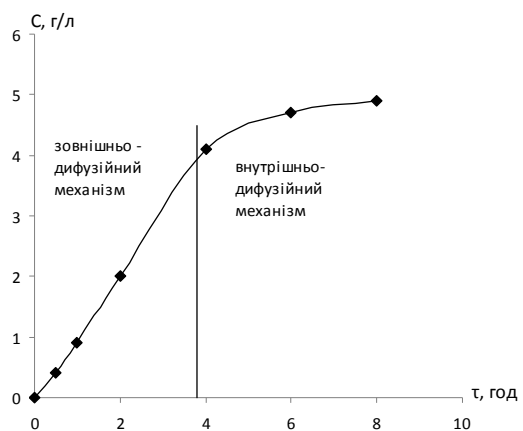


Рис.1. Залежність концентрації від часу для полідисперсної суміші подрібненого насіння  $d_{\text{сеп}} = 0,5$  мм амаранту гібриду хлористим метиленом

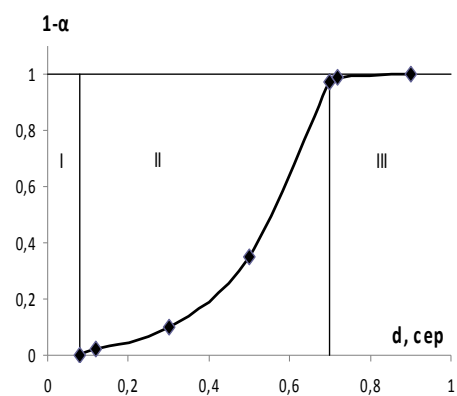


Рис. 2. Залежність  $1 - \alpha = f(d_{\text{сеп}})$



вилучений цільовий компонент, (Рис. 3., зона А). В деяких випадках, коли процес протікає порівняно швидко (при екстрагуванні цільового компонента з частинок малого розміру) тривалістю першого періоду можна нехтувати. Для процесу, який протікає дуже повільно, тривалість цього періоду може бути досить значною і його необхідно враховувати при визначенні повного часу екстрагування  $T$ .

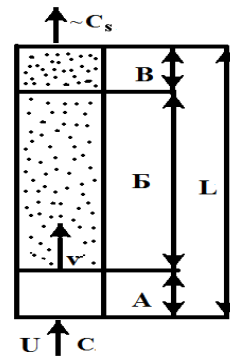


Рис. 3. Схема вилучення олії з шару подрібненого насіння амаранту, яка характеризується трьома зонами: А, Б і В

В зоні Б проходить насичення екстрагента цільовим компонентом, концентрація розчину в цій зоні збільшується від початкової концентрації до концентрації насичення  $C_s$ .

Зона В характеризується тим, що в процесі екстрагування концентрація розчину зберігає значення  $C_s$  при умові достатньої довжини шару  $L$ .

Таким чином, в другому періоді в шарі існує три зони. В першій цільовий компонент відсутній, в другій і третій зонах цей компонент ще знаходиться. Починаючи з моменту  $t_1$  (час першого періоду), границя між двома зонами переміщається в напрямку руху екстрагента з деякою постійною швидкістю  $-v$ . З моменту часу ( $t_1$ ) зона Б зменшується, а зона В залишається незмінною. Коли верхня границя зони Б досягне вихідного січення концентрація розчину  $C_1$  починає зменшуватись і стає рівною початковій концентрації  $C$  в момент, коли границя, що розділяє зони А і Б досягне вихідного січення шару. Рух границі зони А і Б починається не відразу з початком руху розчинника, а через певний відрізок часу  $t_1$  ( час першого періоду).

Таким чином, час повного вилучення цільових компонентів з шару буде рівним  $T=t_1+t_2$ .

Для визначення часу  $t_1$  і  $t_2$  використано нами рівняння виду [5]:

$$\tau = \frac{t}{T} = \frac{D_c \cdot t}{R^2} \cdot \frac{C_1}{\eta} = \frac{1}{6} - \frac{\varphi_0^2}{2} + \frac{\varphi_0^3}{3}; \quad (1)$$

$$\frac{\beta \cdot \rho_T}{C_s - C_1} \cdot \left( \frac{1}{6} - \frac{\varphi_0^2}{2} + \frac{\varphi_0^3}{3} \right) = \frac{D_c \cdot t}{R^2}; \quad (2)$$

де  $\tau$  – безрозмірний час;  $\varphi_0$  - безрозмірний радіус частинки;  $\beta$  - вміст олії в одиниці маси насіння;  $C_1$  – концентрація олії в розчині, що відповідає часу  $t$ ;  $R$  – радіус насіння;  $D_c$  – коефіцієнт стислої дифузії;  $\rho_T$  – густина насіння;  $\eta$  – маса насіння в одиниці об'єму;  $C_s$  – концентрація насичення;  $C$  – початкова концентрація розчину.

Для умов повного вилучення цільових компонентів ( $\varphi_0=0$ ) час  $t_1$  можна визначити з рівняння (2). Згідно рівняння (2) час першого періоду  $t_1$  буде рівним:

$$t_1 = \frac{1}{6} \cdot \frac{\beta \cdot \rho_T \cdot R^2}{(C_s - C_1) \cdot D_c} \quad (3)$$

Швидкість переміщення границі між зонами  $\vartheta$ , з врахуванням пористості насіння, можна визначити:

$$\vartheta = \frac{C_s - C_1}{\rho} \cdot \frac{U \cdot \rho_T}{\eta \cdot m} \quad ; \quad (4)$$

де  $m = \beta \cdot \frac{\rho_T}{\rho}$  – пористість частинок насіння;  $U$  – швидкість фільтрації екстрагента;  $\rho$  – густина олії.

Тому час другого періоду визначається з рівняння:

$$t_2 = \frac{v}{L} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot L \cdot m}{\rho_T \cdot (C_s - C_1) \cdot U} \quad (5)$$

де  $L$  – довжина шару.

Таким чином, час повного вилучення цільового компонента становить:

$$T = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{\eta \cdot \beta}{C_s \cdot U} \cdot L \quad ; \quad \text{при умові } C = 0 \quad (6)$$

Рівняння (6) є рівнянням прямої, яка відтинає на осі ординат (при  $L \rightarrow 0$ ) відрізок  $t_1$  і має кут нахилу до осі абсцис під кутом  $\alpha$ , тангенс якого:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\eta \cdot \beta}{C_s \cdot U} \quad (7)$$

Порівнюючи (7) та (4) знаходимо

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{v} \quad (8)$$

З рівняння (7) і (8) слідує, що  $\operatorname{tg} \alpha$  являє собою час, який витрачається на вилучення цільового компонента з одиниці довжини шару.

Таким чином залежність  $t-L$  дає можливість шляхом інтерполяції експериментальної прямої  $t=f(L)$  до перетину з віссю  $t$  визначити час першого періоду  $t_1$  і другого періоду  $t_2$ , а відтак визначити час  $T$  і коефіцієнт стислої дифузії  $D_c$  згідно рівняння виду:

$$D_c = \frac{1}{6} \cdot \frac{\rho \cdot R^2}{C_s \cdot t_1} \quad (9)$$

Дослідження по вивченню кінетики екстрагування олії з подрібненого насіння амаранту в умовах нерухомого шару проводились на експериментальній установці рис. 4, згідно наступної методики: з ємності 1 за допомогою насоса 2 подається екстрагент в напірний бак 3, звідки насосом 6 подається в екстрактор колонного типу 7.

В екстракторі колонного типу екстрагент фільтрується через шар подрібненого насіння  $d_{\text{сер}}=0,5$  мм і екстрагує олію, яка міститься в шарі. На виході з екстрактора 7

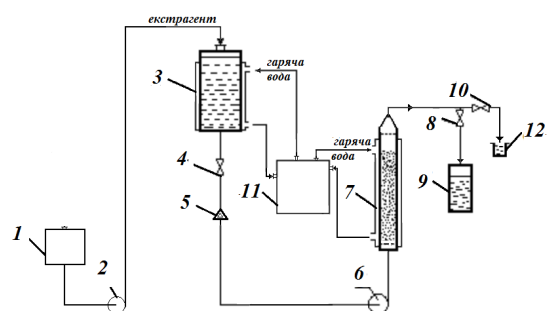


Рис. 4. Схема експериментальної установки: 1 – ємність з чистим екстрагентом; 2, 6 – насоси; 3 – напірний бак; 4, 8, 10 – крани; 5 – витратомір; 7 – екстрактор колонного типу; 9 – ємність для збору відпрацьованого екстрагента; 11 – термостат; 12 – ємність для відбору проб.

відпрацьований екстрагент попадає в ємність 9. Для визначення концентрації олії в екстрагенті через певні проміжки часу відбирали проби, які фільтрували на фільтрувальному папері під вакуумом, відганяли екстрагент, а залишок упарювали в сушильній шафі до постійної ваги.

Масу олії визначали гравіметричним методом за різницею маси бюкса з олією і порожнього бюкса. Досліди проводились при температурі 25 °С, постійній швидкості фільтрації  $U=7,7 \cdot 10^{-1}$  м/с, яку вимірювали за допомогою ротаметра 5, при різних висотах шару 0,1; 0,2; 0,3; 0,5 м. В якості екстрагента використовували хлористий метилен.

Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 3 і рис. 4 в виді залежностей концентрації від часу  $C=f(\tau)$  і  $t=f(L)$ . Аналіз результатів досліджень показав, що дослідні дані задовільно співпадають з теоретичними прямими, які були побудовані згідно рівнянь (6) і (7).

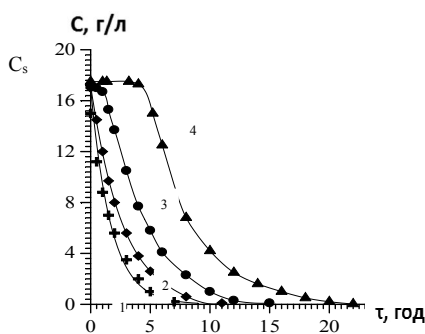


Рис. 5. Залежність концентрації олії від часу при екстрагуванні олії з подрібненого насіння  $d_{\text{сер}}=0,5$  мм в нерухомому шарі при  $t = 25$  °С і різних висотах шару: 1 –  $L=0,1$  м; 2 –  $L=0,2$  м; 3 –  $L=0,3$  м .4 –  $L=0,5$  м – довжина шару, яка забезпечує досягнення  $C_s$ .

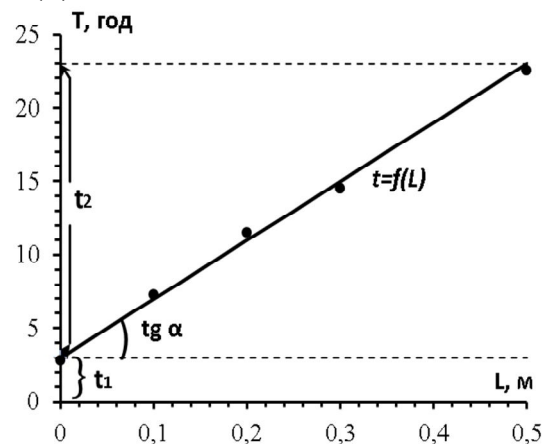


Рис. 6. Залежність  $t=f(L)$ . Залежність  $t$  від  $L$  побудована згідно рівнянь (6) і (7); точки – експериментальні дані.

Визначено коефіцієнт стислої дифузії, згідно рівняння (9) згідно вказаної методики, при вилученні олії з насіння подрібненого насіння амаранту гібриду ( $d_{\text{сер}}=0,5$  мм ) при температурі 25 °С, який становить  $D=4 \cdot 10^{-11}$  м<sup>2</sup>/с та визначено час повного вилучення цільового компонента (олії), який для шару висотою  $L=0,1$  м становив  $T=8$  год; для шару  $L=0,2$  м становив  $T=12$  год; для шару  $L=0,3$  м становив  $T=15$  год; для шару  $L=0,5$  м становив  $T=23$  год.

**Список літератури:** 1. Shafer H. Chem.Ing.tech. 33, 551, 1961 . 2. Семенишин Є.М., Ятчишин Й.Й., Стадник Р.В. Амарантова олія. Проблема вилучення цільових компонентів з насіння амаранту гібриду (amaranthus hybridus) екстрагуванням // Хімічна промисловість України. – Київ, № 2(97) 2010. – с.19 – 22. 3. Семенишин Є.М., Стадник Р.В. асп., Троцький В.І. Федорчук-Мороз В.І. Вплив дисперсності насіння амаранту на механізм екстрагування олії // Наук. Пр. Одес. Нац. акад. харчових технологій. – 2011. – Вип. 39. – Т. 2. – С. 159-163. 4. Аксельруд Г.А., Семенишин Е. М., Дацко Р.П., Дурандин К.И. Массообмен при извлечении серы из слоя частиц серной руды// ИФЖ. – 1971. –Т.XXI, № 3. – с. 447-451 5. Семенишин Є.М. Кинетика екстрагирования твердой фазы из пористых структур: Автореф. дис. ... док. техн. наук. – Ленинград, 1983 г.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

*А.П. МЕЛЬНИК*, докт. техн. наук; проф. НТУ “ХПІ”, Харків  
*І.В. ЛЕВЧУК*, канд. техн. наук, «Укрметртестстандарту», Київ  
*О.М. ГЕТМАНЦЕВ*, асп., НТУ “ХПІ”, Харків

## ОДЕРЖАННЯ ВИЩІХ ЖИРНИХ СПИРТІВ РЕАКЦІЄЮ АМІДУВАННЯ РОСЛИННОГО ВОСКУ

Досліджено реакцію взаємодії діетаноламіну з бджолиним та рослинним восками при мольному відношенні реагентів 1:1 і температурах 483, 503 та 523 К впродовж двох годин. Визначено фракційний склад продуктів реакції. Виділено вищі жирні спирти, які утворюються в процесі реакції. Оцінено фізико-хімічні показники одержаних спиртів.

Исследовано реакцію взаємодіяння диетаноламіна с пчелиным и растительным восками при мольном отношении реагентов 1:1 и температурах 483, 503 и 523 К в течении двух часов. Определен фракционный состав продуктов реакции. Выделены высшие жирные спирты, которые образуются в процессе реакции. Оценены физико-химические показатели полученных спиртов.

The interaction reaction of beeswax and vegetable wax with diethanolamine under molar ratio of reagents as 1:1 at the temperature points 483, 503 and 513 K during two hours has been investigated. Fraction composition of reaction products has been determined. Fatty alcohols which forms during reaction has been separated. Physical and-chemical characteristics of obtained alcohols have been estimated.

Вищі жирні спирти (ВЖС) широко застосовуються в народному господарстві. Попит на них для виробництва поверхнево-активних речовин, миючих засобів, змочуючих компонентів, присадок постійно збільшується. Сумарне світове виробництво вищих жирних спиртів перевищує 3 млн. тон на рік, спиртів фракції C12 – C20 порядку 2 млн. тон в рік [1, 2].

Вищі жирні спирти не виробляються вітчизняною промисловістю, хоча попит на них останніми роками встановився досить стабільний. Головним світовим виробником вищих жирних спиртів є компанії DOW Chemical і BASF [3].

В той же час Україна є світовим лідером з вирощування соняшника та виробництва рафінованої соняшникової олії. При виробництві прозорої соняшникової олії, яка відповідає стандарту, знадобилась додаткова стадія вимороження, в ході якої з олії осаджується, а потім відокремлюється твердий осад воскової природи складного хімічного складу. Твердий восковий осад раніше використовувався в виробництві мила низьких сортів [4], але на теперішній час попит на цей вид продукції знизився. Виморожений осад – це одне з перспективних джерел для одержання соняшникового воску. В складі вимороженого осаду концентрація восків може досягати 28 % мас. На сьогоднішній день вже відомо можливість одержання ВЖС з восків [2]. При цьому деякі з методів знайшли своє застосування в промисловому виробництві. Разом з тим для них характерні такі недоліки як складність апаратного забезпечення та великі енергозатрати при виробництві. Крім того існуючі технології розраховані на обмежені ресурси восків.

Самі воски мають виключно важливе значення для народного господарства. Вони застосовується більш ніж в 50 галузях промисловості. На теперішній час світова потреба у восках різної природи перевищує 1 млн. т. на рік, яка постійно збільшується. Воски знаходять широке застосування для потреб медичної, косметичної, електротехнічної промисловості, а також використовуються при виготовленні ряду продуктів військово-технічного та космічного призначення [1, 2].

За останні роки розроблено ряд модифікованих восків, які на відміну від натурального воску позбавлені їх несприятливих органолептичних показників і мають більш виражену емульгуючу здатність [5]. Разом з цим воски можуть бути сировиною для одержання поверхнево-активних речовин, що на сьогодні мало відомо. Тому дослідження реакції перетворення восків в інші речовини є актуальними.

Виходячи з актуальності, виникає задача перетворення воску рослинної олії в азотовмісні похідні жирних кислот і жирні спирти, які можуть бути отримані при амідуванні воску.

Попередніми дослідженнями [6,7] амідування воску, визначено умови одержання азотовмісних поверхнево-активних речовин з максимальним ступенем перетворення. Як модель рослинного воску на першому етапі роботи було використано бджолиний віск [6].

Вивчення реакції амідування рослинного воску проведено при температурах 483 – 523 К і мольному відношенні реагентів 1 : 1. Одержані кінетичні криві перетворення амінного азоту в амідний для рослинного воску за своїм виглядом майже не відрізняються від кінетичних кривих реакції амідування бджолиного воску. Максимальний ступінь перетворення, який досягнуто реакцією амідування бджолиного воску складає 89,4%, для рослинного воску він складає 89,7 %. Тому можна стверджувати, що реакція амідування рослинного і бджолиного восків протікають за одним механізмом.

Для оцінки констант швидкостей реакції та термодинамічних параметрів поточні концентрації воску та вищого жирного спирту перераховано у мольні частки (N), зміни яких з часом по кожному компоненту наведено на рис. 1.

Ступінь перетворення воску в ВЖС (рис. 1) плавно зростає впродовж ~ 1 години протікання реакції при всіх досліджених температурах. Подальше збільшення часу реакції до 2 годин не призводить до суттєвої зміни ступеня перетворення, підвищуючи його всього на 2 – 3 % мас. В той же час збільшення температури на 20 °С зумовлює суттєве збільшення ступеня перетворення. Подальше збільшення температури при МВ 1 : 1 зумовлює тільки більш швидке перетворення на початковій стадії реакції та не впливає на максимальний ступінь перетворення впродовж заданого часу [6].

Одержаний продукт синтезу було досліджено на газовому хроматографі

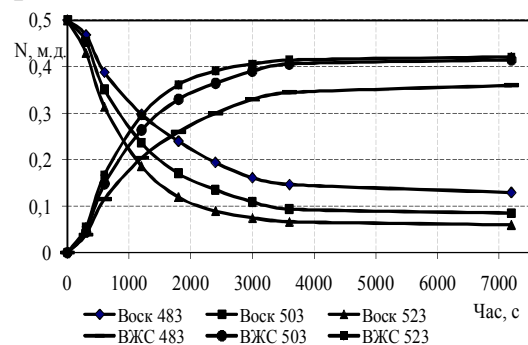


Рис. 1 Залежність мольної частки воску та ВЖС від часу протікання реакції

VarianCP 3800 з колонкою VF-5HT – 15x0,32x0,1, інжектор 410 °С, газ-носій – гелій.

Результати дослідження наведено на рис. 2 і у табл. 1

Як видно (рис. 2, табл. 1) одержані в результаті реакції продукти включають молекули довжина радикалів яких досягає С40 – С50. Це дає змогу допустити, що виділені вищі жирні спирти характеризуються такою ж довжиною. А тому їх згідно [8] можна застосовувати як стабілізатори емульсій або емульгатори.

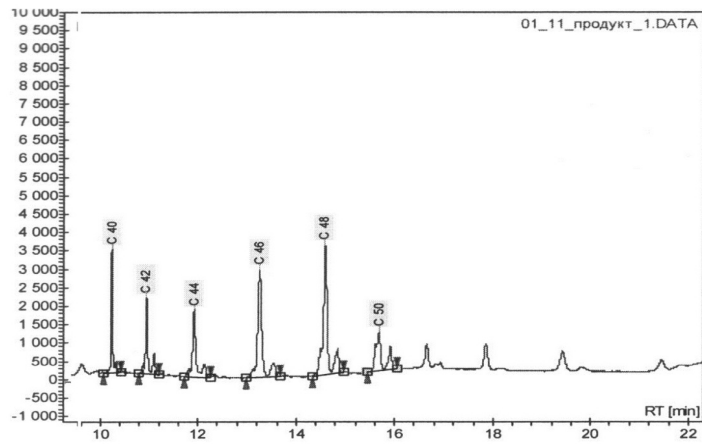


Рис. 2 Хроматограма продукту синтезу

Таблиця 1. Фракційний склад продукту синтезу

№	Фракційний склад	Площа піку, $\mu\text{V}\cdot\text{min}$	Кількість, %мас
1	C40	134,6	10,209
2	C42	139,6	10,588
3	C44	171,5	13,006
4	C46	325,3	24,676
5	C48	381,8	28,957
6	C50	165,6	12,563
Всього		1318,5	100

Фізико-хімічні показники виділених з продуктів реакції жирних спиртів наведено у табл. 2

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники виділених ВЖС одержаних реакцією амідування рослинних восків.

КЧ	ЕфЧ	Масова частка води, %	Масова частка вуглеводнів, %	Йодне число	Масова частка основної речовини, %	Температура' топлення, °К
0	0,1	0	0,01	1,7	99,9	369

Примітка: така температура топлення відповідає спиртам з радикалом С46 [1].

### Висновки:

1. Встановлено, що при підвищених температурах ступінь перетворення рослинного та бджолиного воску в ВЖС досягає ~ 90 %
2. Показано, що максимальний ступінь перетворення воску в ВЖС досягається через ~ 1 – 1,5 год.
3. Оцінено фракційний склад продукту реакції газовою хроматографією.
4. Визначені фізико-хімічні показники виділених вищих жирних спиртів



з продукту амідування воску.

**Список літератури:** 1. Локтев С.М., Клименко В.Л., Камзолкин В.В. и др. Высшие жирные спирты. – Москва, 1970. – С. 48 - 52. 2. Ивановский Л.В. Энциклопедия восков. Воски и их важнейшие свойства. – Ленинград, 1956. – С. 17 – 35. 3. Евразийский химический рынок. Международный деловой журнал / [Миреев В.И., Гаевский Б.М.] – Симферополь «Фирма «Салта»ЛТД» 4. Перевалов Л.И. Химия углеводов и высших жирных спиртов. – Харьков, 2007. – 336 с. 5. Русчев Д. Д. Химия твердого топлива. Л., «Химия», 1976 г. – 256 с. 6. Мельник А.П., Папченко В.Ю., Гетманцев О.М. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – № 10. - С. 28 – 32. 7. Мельник А.П., Гетманцев О.М. Дослідження реакції амідування бджолиного воску // Вісник ХДПУ. 2009. Вип. 33.- С. 46-48. 8. Интернет ресурс [http://ec.europa.eu/consumers/cosmetics/cosing/index.cfm?fuseaction=ref\\_data.functions](http://ec.europa.eu/consumers/cosmetics/cosing/index.cfm?fuseaction=ref_data.functions)

Поступила в редколлегию 06.12.2011

**УДК 656.13**

**М.А. КАЗАКОВА**, асп., ХНАДУ, Харьков

## **ОБОБЩЕННАЯ ОЦЕНКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА**

Предложена методика сравнительной оценки определения выбросов вредных веществ в атмосферу в зависимости от режима движения с учетом неоднородности транспортного потока. Методика основана на использовании коэффициентов приведения, выведенных на основе нормативного расхода топлива и удельных выбросов загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, транспортные средства, транспортный поток

Запропонована методика порівняльної оцінки визначення викидів шкідливих речовин в атмосферу залежно від режиму руху з врахуванням неоднорідності транспортного потоку. Методика заснована на використанні коефіцієнтів приведення, виведених на основі нормативної витрати палива і питомих викидів забруднюючих речовин.

**Ключеві слова:** забруднюючі речовини, транспортні засоби, транспортний потік

The method of a comparative evaluation of definition of emissions of harmful substances in atmosphere depending on a traffic condition taking into account irregularity of a transport stream is offered. The method is based on use of reduction factors deduced on the basis of a standard expense allowance of fuel and specific emissions of contaminants.

**Keywords:** pollutants, vehicles, traffic flow

### **Введение**

Рост интенсивности движения на улично-дорожной сети (УДС) городов, обгоняющий темпы совершенствования дорожных условий, предъявляет повышенные требования к проектированию комплексных схем организации дорожного движения и требует экологической оценки.

Состояние транспортного потока (ТП) меняется не только в результате изменения интенсивности движения, но и в результате изменения дорожных условий. Причем, влияние дорожных условий на основные характеристики ТП на городских улицах является решающим. Чем чаще изменяются режим движения ТП, тем сложнее происходит взаимодействие автомобилей в потоке.

В этой ситуации все более острой становится проблема поиска новых методов расчета выбросов вредных веществ (ВВВ) в зависимости от режима движения ТП.

При изучении литературных источников было выявлено, что для оценки уровня влияния ТП на ВВВ выделяют следующие критерии: интенсивность движения, скорость движения, плотность потока, критерий качества условий движения [1-7].

В результате анализа литературных источников можно сделать следующие выводы:

1. загрязнение от автотранспорта является одним из наиболее «контролируемым» параметром при глобальном загрязнении окружающей среды;
2. количество и состав отработавших газов зависят от различных категорий и режимов работы автотранспорта, конструктивных особенностей транспортного средства;
3. на количество выбросов вредных веществ оказывают влияние условия движения транспортных средств;
4. для оценки влияния режимов движения транспортного потока в основном все авторы рассматривают параметры ездового цикла (разгон, торможение, свободное движение, холостой ход), но не рассматривают влияния режимов движения на выбросы вредных веществ в городских условиях.

Цель данного исследования – разработка новой методики расчета выбросов вредных веществ, которая позволила бы оценивать различные условия движения транспортного потока и давать сравнительную оценку мероприятиям организации дорожного движения.

## **2. Методика сравнительной оценки экологической нагрузки (выбросов вредных веществ) транспортного потока в зависимости от режима движения**

Принцип принятия ТП за источник загрязнения основан на том, что его воздействие на окружающую среду рассматривается как сумма воздействий одиночных автомобилей. Экологическая безопасность одиночного автомобиля определяется техническим состоянием и конструкцией автомобиля, подготовкой водителя и в значительной степени режимом движения, выбранным в соответствии со схемой организации движения, а также другими факторами.

На интенсивность загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом оказывает влияния целый ряд факторов, основными из которых являются:

1. параметры единичного ТС (расход топлива);
2. параметры ТП (интенсивность, структура, плотность и скорость);
3. параметры дорожных условий (ширина проезжей части, условия стесненности потока);
4. параметры окружающей среды.

Учитывая сформулировано выше, автором предложена следующая целевая функция

$$K_l^{ТП} = f(K_v, K_{cm}, K_l, K_{np}, N_{np_0}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $K_l^{ТП}$  - коэффициент относительного изменения расхода топлива ТП в зависимости от режима движения;

$N_{np_0}$  - интенсивность ТП, приведенного к базовому автомобилю;



$K_v$  - коэффициент изменения скорости движения;

$K_l$  - коэффициент относительного изменения расхода топлива в зависимости от режима движения единичного автомобиля;

$K_{cm}$  - коэффициент стесненности;

$K_{np}$  - коэффициент приведения к базовому автомобилю для ТС  $i$ -го типа.

На первом этапе работы были определены показатели единичного ТС при различных условиях движения. В результате данного эксперимента были исследованы следующие режимы движения [8]:

- свободный поток движения со скоростью 70-80 км/ч (без остановок транспортного средства);

- свободный поток движения со скоростью 50-60 км/ч (без остановок транспортного потока);

- свободный режим движения с остановками транспортного средства;

- стесненный режим движения;

- режим «старт-стоп».

Для оценки ВВВ ТС при выбранных режимах движения была экспериментально определена скорость движения и расход топлива базового автомобиля в потоке [8]. Для получения исходных данных к датчикам ТС Daewoo Lanos, с рабочим объемом двигателя 1598 см<sup>3</sup>, соответствующего экологическим стандартам Евро-2, было подключено дополнительное оборудование (адаптер RS23 k-line), которое подсоединено к ноутбуку с программным обеспечением «SensDiag»

В результате экспериментального исследования была выявлена динамика изменения параметров ТС при определенных режимах движения. По полученным результатам определяем коэффициенты относительного изменения расхода топлива в зависимости от режима движения единичного ТС, коэффициент изменения скорости и коэффициент стесненности.

Коэффициент относительного изменения расхода топлива в зависимости от режима движения базового (единичного) автомобиля

$$K_l = \frac{Q_l}{Q_l^{св70-80}}, \quad (2)$$

где  $Q_l$  - суммарный расход топлива ТС в исследуемом режиме движения потока на мерном участке;

$Q_l^{св70-80}$  - суммарный расход топлива ТС в режиме свободного движения (без остановки) со скоростью 70-80 км/ч на мерном участке.

Коэффициент изменения скорости движения определяется как

$$K_v = \frac{V_{св}}{V_i}, \quad (3)$$

где  $V_{св}$  - средняя скорость ТС в свободном движении, км/ч;

$V_i$  - средняя скорость движения ТС в исследуемом режиме движения, км/ч.

Для количественной оценки понятия стесненности движения вводим понятие коэффициента стесненности

$$K_{cm} = \frac{l_n}{l_{ocm}}, \quad (4)$$

где  $l_n$  - ширина проезжей части, м, (3,75 м);

$l_{ocm}$  - оставшаяся ширина проезжей части с учетом припаркованных автомобилей, м.

$$l_{ocm} = l - l_a, \quad (5)$$

где  $l$  - ширина проезжей части в рассматриваемом направлении движения, м;

$l_a$  - ширина припаркованного на проезжей части автомобиля, м.

После обработки экспериментальных данных с помощью программного обеспечения STATISTICA, были получены регрессионные модели коэффициента относительного изменения расхода топлива в зависимости от режима движения и скорости транспортного потока при стесненных условиях

$$\begin{cases} K_i^{лето} = -1,8044 + 15,3626 \cdot \ln\left(\frac{V_{ce}}{V_i}\right) \\ K_i^{зима} = -3,8372 + 21,0238 \cdot \ln\left(\frac{V_{ce}}{V_i}\right) \\ V_i = 53,201 \cdot K_{cm}^{-1,697} \end{cases}, \quad (6)$$

где  $K_i$  - коэффициент относительного изменения расхода топлива в зависимости от режима движения базового (единичного) автомобиля (летний и зимний период);

Полученные зависимости позволяют оценить влияние режимов движения на выброс загрязняющих веществ единичным автомобилем. При значительном разнообразии состава ТП существенную сложность составляет учет выбросов от разных категорий автомобилей.

На следующем этапе работы надо перейти от единичного (базового) автомобиля к потоку. Приведение ТП к базовому автомобилю осуществляется через коэффициенты приведения. Значение коэффициентов приведения определяется исходя из существующих нормативных документов, устанавливающих допустимые величины ВВВ.

Интенсивность ТП, приведенная к базовому автомобилю, определяется по формуле

$$N_{np_0} = K_{np_1} \cdot N_1 + K_{np_2} \cdot N_2 + \dots + K_{np_n} \cdot N_n, \quad (7)$$

где  $N_i$  - количество транспортных единиц  $i$ -го типа в потоке;

$K_{np}$  - коэффициент приведения к базовому автомобилю для транспортных средств  $i$ -го типа.

$$K_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{q_{n_i} \cdot \rho_j \cdot (A_{CO} \cdot CO + A_{CH} \cdot CH + A_{NO_2} \cdot NO_2 + A_{TЧ} \cdot TЧ)}{q_{n_0} \cdot \rho_j \cdot (A_{CO} \cdot CO + A_{CH} \cdot CH + A_{NO_2} \cdot NO_2 + A_{TЧ} \cdot TЧ)} \right] \cdot d_i}{n}, \quad (8)$$

где  $q_{ni}$  - нормативный расход топлива ТС, л/100 км;

$q_{нб}$  - нормативный расход топлива базового автомобиля, л/100 км;

$\rho_j$  - плотность топлива, кг/л (для бензина – 0,76 кг/л, для дизельного топлива 0,85 кг/л);

$A_{CO}$ ,  $A_{CH}$ ,  $A_{NO_2}$ ,  $A_{ТЧ}$  - показатели относительной агрессивности для оксида углерода, углеводорода, оксида азота и твердых частиц к оксиду углерода;

$CO$ ,  $CH$ ,  $NO_2$ ,  $ТЧ$  (твердые частицы) – значения удельных (пробеговых) выбросов загрязняющих веществ для ТС, движущихся по автомагистралям, кг/км;

$CO_б$ ,  $CH_б$ ,  $NO_{2б}$ ,  $ТЧ_б$  - значения удельных (пробеговых) выбросов загрязняющих веществ базового автомобиля, кг/км;

$n$  - количество марок автомобилей в потоке по категориям;

$d_i$  - доля ТС (марок автомобилей) в ТП.

Показатели относительной агрессивности определяется по формуле

$$A_i = \frac{ПДК_{CO}}{ПДК_i}, \quad (9)$$

где  $ПДК_{CO}$  - предельно-допустимая среднесуточная концентрация  $CO$  в атмосфере, мг/м<sup>3</sup>;

$ПДК_i$  - предельно-допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере, мг/м<sup>3</sup>.

Данная методика позволяет оценить изменения ВВВ в зависимости от режима движения с учетом неоднородности ТП. Изложенная выше методика определения ВВВ, позволяет перейти к следующему этапу работы, а именно к сравнению различных вариантов организации дорожного движения.

**Список литературы:** 1. Шаталова Е.Е. Совершенствование оценки массовых выбросов загрязняющих веществ отработавших газах автомобильного транспорта [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / Е.Е. Шаталова; [Ростовский гос. строительный ун-т]. – Волгоград, 2007. – 16 с. 2. Луканин В.Н., Автотранспортные потоки и окружающая среда: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, Ю.В. Трофименко, М.В. Яшина – М.: ИНФРА-М, 1998. – 408 с. 3. Амбарцумян В.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта [Текст] / В.В. Амбарцумян, В.Б. Носов, В.И. Тагасов, В.И. Сарбаев – М.: ООО Изд-во «Научтехлитиздат», 1999. – 235 с. 4. Негров Н.С. Методические принципы моделирования токсичных выбросов автомобилей для оценки экологического ущерба [Текст] / Н.С. Негров // материалы Международной науч.-прак. конф., Ростов-на-Дону, 2003 г.- С. 87-88. 5. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. пособие для вузов [Текст] / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев – М.: Транспорт, 2001. – 247 с. 6. Сарбаев В.И. Теоретические основы обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта [Текст] / В.И. Сарбаев – М.: Изд-во МГИУ, 2003. – 144с. 7. Колесов Г.В. Средства и технологии оценки загрязнения городской воздушной среды автотранспортными потоками [Текст]: автореф. дис...канд. техн. наук:25.00.36 «Геоэкология» / Г.В. Колесов; [Ин-т криосферы земли СО РАН]. – Тюмень, 2004. – 21 с. 8. . Гецович Е.М., Методика сравнительной оценки вариантов организации по загрязнению окружающей среды [Текст] / Е.М. Гецович, М.А. Казакова/ Белорусский национальный технический университет: сб. науч. Тр/ М-во образования Республики Беларусь; редкол.: Романюк Ф.А. (гл.ред) и др. – 2001. –ст.171-178.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

**О. В. РИБАЛОВА**, канд. техн. наук, доц., НУ цивільного захисту України, Харків

**Є. О. ВАРИВОДА**, канд. геогр. наук, доц., НУ цивільного захисту України, Харків

**В. А. СКИБА**, студ., НУ цивільного захисту України, Харків

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ**

Запропоновано новий підхід для оцінювання екологічного ризику погіршення стану ґрунтів з метою подальшого визначення допустимого антропогенного навантаження. Проведено оцінювання ризику забруднення ґрунтів важкими металами для здоров'я населення на прикладі Харківського району.

**Ключові слова:** екологічний ризик, ґрунти, здоров'я населення.

Предложен новый подход для оценивания экологического риска ухудшения состояния почв с целью дальнейшего определения допустимой антропогенной нагрузки. Проведено оценивание риска загрязнения почв тяжелыми металлами для здоровья населения на примере Харьковского района.

**Ключевые слова:** экологический риск, почвы, здоровье населения.

The new approach for the assessment of ecological risk of the soils degradation has been developed with the aim of acceptable anthropogenic pressure identification. The assessment of the risk of impact of soils contamination by heavy metals on the people's health on the example of Kharkivskiy region has been accomplished.

**Keywords:** ecological risk, soils, people's health.

### **Постановка проблеми**

Сучасне використання земельних ресурсів України вимагає прискореного впровадження принципів раціонального природокористування, першим й найважливішим етапом якого повинна стати комплексна оцінка якісного стану ґрунтів і визначення припустимого антропогенного навантаження.

Найбільш перспективним методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки є оцінка екологічного ризику на різних ієрархічних рівнях територіальної організації. Даний метод дозволяє визначити допустимий антропогенний тиск з метою збереження рівноваги природного середовища з забезпеченням відтворення основних її компонентів, а також приймати необхідні цільові управлінські рішення щодо пом'якшення негативного впливу та пріоритетності впровадження природоохоронних заходів [1-2].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

В Україні та інших країнах світу використовують різноманітні методи екологічного нормування окремих компонентів довкілля, що засновані на використанні гранично допустимих значень окремих показників їх стану, в основному концентрацій вмісту шкідливих та забруднюючих речовин та деяких показників фізичного стану цих компонентів.

Фахівцями УкрНДІЕП розроблено нову методики комплексної оцінки екологічного стану ґрунтів, що призначена для її застосування при визначенні рівня забрудненості ґрунтів різних регіонів України [3-4]. Основний принцип вибору параметрів стану із великої сукупності характеристик ґрунту – це не прагнення характеризувати ґрунт найбільше повно, а концентрація уваги на тих властивостях ґрунту, які найбільшою мірою піддані змінам під впливом антропогенних факторів, тобто можуть служити інтегральним показником цих змін.

Показники, що використовуються для оцінки стану ґрунтів, як правило, визначають структуру угідь та покриву, екологічну стійкість, родючість, продуктивність та бонітет відповідного виду земельних ресурсів.

Оцінка екологічного ризику пов'язана в загальному випадку з аналізом ризику від джерел небезпеки природного походження, а також з ризиком, що виникає внаслідок забруднення і дії інших антропогенних чинників на всіх рівнях. Для отримання ефективних оцінок кожна компонента ризику повинна бути адаптована до проблем відповідного просторового масштабу.

#### **Постановка завдання та його вирішення**

В статті запропоновано підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану ґрунтів при збереженні існуючих тенденцій антропогенного тиску з метою визначення рівня небезпечності природокористування, та зроблено більш детальну оцінку ризику для здоров'я населення при сучасному стані забруднення ґрунтів важкими металами на прикладі Харківського району, що представляє наукову новизну роботи.

В загальному розумінні, екологічний ризик представляє собою ймовірність виникнення несприятливих ефектів для існування екосистем та життєдіяльності суспільства, в тому числі й для здоров'я населення, внаслідок антропогенного тиску на довкілля або впливу природних чинників.

В узагальненому вигляді екологічний ризик зводять до двох типів:

- ризик порушення стійкості екосистем ( $P$ ), прискорення процесів деградації життєдіяльності флори і фауни в результаті реального і потенційного забруднення навколишнього середовища;

- ризик здоров'ю населення ( $R$ ), який є ймовірністю розвитку у населення несприятливих для здоров'я ефектів [5].

Загальну модель оцінки екологічного ризику наведено нижче [1]:

$$M = \left\{ q_p \mid p = \overline{1, n} \right\}, \quad (1.1)$$

де:

$M$  – множина чинників ризику;

$q_p$  – чинник  $p$ -го типу ризику.

Для оцінки екологічного ризику доцільно використовувати системний аналіз багатофакторних ризиків для  $i$ -тих компонентів навколишнього природного середовища в узагальненій формі, який обумовлює можливість адаптації до конкретних умов.

Кожний  $j$ -ий показник  $x_{ij}$   $q_p$  – чинника ризику визначається інформаційним вектором  $I_{ipj}$ :

$$I_{ij} = \left\{ x_{ij} \mid x_{ij} = \left\langle x_{jq} \mid q = \overline{1, n_{ij}} \right\rangle; x_{ijq} \in Z_{ijq}; j \in N_p \right\}, \quad (1.2)$$

Кожний чинник ризику  $q_p$  характеризується показником антропогенного навантаження  $H_p$  та природними чинниками.

Антропогенне навантаження як причина порушення стійкості екосистем пов'язується з  $j$ -ою кількістю показників  $h_{pj}$  [1]:

$$H_p = \left\{ h_{pj} \mid p \in N; j = \overline{1, n_p} \right\}, N \in [1, n], \quad (1.3)$$

де:

$H_p$  – сучасний рівень антропогенного навантаження на  $i$ -ий компонент навколишнього середовища, що викликає  $p$ -ий вид ризику появи негативних наслідків для екосистеми;

$N$  – кількість чинників  $p$ -го виду ризику впливу антропогенного навантаження на  $i$ -ий компонент навколишнього середовища.

Безумовно, екологічний ризик ( $P$ ) як ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану компонентів екосистеми ( $K_i$ ) та впливу сучасного або потенційного антропогенного навантаженням ( $H_i$ ) і може бути виражена функцією [1]:

$$P = f_i(K_i, H_i), \quad (1.4)$$

В загальному вигляді ймовірність порушення екологічної стійкості та початку деградаційних процесів  $i$ -го компоненту навколишнього середовища під впливом негативних чинників визначається за формулою [1]:

$$P = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - P_i), \quad (1.5)$$

де:

$P_i$  – ймовірність порушення стійкості екосистем залежить від існуючого стану  $i$ -тих компонентів екосистеми;

$K_i$  – стан  $i$ -го компоненту навколишнього середовища;

$H_i$  – рівень антропогенного навантаження на  $i$ -тий компонент навколишнього середовища.

Оцінка екологічного ризику при сучасному стані  $i$ -го компоненту навколишнього середовища визначається за формулою [1]:

$$P_i^c = f_i(K_i^c, H_i^c), \quad (1.6)$$

де:

$K_i^c$  – сучасний стан  $i$ -го компоненту навколишнього середовища;

$H_i^c$  – сучасний рівень антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на  $i$ -тий компонент навколишнього середовища.

Екологічний ризик для ґрунтів визначається за формулою:

$$P_s^c = f(S_d \langle d = \overline{1, N_s} \rangle, H_{sl} \langle l = \overline{1, N_{HS}} \rangle), \quad (1.7)$$

де:

$S_d$  – сучасний стан ґрунтів;

$H_{sl}$  – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на ґрунти за  $d$ -тим показником.

Досягнення критичного стану ( $K^k_i$ )  $i$ -го компонента навколишнього середовища, при якому відбувається розвиток деградаційних процесів та порушення стійкості екосистеми, може відбутися за декількома сценаріями. По-перше, коли сучасний стан екосистеми знаходиться поблизу критичного, тоді навіть невелике антропогенне навантаження ( $H_i$ ) може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів, по-друге, коли антропогенне навантаження перевищує допустимі обсяги.

Для більш детальної оцінки екологічного ризику необхідно врахувати здатність екосистеми до самовідновлення, віддаленість екосистем від джерела впливу, тривалість впливу чинників антропогенного навантаження тощо.

Тоді ризик порушення стійкості  $i$ -го компоненту екосистеми може бути виражений функцією:

$$P_i = f(r, K^k_i, H_i, L, t), \quad (1.8)$$

де:

$K^k_i$  - критичний стан  $i$ -го компонента навколишнього середовища;

$r$  – віддаленість екосистем від джерел впливу;

$t$  – час, за який екосистема досягне критичного стану;

$L$  – здатність екосистеми до самовідновлення від негативного ефекту антропогенного навантаження  $H_i$ .

За представленою методикою розраховано екологічний ризик погіршення стану ґрунтів України (рис. 1).

Наступний етап роботи полягав в оцінюванні ризику здоров'ю населення при сучасному стані забруднення ґрунтів важкими металами на прикладі Харківського району Харківської області, оскільки на даний час відсутність розповсюджені системи моніторингу ґрунтів не дає можливості у повній мірі оцінити забруднення ґрунтів важкими металами.

Харківський район межує з потужним мегаполісом – м. Харків, який характеризується постійним збільшенням одиниць приватного транспорту та транспорту загального користування, що є одним із найбільших джерел надходження свинцю та цинку до ґрунту, тому пріоритетними агентами ризику в даному дослідженні визначено саме свинець та цинк.

Для оцінки припустимих індивідуальних ризиків, пов'язаних з небезпечними видами діяльності, у Великобританії використовуються так звані критерії Ешбі.



Рис. 1. Екологічний ризик погіршення стану ґрунтів України

Вони являють собою імовірності одного фатального випадку (однієї смерті) у рік. Характеристики цих критеріїв наведені в таблиці 1 [6].

Таблиця 1. Критерії прийнятності ризику (за Ешбі)

Ранг ризику	Імовірність однієї смерті в рік	Ступінь прийнятності
1	Не менш $1 \cdot 10^{-3}$	Ризик неприйнятний
2	$10^{-4}$	Ризик прийнятний лише в особливих обставинах
3	$10^{-5}$	Потрібно детальне обґрунтування прийнятності
4	$10^{-6}$	Ризик прийнятний без обмежень

За моделлю (табл.2) розподілу залежності “доза – ефект” розраховано індивідуальний ризик спричинений забрудненням ґрунтів Харківського району свинцем та цинком [6].

Таблиця 2. Вихідні дані моделі для розрахунку ризику здоров'ю людей через забруднення ґрунтів Харківського району

Агент ризику	ГДК (рухомі форми), мг/кг	Клас небезпеки	Коефіцієнт запасу
Цинк	23	1	7,5
Свинець	2	1	7,5

Індивідуальний ризик розраховується за формулою 1.9 [6]:

$$R_i = 1 - \exp \left[ \ln 0,84 \left( \frac{C}{ГДК \cdot K_3} \right)^\beta \cdot t \right], \quad (1.9)$$

де:

$R_i$  – індивідуальний ризик розвитку порушень здоров'я через забруднення ґрунтів Харківського району агентами ризику (свинцем, цинком);

$ГДК$  – гранично допустима концентрація рухомих форм агентів ризику у ґрунті;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, що встановлюється в залежності від класу небезпеки речовини;

$C_i$  – концентрація агента ризику в ґрунті;

$\beta$  – кут нахилу;

$t$  – час.

Параметри  $K_3$  рекомендовані для розрахунків для тривалості зараження 25 років. В зв'язку з цим, щоб отримати річний індивідуальний ризик  $R_{i-tl-y}$  (формула 1.10) необхідно результат розрахунку  $R_i$  поділити на 25. Цю процедуру варто здійснювати після розрахунку сукупного ризику  $R_{i-tl}$  шляхом підсумовування індивідуальних ризиків за окремими агентами для окремої рецепторної точки [6].

$$R_{i-tl-y} = \frac{R_{i-tl}}{25} \quad (1.10)$$

де:



$R_{i-tl}$  – річний індивідуальний ризик;

$R_{i-tl}$  – сукупний ризик.

Отримані значення індивідуального ризику, спричиненого забрудненням ґрунтів району свинцем та цинком представлено в таблиці 3.

Таблиця 3. Індивідуальний ризик на території Харківського району

№ точ- ки	Розташування рецепторних точок	Цинк		Свинець		$R_{i-tl}$	$R_{i-tl-y}$
		$C$ (мг/кг)	$R_i$	$C$ (мг/кг)	$R_i$		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ТОВ "Відродження"	1,38	0,00136	2,04	0,02312	0,02448	$9,8 \cdot 10^{-4}$
2.	ДГ "Кутузівське"	2,08	0,00205	2,21	0,02505	0,02710	$1,08 \cdot 10^{-3}$
3.	ТОВ "Циркунівське"	1,53	0,00151	1,94	0,02199	0,02349	$9,4 \cdot 10^{-4}$
4.	ДГ "Україна Слобідська"	1,56	0,00154	2,31	0,02618	0,02772	$1,11 \cdot 10^{-3}$
5.	ДГ "Елітне"	1,48	0,00146	2,13	0,02414	0,02560	$1,02 \cdot 10^{-3}$
6.	ТОВ АФ "Надія"	1,41	0,00139	1,26	0,01428	0,01567	$6,3 \cdot 10^{-4}$
7.	Учгосп "Комуніст"	0,99	0,00098	0,87	0,00986	0,01084	$4,3 \cdot 10^{-4}$
8.	ТОВ АФ "Нива"	1,55	0,00153	1,68	0,01904	0,02057	$8,2 \cdot 10^{-4}$
9.	ТОВ "Харківплемсервіс"	2,32	0,00229	2,20	0,02493	0,02722	$1,09 \cdot 10^{-3}$
10.	ТОВ АВ "Рассвет"	2,00	0,00197	2,69	0,03049	0,03246	$1,3 \cdot 10^{-3}$
11.	ДГ "Оберіг"	1,80	0,00177	2,12	0,02403	0,02580	$1,03 \cdot 10^{-3}$
12.	СВК "Червоний партизан"	2,21	0,00218	2,62	0,02969	0,03187	$1,27 \cdot 10^{-3}$
13.	ДГ "Комунар"	2,11	0,00208	3,32	0,03763	0,03971	$1,59 \cdot 10^{-3}$
14.	ТОВ "Маяк"	1,74	0,00171	2,55	0,02890	0,03061	$1,22 \cdot 10^{-3}$
15.	Люботинська ПТФ	2,04	0,00201	2,11	0,02391	0,02592	$1,04 \cdot 10^{-3}$
16.	АТ "Утківське"	1,54	0,00152	1,89	0,02142	0,02294	$9,2 \cdot 10^{-4}$

Розрахований ризик, що спричинений забрудненням ґрунтів Харківського району свинцем та цинком, для більшої частини рецепторних точок (10) є неприйнятним, а для 6 – ризик прийнятний лише в особливих обставинах (річний індивідуальний ризик знаходиться у межах від  $1,59 \cdot 10^{-3}$  до  $9,8 \cdot 10^{-4}$  – за критеріями Ешбі).

$K_z$ , визначається для речовин: 1 – го класу небезпеки на рівні (як мінімум) 7,5; 2 – го класу – на рівні 6; 3 – го класу – на рівні 4,5; 4 – го класу – на рівні 3.

Аналізуючи отримані данні можна зробити висновок, що південна частина Харківського району характеризується найвищим значенням індивідуального ризику – в межах від  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$ . Для основної частини території Харківського району значення індивідуального ризику становить від  $5 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$ . Окремі ділянки території Харківського району: північно-західна, південно-східна та

південна характеризуються значенням індивідуального ризику, що становить  $< 5 \cdot 10^{-4}$ .

Високе значення ризику можна пояснити навантаженням на ґрунти викидів забруднюючих речовин та накопиченням відходів від промислових підприємств, які розташовані в цьому районі, наприклад, Роганська картонна фабрика, Мереш'янський скляний завод.

### **Висновки**

Впровадження методики визначення екологічного ризику забруднення ґрунтів дозволяє ідентифікувати зони підвищеної екологічної небезпеки при існуючому ступені антропогенного навантаження. Отриманні дані дають науково-інформаційне підґрунття для розробки та подальшого впровадження цільових природоохоронних заходів щодо забезпечення збалансованого використання і відтворення компонентів навколишнього природного середовища з метою прагнення до гармонійної взаємодії природи і суспільства.

**Список літератури:** 1. Ієрархічний підхід до оцінювання екологічного ризику погіршення стану екосистем поверхневих вод України [Текст] / О. Г. Васенко, О. В. Рибалова, О. В. Поддашкін [та ін.] // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. праць УкрНДІЕП. – Харків, 2010. – Вип. XXXII. – С. 75-90. 2. Оцінка та управління екологічним ризиком погіршення сучасного стану ґрунтів України як основа для вирішення регіональних проблем поводження з відходами [Текст] / О. В. Рибалова, О. В. Поддашкін, Г. В. Півень [та ін.] // Проблеми охорони навколишнього природного середовища та техногенної безпеки : зб. наук. праць УкрНДІЕП. – Харків, 2010. – Вип. XXXII. – С. 54-63. 3. Поддашкін О. В. Комплексна оцінка якісного стану ґрунтів Харківської області [Текст] / О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова // Екологія і здоров'я людини, охорона водного і повітряного басейнів, утилізація відходів : зб. наук. праць XV Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2007. – Т. 1. – С. 309-322. 4. Коваленко О. М. Аналіз якісного стану ґрунтів Харківської області та причин їх забруднення [Текст] / О. М. Коваленко, О. В. Поддашкін, О. В. Рибалова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 5 (11). – С. 116-132. 5. Коваленко Г. Д. Екологічний ризик погіршення стану навколишнього природного середовища України при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження [Текст] / Г. Д. Коваленко, Г. В. Півень, О. В. Рибалова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф. – Харків, 2009. – Т. 1. – С. 52-56. 6. Ваганов П. А. Экологический риск [Текст] : учеб. пособие / П. А. Ваганов, Им Ман-Сунг. – СПб. : Изд-во С. Петерб. ун-та, 1999. – 116 с.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 303.732.4:504.064**

**Г.О. СТАТЮХА**, докт.техн.наук, проф., зав.каф., ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

**Т.В. БОЙКО**, канд. техн. наук, доц., зав.каф., ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

**А.О. АБРАМОВА**, асис, ХТФ, НТУУ«КПІ», Київ

## **СИСТЕМНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЕКТОВАНИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ**

Досліджені питання системного оцінювання екологічної безпеки. Розроблено метод системного оцінювання екологічної безпеки при проектуванні промислових об'єктів, що складається із системи індексів оцінювання впливів на навколишнє середовище та моделі оцінювання екологічного ризику.

**Ключові слова:** екологічна безпека, індекс, ризик

Исследованы вопросы системного оценивания экологической безопасности. Разработан метод системного оценивания экологической безопасности при проектировании промышленных объектов, который состоит из системы индексов оценивания влияний на окружающую среду и модели оценивания экологического риска.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, индекс, риск

Questions of estimation of environmental safety are researched. The environmental safety system of estimation is developed at designing of technogenic objects which consists of system of environmental indexes and model of risk estimation.

**Keywords:** environmental safety, an index, risk

## **1. Вступ**

В основних положеннях концепції сталого розвитку України, розроблених провідними вченими НАН України відзначається, що «основою сталого розвитку є паритетність відносин у тріаді «людина - господарство – природа» [1]. Серед основних цілей сталого розвитку серед іншого виділені: охорона навколишнього середовища й ефективне (стійке) використання природних ресурсів. При цьому визначено також, що до основних принципів сталого розвитку варто віднести заходи щодо екологізації господарської діяльності, забезпечення доступу населення до екологічної інформації, а також проведення оцінювання екологічних наслідків всіх видів діяльності, які можуть негативно вплинути на навколишнє природне середовище.

## **2. Проблема оцінювання екологічної безпеки при проектуванні техногенних об'єктів**

Сучасна парадигма гармонізації життєдіяльності суспільства ставить на меті підвищення якості життя і задоволення потреб як нинішнього, так і майбутніх поколінь. Умовою досягнення цього є створення кожною державою національної системи управління безпекою суспільного розвитку, складовою якої є система управління екологічною безпекою.

Найбільш об'єктивною оцінкою рівня екологічної безпеки є рівень екологічного ризику та небезпек. У зв'язку із цим найважливішою проблемою стає об'єктивна оцінка небезпек техногенного характеру, тобто, проведення науково обґрунтованого оцінювання екологічного ризику і його динаміки вже на етапі проектування об'єктів. Існуючі методики розрахунку екологічного ризику в Україні не враховують обмежень традиційних статистичних підходів, застосування яких у ряді випадків не має наукового обґрунтування, що приводить до необ'єктивних оцінок рівня ризику. Одночасно із цим у світі проблемам обмеженості інформаційної достатності при розрахунку ризиків на стадії проектування приділяється більше уваги, але доступ до таких методик обмежений. Виникнення таких проблем у сфері екологічної безпеки є наслідком недостатньо системної діяльності, а вирішення цієї проблеми – це перехід до нового, більш високого рівня системності, що спрямований на досягнення спільної мети – максимальної ефективності управління заходами із запобігання виникнення небезпек вже на етапі проектування промислових об'єктів.

При оцінюванні екологічної безпеки промислових об'єктів при проектуванні обов'язковим є виконання процедури оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС), яка закінчується, як правило, формальним зіставленням розрахункових концентрацій забруднюючих речовин із установленими нормативними значеннями частіше гранично припустимими концентраціями. Тому для реалізації концепції керування екологічною безпекою на етапі проектування процедура ОВНС повинна закінчуватися кількісним оцінюванням рівня екологічного ризику, що дозволить приймати рішення щодо прийнятності впровадження такого техногенного об'єкту в екологічну систему.

### **3. Розробка системи оцінювання екологічної безпеки при проектуванні техногенних об'єктів**

Першою складовою системи оцінювання екологічної безпеки промислового об'єкту при проектуванні є система індексів оцінювання впливів на складові навколишнього середовища (атмосфера, гідросфера, ґрунт, мікроклімат). Кожен індекс формується із використанням функції бажаності Харрінгтона, такий підхід частково знімає невизначеність по двох питаннях, перше – розмірність індексів, вони є безрозмірними, що суттєво полегшує їх інтерпретацію при їх застосуванні в системах прийняття рішень, а також спрощує їх співставлення, друге – шкала оцінювання, розроблена шкала оцінювання рівня впливу на НС має діапазон від 0 до 1 [1, 2].

Оцінювання впливів на НС відбувається у три етапи: на першому встановлюється вплив кожної специфічної речовини на складову НС, на другому – кожної складової НС, на третьому – узагальнена оцінка впливів усіх складових на НС.

Розроблений індекс оцінювання впливу на складову НС побудований із використанням функції бажаності Харрінгтона та має вигляд (1)

$$I_i = 1 - d_i = 1 - e^{-(e^{-y_i})} \quad (1)$$

де  $d_i$  – функція бажаності по  $i$ -ій складовій НС, безрозмірний;  
 $e$  – експоненціальна залежність;

$y_i$  – деяка безрозмірна величина, що пов'язана із  $U_i$  (кількісним показником оцінювання впливу) і визначається для кожної складової НС та для специфічної забруднюючої речовини.

Побудований таким чином індекс із використанням функції бажаності Харрінгтона дозволяє доповнювати систему індексів іншими додатковими складовими, що дає можливість врахувати інші складові екосистеми (фізична чи біотична), на які здійснює вплив проєктований промисловий об'єкт.

Індекс небезпечності техногенного об'єкту має вигляд (2):

$$I^{(1)} = \max I^{(2)}, I^{(2)} = \{I_i^{(2)}\} \quad (2)$$

де  $I^{(1)}$  – індекс екологічної небезпечності НС, безрозмірний;  $I_i^{(2)}$  – індекси  $i$ -го впливу на складові НС, безрозмірний.

Застосування розроблених індексних оцінок у поєднанні із положеннями концепції ОВНС при проектуванні промислових об'єктів на основі індексних показників, надасть змогу закладати важелі керування екологічною безпекою уже

на етапі їхнього проектування, а також включати розроблені індекси у якості індикаторів при формуванні екологічної складової сталого розвитку.

Другою складовою у системі оцінювання екологічної безпеки техногенного об'єкту при проектуванні є розробка моделі оцінювання екологічного ризику промислових об'єктів при проектуванні (3).

$$\begin{cases} R_S = CRa_i \cdot V_u \cdot \frac{N}{T} (1 - N_p) \\ R_A = \sum_{i=1}^k ICR_i = \sum_{i=1}^k C_i \cdot UR_i \quad \text{або} \quad R_A = \sum_{i=1}^k HQ_i = \sum_{i=1}^k (C_i / RfC_i) \\ R_E = 4,99 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-7,557 \cdot (1 - I^{(1)})} \end{cases} \quad (3)$$

де  $H_R$  – інтегральний екологічний ризик промислових об'єктів при проектуванні;  $R_S$  – соціальний ризик планованої діяльності [3];  $R_A$  – ризик для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря [3];  $R_E$  – ризик від впливу промислового об'єкту на навколишнє природне середовище.

Ризик від впливу промислового об'єкту на навколишнє природне середовище розроблений використовуючи існуючу залежність визначення ризику методом «індекс-ризик» [4], що представляє собою функціональну залежність, яка встановлює зв'язок значення ризику змін в складовій навколишнього природного середовища від впровадження промислового об'єкта і значення функції бажаності та узагальнюючи індексні оцінки та виходячи із математичного представлення розроблених індексів [1,2].

Ризик впливу техногенного об'єкта проектування пропонується розраховувати згідно із табл. 1.

Таблиця 1. Ризик впливу промислового об'єкту при проектуванні

Визначення екологічного ризику	Математична розрахункова залежність	Вихідна інформація
НС	$R = 4,99 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-7,557 \cdot (1 - I^{(1)})}$	$I^{(1)}$ – індекс екологічної небезпечності НС
Складова НС	$R_i = 4,99 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-7,557 \cdot (1 - I_i^{(2)})}$	$I_i^{(2)}$ – індекс впливу на і-ту складову НС
Речовина складової НС	$R_{i,k} = 4,99 \cdot 10^{-6} \cdot e^{-7,557 \cdot (1 - I_{i,k}^{(3)})}$	$I_{i,k}^{(3)}$ – індекс впливу к-ої речовини і-ої складової НС

На основі отриманого значення приймається рішення про прийнятність промислового об'єкту по кожній специфічній забруднюючій речовині відповідної складової НС, для складової НС та для промислового об'єкту в цілому. Для оцінювання екологічного ризику запропоновано класифікацію рівнів ризику [3] (табл. 2). Оцінювання рівня соціального та ризику для здоров'я людини здійснюється відповідно до [3].

Таблиця 2. Шкала оцінювання рівня екологічного ризику

Рівень екологічного ризику	Екологічний ризик $R_E$
Неприйнятний	$>10^{-6}$
Умовно прийнятний	$10^{-7} - 10^{-6}$
Прийнятний	$10^{-8} - 10^{-7}$
Безумовно прийнятний	$< 10^{-8}$

#### 4. Використання розробленої системи оцінювання екологічної безпеки при проектуванні тепло-електростанції

Виробництво тепла та електроенергії на ТЕС сполучається із виникненням різних впливів, таких як: повітряні, водні, ґрунтові і т.д. Повітряний вплив виникає при спаленні мазуту та природного газу., водний вплив виникає при скиданні різних стічних вод (після охолодження конденсаторів турбін, масло- та повітряохолоджувачів, викидні води із системи гідрозоловидалення) і т.д.

При оцінюванні впливів ТЕС на НС спостерігались несприятливі впливи пов'язані з виникненням різних по масштабу та часу негативних порушень стану та чистоти атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунту.

Таблиця 3. Основні забруднювачі складових НС ТЕС

Складова НС	Забруднювачі
Атмосфера	$\text{NO}_2, \text{SO}_2, \text{зола вугільна}$
Гідросфера	$\text{pH}, \text{БСК5}, \text{O}_2, \text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-, \text{NO}_2^-, \text{СПАР}, \text{Нафтопродукти}$
Ґрунт	$\text{Ba}, \text{Be}, \text{P}, \text{Cr}, \text{Pb}, \text{Sn}, \text{Ga}, \text{Ni}, \text{Zn}, \text{Zr}, \text{Cu}, \text{V}, \text{Mo}, \text{Li}, \text{Mn}, \text{Bi}, \text{Nb}, \text{Sr}, \text{As}$

Результати розрахунку показників екологічної безпеки ТЕС представлені у таблиці 4.

Таблиця 4. Результати оцінки рівня ризику впливу для досліджуваного об'єкту

Складові оцінювання екологічної безпеки			Система індексів	Система ризиків	Узагальнена оцінка	
					Індекс екологічної небезпекності	Ризик
Складова НС	Атмосфера	Значення	$I_1^{(2)} = 0,645;$	$R_1^{(2)} = 3,41 \cdot 10^{-7}$	$I^{(1)} = 0,645;$	$R^{(1)} = 3,41 \cdot 10^{-7}$
		Рівень	Недопустимий	Умовно прийнятний		
	Гідросфера	Значення	$I_2^{(2)} = 0,404;$	$R_2^{(2)} = 5,53 \cdot 10^{-8}$	Недопустимий	Умовно прийнятний
		Рівень	Умовно-допустимий	Прийнятний		
	Ґрунт	Значення	$I_3^{(2)} = 0,403;$	$R_3^{(2)} = 5,50 \cdot 10^{-8}$	Недопустимий	Умовно прийнятний
		Рівень	Умовно-допустимий	Прийнятний		

Провівши узагальнену оцінку екологічної безпеки даного об'єкту встановлено, що загальний рівень ризику є умовно прийнятним, рівень впливу на НС є недопустимим, а також виявлено недопустимі впливи при оцінюванні атмосфери, та умовно-допустимі впливи при оцінюванні складових ґрунту та гідросфери. Загальне оцінювання показало, що об'єкт є умовно прийнятним при виконанні контролю за вмістом речовин, що перевищують норми ГДК у динаміці.

Для детальнішого оцінювання екологічної безпеки розраховані невідомі складові запропонованої математичної моделі екологічного ризику при проектуванні (3), тобто розраховано ризик впливу на здоров'я населення (табл.5), а також соціальний ризик (табл. 6).

Таблиця 5.Результати розрахунку ризику розвитку неканцерогенних ефектів

Забруднююча речовина	Розрахунок коефіцієнту небезпеки	Значення коефіцієнту небезпеки $HQ$	Ризик
Діоксид азоту $NO_2$	$HQ_{NO_2} = \frac{C_{NO_2}}{RfC_{NO_2}} = \frac{0,049}{0,04}$	1,225	4,53
Ангідрид сірчистий $SO_2$	$HQ_{SO_2} = \frac{C_{SO_2}}{ГДК_{SO_2}} = \frac{0,382}{0,5}$	0,764	
Зола вугільна	$HQ_{зола} = \frac{C_{зола}}{ГДК_{зола}} = \frac{0,165}{0,05}$	3,3	

Тобто, рівень ризику впливу об'єкту на здоров'я людини – ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню  $HQ$ .

Таблиця 6. Вихідні параметри розрахунку соціального ризику ТЕС

Параметр оцінки соціального ризику	Позначення	Значення
Канцерогенний ризик комбінованої дії декількох канцерогенних речовин атмосфери	$CR_a$	$1 \cdot 10^{-6}$
Уразливість території від прояву забруднення атмосферного повітря, частки одиниці	$V_u$	$480/2650=0,18$
Чисельність населення населеного пункту, тис.чол	$N$	1 443
Середня тривалість життя, років	$T$	70
Коефіцієнт, що визначається як відношення кількості додаткових робочих місць до загальної	$N_p$	$2000/107000=0,018$

Розрахунок соціального ризику здійснюється згідно залежності (4):

$$R_s = CR_a \cdot V_u \cdot \frac{N}{T} (1 - N_p) = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,18 \cdot \frac{1443}{70} \cdot 0,018 = 3,64 \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

Рівень соціального ризику планованої реконструкції ТЕС згідно із [3] є умовно-прийнятний.

## 5.Висновок

Розроблено метод системного оцінювання екологічної безпеки проектного промислового об'єкта, що складається із системи індексів

оцінювання впливів та оцінювання екологічного ризику і не суперечить діючим нормативам у практиці ОВНС та дозволяє провести згортання екологічної інформації з перспективою використання у індексах сталого розвитку.

**Список літератури:** 1. До питання кількісної оцінки екологічної безпеки при ОВНС [Текст]/ Г.О. Статюха, В.А. Соколов, І.Б. Абрамов, Т.В. Бойко, А.О. Абрамова // Східно – Європейський журнал передових технологій. – 2010. – №6/6 (48). – С.44–46. 2. До питання розробки методики з оцінки ризику планової діяльності на навколишнє природне середовище [Текст]/ Г.О. Статюха, В.А. Соколов, І.Б. Абрамов, Т.В. Бойко, А.О. Абрамова // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: Зб. матеріалів І Міжнародного конгресу.– Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» . – 2010. – №667.– С.231–234. 3. ДБН А.2.2-1-2003. Зміна №1. Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд [Текст] : Наказом Мінрегіонбуду України від 20.11.2009 р. № 524 та введені в дію 01.07.2010 р. – К.: ДП «Укрархбудінформ» Мінрегіонбуд, 2010. – 10 с. 4. Бойко Т.В. К вопросу определения рисков при оценке воздействий техногенных объектов на окружающую среду [Текст]/ Т.В. Бойко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2008. – №4/6 (34): Технология неорганических и органических веществ и экология. – С.37–41.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 577.4:658.382.3:628.31**

**В.В. БЕРЕЗУЦКИЙ**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ», Харків

### **РАСЧЕТ ЗАТОПЛЕННОЙ ПЛОСКОЙ СТЕНКИ (ПЕРЕГОРОДКИ), УСТАНОВЛИВАЕМОЙ В РЕАКТОРНОЙ КАМЕРЕ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯТОРА**

Практическая реализация теории фракционированного коагулирования примесей в воде настоятельно требует выполнение расчетов процессов и аппаратов коагулирования. В статье приведены расчеты значения для затопленной плоской стенке (перегородки) аппарата очистки водных сред, которые позволяют перейти к научно-обоснованному выполнению конструкции проточного электрокоагулятора с поток направляющими перегородками.

**Ключевые слова:** Расчет, перегородка, плоская стенка, поток, отверстия, аппарат, водные среды, электрокоагулятор.

Практична реалізація теорії фракціонованої коагуляції домішок у воді настійно вимагає виконання розрахунків процесів і апаратів коагуляції. У статті приведені розрахунки значення для затопленої плоскої стінки (перегородки) апарату очищення водних середовищ, які дозволяють перейти до науково-обґрунтованого виконання конструкції проточного електрокоагулятора з потік направляючими перегородками.

**Ключові слова:** Розрахунок, перегородка, плоска стінка, потік, отвори, апарат, водні середовища, електрокоагулятор.

Practical realization of theory of fractionating coagulation of admixtures in water urgently requires implementation of calculations of processes and vehicles of coagulation. In the article rasschety values are resulted for to the flooded flat wall (partitions) of vehicle of cleaning of water environments which allow to pass to the scientifically-grounded implementation of construction of running electrocoagulator with stream by sending partitions.

**Keywords:** Calculation, partition, flat wall, stream, openings, vehicle, water environments, electrocoagulator .



Одним из основных конструктивных элементов, позволяющим реализовать на практике фракционированное коагулирование являются перегородки (плоские стенки) с отверстиями направляющими поток водной среды [1].

Рассмотрим истечение жидкости под уровнем через малое затопленное отверстие. На рис. 1 представлена схема размещения плоской стенки (перегородки) с затопленным отверстием.

Скорость в сжатом сечении  $V$  струи определяется по следующему выражению [ 2 , 3 ]

$$V = \varphi \sqrt{2gH_o} , \quad (1)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости, который определим по выражению (2)

$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{\alpha + \zeta_{т.с.}}} , \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент Кориолиса (кинетической энергии) для сечения С-С;  $\zeta_{т.с.}$  – коэффициент потерь напора при истечении жидкости из отверстия в тонкой стенке, величина которого колеблется в пределах 0,06 – 0,1;  $H_o$  – гидростатический напор, равный

$$H_o = H + \frac{P_o - P}{\gamma} + \frac{\alpha V_o^2}{2g} , \quad (3)$$

где  $V_o$  – скорость в сечении 1-1;  $P$  – давление в среде, куда вытекает струя из отверстия;  $P_o$  – давление на поверхности.

Расход  $Q$  определяем по зависимости

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_o} , \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода равный

$$\mu = \varepsilon \varphi . \quad (5)$$

Коэффициент скорости при отсутствии сопротивлений, т.е. при истечении идеальной жидкости из отверстия, равен  $V_{ид} = 1$ , так как в этом случае  $\zeta_{т.с.} = 0$  и  $\alpha = 1$ . Поэтому в выражении (1) коэффициент скорости можно записать, как отношение фактической скорости истечения жидкости  $V$  к скорости истечения идеальной жидкости  $V_{ид}$

$$\varphi = \frac{V}{V_{ид}} . \quad (6)$$

Исследователями установлена зависимость коэффициента скорости от сопротивления и числа Рейнольдса, т.е. от режима движения и вязкости жидкости, размеров и формы отверстия. В таблице 1 приведены результаты исследований значений  $\varphi$  для круглых и прямоугольных отверстий, полученных С.А. Абдурашидовым.

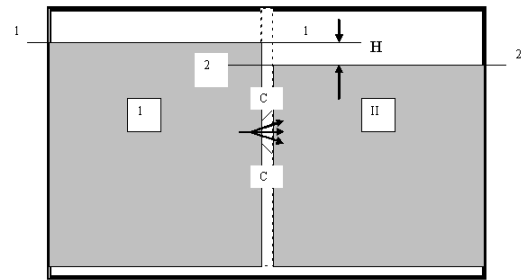


Рис. 1. Схема истечения водной среды под уровень через затопленное отверстие

Таблица 1. Результаты исследований значений  $\nu$  для круглых и прямоугольных отверстий, полученных С.А. Абдурашидовым для воды.

Жидкость	Кинематический коэффициент вязкости $\gamma, *10^4 \text{ м}^2/\text{с}$	Коэффициент скорости, $\nu$	
		Для круглых отверстий	Для прямоугольных отверстий
Вода	0,01	0,97	0,9

Для ламинарного режима истечения жидкости из круглого отверстия Семпсон теоретически получил выражения, связывающее коэффициент скорости  $\nu$  и число Рейнольдса

$$\phi = \frac{\text{Re}_T}{4b}, \quad (7)$$

где  $\text{Re}_T = \frac{dV_{\text{уд}}}{\nu}$ . (8)

Варианты выполнения плоской стенки (рис.2) – полное совершенное (I), полное несовершенное (II) и неполное (III), которые будут определяться положением отверстий относительно боковых стенок, дна, свободной поверхности. Коэффициент расхода при полном совершенном размещении отверстия (I)  $\mu = 0,6 - 0,64$ . Коэффициент расхода при полном несовершенном определяется по выражению

$$\mu_{\text{нес}} = \mu \left[ 1 + 0,641 \left( \frac{\omega}{\Omega} \right)^2 \right], \quad (9)$$

где  $\omega$  – площадь сечения отверстия,  $\text{м}^2$ ;

$\Omega$  - площадь стенки, в которой расположено отверстие,  $\text{м}^2$ .

Коэффициент расхода при неполном сжатии определяется по формуле

$$\mu_n = \mu \left( 1 + c \frac{n}{\chi} \right) \quad (10)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода при полном совершенном сжатии;  $n$  – периметр всего отверстия;  $\chi$  – периметр той части отверстия, на которой отсутствует сжатие;  $c$  – коэффициент, равный  $c=0,13$  для круглых отверстий и  $c=0,15$  – для прямоугольных.

В нашем случае, отверстия в плоской стенке (перегородке) истечение под уровнем через малое затопленное отверстие, которое соответствует размещению при полном несовершенном расходе (рис.2).

Скорость в сжатом сечении струи и расход через затопленное отверстие определяется зависимости (1) и (4), Входящую в них величину гидростатического напора  $H_0$  вычислим по формуле

$$H_0 = H + \frac{P_o - P}{\gamma} \quad (11)$$

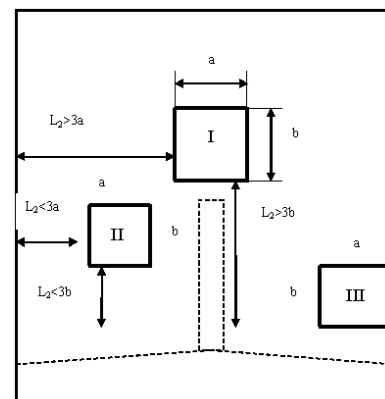


Рис.2. Варианты размещения отверстий в плоской стенке относительно плоского канала электродной камеры

где  $H$  – разность уровней жидкости в I и II резервуарах;  $P_0$  и  $P$  – соответственно давления в сечениях 1-1 и 2-2. Расчеты выполнены с помощью программы Microsoft Excel. Полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетные значения по затопленной плоской стенке (перегородки)

№	Обозначение расчетных параметров	Значение расчетных параметров
1	$v$	0,9
2	$d$	1,0
3	$m_{T.C}$	0,06
4	$H_0$	0,37
5	$V_0$	3,61
6	$P_0$	101325
7	$P$	105003
8	$\mu$	0,6
9	$\omega/\Omega$	0,028
10	$n$	0,3

**Исходные данные для расчетов:**

$v$  – принимаем равным 0,97 для круглого, 0,9 – для квадратного отверстия

$d$  – коэффициент Кориолиса – 1;

$m_{T.C}$  – 0,06;

$H_0$  – находим по формуле (3):

$V_0$  – скорость в сечении 1-1, определяем из заданных объемных скоростей по выражению (1)

$P_0$  – давление на поверхности жидкости (атмосферное физическое – 101325 Па);

$P$  – давление в среде, находим по выражению ( $P = P_0 + \rho g H_\phi$ )

$\mu$  – коэффициент расхода определяем для полного несовершенного сжатия струи определим по выражению (9)

$\Omega$  – площадь плоской стенки (перегородки) определим из выражения  $\Omega = a \cdot b$ ;

$n$  – периметр сечения  $n = 2a + 2b$

$H_\phi = 0,375$  м

Вывод: рассчитаны значения для затопленной плоской стенке (перегородки); полученные результаты позволяют перейти к научно-обоснованному выполнению конструкции электрокоагулятора с потоконаправляющими перегородками.

**Список литературы:** 1. Березуцкий В.В. Техногенная безопасность маслоэмульсионных вод / В.В. Березуцкий– Харьков: ХГПУ, – 1998. – 279 с. – (Монография). 2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М., 2005. - 753 с. 3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 3-е. в 2-х кн: часть 1.

УДК:616-092.18-008.9:661.177

**О.В. СІРЕНКО**, канд. мед. наук, доц., ХМАПО, Харків

**Е.О. КУЧЕРЕНКО**, канд. мед. наук., ХМАПО, Харків

## **ОЦІНКА ГОМЕОСТАЗУ ОРГАНІЗМУ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТАБОЛІЧНОЇ АКТИВНОСТІ СИРОВАТКИ КРОВІ БІОФІЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ**

Метаболічну активність сироватки крові визначали з використанням біофізичних методів (БХЛ та ФР) як інтегративний показник наявності інтоксикації організму при дії ксенобіотиків, підвищення значень дозволило непрямо оцінити ступінь інтенсифікації ВРО, зміни її білкових та ліпідних фракцій, що використовується для оцінки гомеостатичної функції організму та діагностики преморбідних станів. Визначення метаболічної активності сироватки крові дозволяє обстежувати великі контингенти населення, які контактують з токсичними органічними речовинами.

**Ключові слова:** метаболізм, сироватка крові, гомеостаз, інтоксикація.

Метаболическую активность сыворотки крови определяли с использованием биофизических методов (БХЛ и ФР) как интегральный показатель наличия интоксикации организма при действии ксенобиотиков, повышение его значений позволило косвенно оценить степень интенсификации СРО, изменений белковых и липидных фракций сыворотки, что используется для оценки гомеостатической функции организма и диагностики преморбидных состояний. Определение метаболической активности сыворотки крови позволяет обследовать большие контингенты населения, которое контактирует с токсичными органическими веществами.

**Ключевые слова:** метаболизм, сыворотка крови, гомеостаз, интоксикация.

Metabolic activity of serum of blood was determined with help of biophysical methods (BHL and Pfr) as an integral index of presence of intoxication of organism at the action of ksenobiotiks, stimylation of his values allowed by implication to estimate the degree of intensification of FRO, changes of albuminous and lipid factions of serum, that uzing for the estimation of homoeostatic function of organism and diagnostics of the premonstratensian states. Determination of metabolic activity the serum of blood allows to inspect large contingents of population that contacts with toxic organic substances.

**Keywords:** metabolism, serum of blood, homoeostasis, intoxication.

Розробка діагностичних і прогностичних способів, які дозволяють оцінити функціональний стан організму, є однією з пріоритетних задач профілактичної медицини. Будь-яке порушення динамічної рівноваги внутрішнього середовища, викликане дією агресивних факторів або розвитком патологічних станів, призводить до зміни хімічного складу біологічних рідин [1,2,3]. До складу сироватки крові входять різні фракції білків, ліпідів, ферментів, мікроелементів, вміст кожного з котрих має значення для оцінки гомеостатичної функції організму та діагностики преморбідних станів. Сучасні лабораторні методи дослідження (біохімічні, імунологічні) здебільшого дозволяють оцінити лише окремі характеристики структурних одиниць організму, тоді як високо

динамічний зв'язок компонентів такого складного біоколоїду як сироватка крові, віддзеркалює стан гомеостатичної функції організму в цілому.

Зміни біохімічних процесів у сироватці крові, які супроводжують розвиток патологічних станів, привертають увагу багатьох науковців [1,4]. Так, підвищення її метаболічної активності у хворих на рак молочної залози реєстрували, досліджуючи рівні ферментів гліколізу (глюкозофосфатізомерази, лактатдегідрогенази) [2]. Відомо, що інтегративним та високочутливим способом виявлення тонких біохімічних зсувів при дії хімічних патогенів є біохемілюмінесценція (БХЛ), яку використовують для реєстрації вільнорадикальних процесів (ВРО), розвитку генералізованого оксидантного стресу, при чому автори відзначають, що різні параметри ХЛ найчастіше залежать від дози та часу шкідливого впливу [5,6]. Метод БХЛ засновано на реєстрації енергії спонтанного та індукованого надслабкого світіння, яке виникає внаслідок неферментативних процесів окиснення ліпідів, а зміни її інтенсивності віддзеркалюють первинні структурно-функціональні порушення метаболізму [7]. БХЛ сироватки крові обумовлена, насамперед, ВРО ліпідів, їх сумарної фракції ліпопротеїдів низької та дуже низької щільності [6,8]. Реєстрація ХЛ біоматеріалів є одним з перспективних методів, який дозволяє отримати інформацію щодо адаптивної функції гомеостазу організму в умовах навантаження ксенобіотиками, у той же час, аналіз наукової літератури виявив, що інтегративні біофізичні методи дослідження гомеостазу в організмі контингенту, що зазнає дії агресивних хімічних чинників, майже не використовуються.

Реєстрація БХЛ та фосфоресценції (ФР) досліджуваного біологічного матеріалу є інтегративним способом, який дозволяє оцінити вплив шкідливого чинника саме на ліпідні та білкові компоненти сироватки крові, швидко отримати дані щодо активації процесів ВРО і перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ), які потенціюють розвиток вільнорадикальної патології та порушують співвідношення анаболічних і катаболічних процесів в організмі. Виконання дослідження займає мінімум часу, є простим, інформативним і може використовуватися на превентивних етапах діагностики великої кількості захворювань.

**Метою** дослідження була оцінка метаболічної активності сироватки крові, як інтегративного показника гомеостатичної функції організму в умовах дії складних органічних сумішей на основі поліолів, шляхом реєстрації БХЛ та ФР сироватки крові.

### **Методи та матеріали**

Проводили фосфоресцентне дослідження сироватки крові експериментальних тварин, її метаболічну активність оцінювали за інтенсифікацією фосфоресценції зразків біоматеріалу. Рівні ФР сироватки крові визначали на 96 щурах популяції Вістар обох статей, масою  $180 \pm 10$  г, яким в умовах хронічного експерименту щоденно внутрішньошлунково вводили 0,0184 г/кг охолоджувальної рідини (ОР-40); 0,0128 г/кг метілцелозольву (МЦ); 0,0217 г/кг метілкарбітолу (МК), що дорівнює  $1/100$  LD<sub>50</sub> даних органічних сумішей, основним компонентом яких були поліоли. У теперішній час велику увагу науковців привертають наслідки тривалого впливу на організм

незначних доз ксенобіотиків, що і визначило вибір концентрації речовин [9]. Контрольну групу склали інтактні тварини, які отримували 2 мл води на добу. Наприкінці експерименту щурів забивали методом цервікальної дислокації під легким ефірним наркозом [10]. Рівні ФР реєстрували за допомогою люмінесцентного комплексу, який складався з фосфороскопу, ртутної лампи, що генерує світло оптичного діапазону, та спектрофотометру СФ-4. Основою вимірювального обладнання є фосфороскоп, що забезпечує розділення у часі процесів опромінювання зразка збуджуючим світлом та його ФР з обов'язковим забезпеченням абсолютного світлозахисту фотоприймача від дифракції збуджуючого світла, чого можна досягнути, використовуючи люменометр, для забезпечення абсолютного світлозахисту фотоелектронного множника [11]. Використовували спектри збудження ( $\lambda$  – 297, 313, 334, 365, 404, 434) протягом 1 мсек. Розмір вихідної щілини монохроматора складав 2мм, зона спектральної чутливості ФЕМ – 300-530 нм. ФР реєстрували при кімнатній температурі у режимі підрахунку фотонів. Вимірювальним пристроєм був лічильник СБС – 2, усі процеси автоматизовані, погрішність складала менше 3%. Після збудження зразків біологічного матеріалу реєстрували показники ФР [8]. Контролем були зразки біоматеріалу інтактних щурів.

Ступінь метаболічної активності сироватки крові працівників НПО «Полімерсинтез», (м.Владимир), які контактують з широким асортиментом органічних сумішей і проміжних продуктів їх виробництва (МК та МЦ), оцінювали з використанням методу БХЛ, для чого було обстежено 219 робітників виробничих цехів та 57 співробітників інженерно-технічної групи (ІТР). Розподіл працівників виробництва на групи проведено з урахуванням стажу роботи та професії. Дослідження виконували на медичному біохемілюмінометрі БХЛМЦ 1-01. Для аналізу використовували сироватку крові, зразки біологічного матеріалу термостатували у темновій камері при 37°C, після чого вимірювали власну та індуковану перекисом водню інтенсивність світіння, реєструючи спалахи та кінетику реакції протягом 1,5-3 хвилин. Статистичну обробку отриманих в експерименті даних проводили методом варіаційної статистики з використанням критерію Стьюдента-Фішера.

### **Результати та обговорення**

Інтенсифікація ФР виникає за рахунок наявності молекул білків та ліпопротеїдів у триплетному стані, які висвітлюють фотони енергії при падінні збудження у відсутності світла оптичного діапазону [6,13]. Ступінь підвищення метаболічної активності сироватки крові щурів методом ФР визначали за інтенсивністю світіння зразків на різних хвилях збудження (табл.1).

Було встановлено вірогідне підвищення інтенсивності ФР сироватки крові щурів, які отримували субтоксичні дози складних органічних сумішей, найбільш виражене під впливом довгих ( $\lambda$  = 404, 434) хвиль збудження - максимально у 1,43 та 1,37 рази, ( $p < 0,05$ ), що свідчило про інтенсифікацію процесів ПОЛ та білків і зростання числа молекул у триплетному стані. Такі результати можна розглядати як наслідок порушення стабільного співвідношення продуктів ВРО та системи антиоксидантного захисту при тривалому впливі складних органічних

сумішей, що у свою чергу може стати пусковим моментом у виникненні подальших порушень гомеостатичної рівноваги [12].

Таблиця 1. Динаміка фосфоресценції сироватки крові щурів, що отримували 1/100 LD<sub>50</sub> органічних сумішей у хронічному експерименті (M±m).

Спектри збудження (λ)	Контроль	Речовини		
		МК	МЦ	ОР-40
297	4248,6±68,7	4425,9±61,7*	4217,5±61,4*	4462,7±64,9*
313	3248,5±27,8	3711,2±43,1*	3416,5±32,4*	3704,6±33,2*
334	618,9±20,3	823,6±21,2*	796,8±17,6*	821,4±26,2*
365	1889,5±39,4	2116,3±31,1*	2017,4±22,3*	2124,6±29,4*
404	459,7±17,9	634,5±16,5*	620,5±19,3*	658,3±23,7*
434	609,6±14,8	813,5±18,9*	783,0±16,9*	836,8±16,3*

Примітка: різниця показників вірогідна, (p<0,05).

Люмінесценцією називають процес, не пов'язаний з випромінюванням тепла, а заснований на спонтанному світінні біологічних об'єктів, обумовленому вільнорадикальним окисненням ліпідних і білкових компонентів тканин організму, а інтенсивність спонтанного світіння відображує специфіку біохімічних процесів та взаємодії компонентів сироватки крові [13]. Результати дослідження рівнів індукованої перекисом водню БХЛ основних професійних груп виробництва складних органічних сумішей наведені у табл.2.

Таблиця 2. Динаміка індукованої БХЛ сироватки крові робітників виробництва органічних сумішей, (I<sup>0</sup> – імп/с), (M±m).

Професійні групи	Кількість обстежених (219)	Стаж роботи (років)			
		2 - 12	12 - 22	22 - 32	32 та більше
Контроль	57	748±33	963±47	869±36	902±20
<u>Апаратники:</u> перегонки	45	915±31*	1207±34*	1307±25*	1154±20*
- синтезу	47	959±34*	1259±18*	1379±34*	1135±36*
- окиснення	38	812±27	1184±37	1253±17*	1269±34*
- гідратації	34	724±35	1238±24*	1268±35*	1274±35*
<u>Мастери:</u> - електрики	15	563±23	969±22	957±33	863±16
- слюсарі	18	689±28	965±35	922±28	839±20
Лаборанти	22	546±21	908±23	835±22	876±22

Примітка: різниця показників вірогідна, (p<0,05).

Динаміка індукованої БХЛ свідчила про підвищення інтенсивності світіння сироватки крові у апаратників гідратації – у 1,75 рази, окиснення – у 1,56 рази, синтезу – 1,43 рази, перегонки – у 1,26 разів у порівнянні з групою ІТР, (p<0,05). Слід відмітити залежність рівнів інтенсивності БХЛ від стажу роботи: найбільші відхилення показників від контрольних значень реєстрували у групах зі стажем

22-32 роки, 32 роки та більше. Рівні БХЛ у апаратників перевищували контрольні у середньому на 515 – 719 імп/с, у той же час, результати хемілюмінесценції сироватки крові електриків, слюсарів та лаборантів, які безпосередньо не контактують з органічними сумішами та їх компонентами, майже не відрізнялися від контрольних. Світіння сироватки крові робітників виробництва відзначалося крутою та високою амплітудою першого підйому ХЛ, тоді як хемілюмінограми групи ІТР мали більш повільне та невиражене підвищення спалаху і наявність другої амплітуди, що підтверджує зсув гомеостатичної рівноваги у бік активації оксидантної системи при дії компонентів складних органічних сумішей.

Таким чином, в усіх випадках значення БХЛ сироватки крові працівників, які протягом тривалого часу контактують з органічними сумішами та проміжними продуктами їх виробництва, вірогідно перевищували контрольні, що віддзеркалює специфіку взаємодії компонентів сироватки крові при дії речовин та їх метаболітів. Також вірогідно вищими за контрольні були показники ФР сироватки крові щурів, які отримували субтоксичні досліджуваних речовин. Отримані у хронічному експерименті результати вивчення метаболічної активності сироватки крові віддзеркалюють неспецифічний вплив компонентів речовин на її білкові та ліпідні фракції, стимуляцію ВРО та ПОЛ, наслідком чого може стати виснаження антиоксидантної системи і порушення адаптивної функції гомеостазу. Своєчасне визначення відхилень показників метаболічної активності сироватки крові від оптимальних дозволяє оцінити стан гомеостазу організму і поліпшити донозологічну діагностику екологічної патології.

### **Висновки**

1. Встановлено, що інтенсивність індукованої БХЛ зразків сироватки крові працівників виробництва складних органічних сумішей перевищувала контрольні значення у середньому на 515 – 719 імп/с, що свідчить про інтенсифікацію ПОЛ при тривалому впливі даних речовин та їх компонентів.

2. ОР-40, МК та МЦ у 1/100 LD<sub>50</sub> стимулювали підвищення показників ФР сироватки крові щурів, максимально у 1,43 та 1,37 рази, (p<0,05), що підтверджує стимуляцію ВРО субтоксичними дозами даних речовин.

3. Визначення метаболічної активності сироватки крові є інформативним, чутливим способом, який доцільно використовувати при обстеженні великих контингентів населення, що контактує зі шкідливими хімічними речовинами, для своєчасного виявлення порушень адаптивної гомеостатичної функції організму.

Перспективою подальшого пошуку у даному напрямку є визначення ступеню порушень гомеостазу при дії ксенобіотиків з використанням оцінки метаболічної активності сироватки крові.

**Список літератури:** 1. *Вовчук И.Л.* Пептидгидролазная активность сыворотки крови женщин с онкологическими заболеваниями эндометрия //И.Л. Вовчук, А.Е.Дизик, С.С.Ануфриев и др //Вопросы мед.химии. – 2001. - №1. – С. 21-27. 2.*Гидранович А.В.* Метаболическая активность гликолиза в сыворотке крови больных раком молочной железы / А.В.Гидранович //Новости хирургии. – Изд-во ВГМУ, Беларусь. – 2008. - №1. – С.25-29. 3.*Рахманин Ю.А.* Донозологическая диагностика в проблеме окружающая среда – здоровье населения / Ю.А.Рахманин, Ю.А.Ревазова // Гигиена и санитария. – 2004. - №6. – С. 3 – 5. 4.*Сидоров П.И.* Кристаллографическое исследование сыворотки крови больных хроническим алкоголизмом /



П.И.Сидоров, И.А.Кирпич, А.Л.Волчецкий // Наркология. М.:Изд-во НИИ общей патологии и патофизиологии. – 2002. - №1. – С. 46-57. 5.Егорова Н.Н. Оценка токсичности и опасности атмосферных загрязнений с помощью люминесцентного метода /Н.Н.Егорова //Токсикол. вестник. – 2000. - №1. – С. 22-26. 6.Жуков В.И. Связь параметров динамики биохемилюминесценции со степенью кумуляции ксенобиотиков /В.И.Жуков, О.В.Зайцева, О.И.Антюфеева // Эксперим. И клин. Медицина. – 2005. - №2. – С. 51-55. 7.Зайцева О.В. Биохемилюминесценция в контроле кожно-резорбтивного действия новых групп поверхностно-активных веществ /О.В.Зайцева, О.И.Антюфеева //Вісник проблем біології і медицини. – 2001. – Вип.1. – С. 104-109. 8.Пат. UA №46608 України, МПК G01N 33/48; № u 2009 07866; Спосіб доклінічної оцінки інтоксикації організму від впливу ксенобіотиків Автори: Сіренко О.В., Жуков В.І., Кучеренко Е.О. Заявл. 27.07.2009; Опубл. 25.12.2009, Бюл. № 24. 9.Рахманин Ю.А. Научные основы диагностики донозологических нарушений гомеостаза при хронических химических нагрузках /Ю.А.Рахманин, Н.Н.Литвинов // Гигиена и санитария. - М.:Медицина, 2004. -№6. - С. 48 - 50. 10.Загальні етичні принципи експериментів на тваринах //Ендокринологія. – 2003. – Т.8. - №1. – С. 142-145. 11.Пат. 2031400 РФ. Устройство для регистрации при комнатной температуре люминесценции биологических мембран /Абашин В.М., Сергиенко Н.Г., Жуков В.И., 1995, Бюл. №8. 12.El-Saadani M. A spectrophotometric assay for lipid peroxides in serum lipoproteins using a commercially available reagent / M. El-Saadani, H. Estrbauer, M. El-Sayed [et all] // J. Lipid Res. – 1989. – Vol. 30, №4. – P. 627 – 630. 13.Akins J. R. The estimation total serum lipids by a completely enzymatic summation method / J. R. Akins, K. Waldrep, J. T. Bernert // Clin. Chem. Acta. – 1989. – Vol.184, № 3. – P. 219 – 226.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 591.044**

**А.А. НОВИКОВ**, докт.техн.наук, проф., зав.каф., НТУ, Херсон  
**А.С. ЛЕПЕХИНА**, асп., НТУ, Херсон

### **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ ИОЖИДКОСТИ БЕРЕМЕННЫХ**

Досліджено вплив музики в стилі "рок" і випромінювання стільникового телефону на стан біологічної рідини вагітних жінок з нормальним плином вагітності й при погрозі її переривання. Оцінка стану біологічної рідини проведена з використанням індикатрис світлорозсіювання сечі.

**Ключові слова:** індикатриса розсіювання, кластер, сеча

Исследовано влияние музыки в стиле «рок» и излучения сотового телефона на состояние биологической жидкости беременных женщин с нормальным течением беременности и при угрозе ее прерывания. Оценка состояния биологической жидкости проведена с использованием индикатрис светорассеяния мочи.

**Ключевые слова:** индикатриса рассеяния, кластер, моча

Music influence in style "fate" and cellular telephone radiations on a condition of a biological liquid of pregnant women with a normal current of pregnancy is investigated and at threat of its interruption. The estimation of a condition of a biological liquid is spent with use индикатрис светорассеяния urine.

**Keywords:** indicatrica dispersion, claster, urine

### **Введение**

Преждевременные роды остаются одной из причин перинатальной заболеваемости и смертности. Частота этого осложнения беременности остается стабильной и составляет 5 -12 % [1, 2].

Механизмы возникновения и развития преждевременных родов остаются недостаточно изученными. В настоящее время установлено, что причины досрочного прерывания беременности в большинстве случаев являются сочетательными [3, 4].

Как известно, преждевременные роды заканчиваются рождением недоношенного ребенка. В связи с этим проблемы изучения патогенеза, диагностики и лечения преждевременных родов не теряют актуальности и находятся в центре внимания исследователей и врачей. Значительные успехи в медицине и фармакологии почти не повлияли на распространенность преждевременных родов. Это в первую очередь связано с многообразием причин, лежащих в основе преждевременных родов. К ним относятся пороки развития у матери и плода, инфекции, наркомания, травмы, недоедание, а также психологические и социальные факторы. Выжившие недоношенные дети имеют большой риск развития хронической психосоматической патологии [5, 6].

Из 10 беременных 7 завершается абортами, только 3 –родами. Необходимым условием успешной работы по охране репродуктивного здоровья является широкое санитарное просвещение всех слоев населения, в том числе нравственное, гигиеническое воспитание детей и подростков, подготовка их к семейной жизни на основе психолого –педагогических методов обучения и воспитания [7, 8].

Изучая причины преждевременных родов, необходимо учитывать все особенности современного общества как социально –экономические, так и техническую насыщенность сферы обитания человека.

В основу функционирования человеческого организма положены физико – химические процессы, протекающие в его водной среде. Динамика процессов определяется состоянием организма и видом воздействия, вызывающая либо кратковременное изменение структуры и свойств биологической жидкости, либо приводящая к патологии.

В работах [9-11] показано, что информационным методом изучения структуры воды является метод светорассеяния.

#### **Формулировка цели работы**

Целью настоящих исследований является изучение особенностей влияния музыки и излучения сотового телефона на биологическую жидкость женщин с разным течением беременности.

#### **Методика эксперимента**

В работе проведено исследование светорассеяния мочи женщин с нормальным течением беременности (гр.1) и при угрозе прерывания беременности (гр.2). Изучали влияние музыки в стиле «рок» и излучения сотового телефона на структуру мочи обеих групп женщин. В каждой группе исследовали по 6 женщин. Результаты брали как среднее значение. В случае изучения влияния музыки, женщины непосредственно прослушивали музыку и, затем исследовалась моча. Во втором случае пробирку с исследуемой мочой помещали непосредственно возле телефона. Использовали телефон стандарта МТС Trendy Touch 547 излучающий на частоте 1800 МГц. Влияние телефона

определяли в режиме ожидания при плотности мощности  $-14 \text{ мкВт/см}^2$ . Время прослушивания музыки составляло 40 минут. Чистое время действия 60 минут. В ходе эксперимента измеряли индикатрисы рассеяния  $I(\theta)$ , где  $\theta$  – угол между направлениями падающего излучения полупроводникового лазера ( $\lambda=0,65 \text{ мкм}$ ) и рассеянных частицами кластеров биожидкости света. Свет воспринимался кремниевым фотодиодом. На рис.1 представлена схема установки изучения светорассеяния.

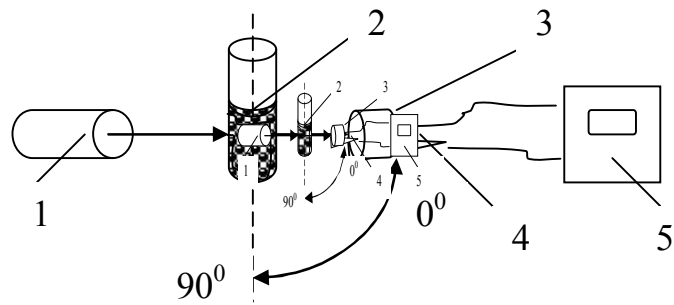


Рис. 1. Схема исследования светорассеяния: 1 – полупроводниковый лазер; 2 – пробирка с биожидкостью; 3 – фотоприемник; 4 – ручка вращения; 5 – регистрирующее устройство

Индикатрисы рассеяния измеряли в интервале  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ .

### Основная часть

Индикатрисы рассеяния, полученные в ходе экспериментальных исследований, приведены на рис.2 и представляют собой убывающие функции с увеличением угла рассеяния. Как известно [11], в малоугловой области ( $\theta \leq 10^\circ$ ) формируется форма кривой обусловленная дифракцией на крупномасштабных кластерах с радиусом  $0,9 \text{ мкм} \leq r \leq 2 \text{ мкм}$ ; в интервале углов  $10^\circ < \theta \leq 30^\circ$  за счет дифракции на среднемасштабных кластерах ( $0,4 \text{ мкм} < r < 0,9 \text{ мкм}$ ); в области  $\theta > 30^\circ$  -рассеяние на мелкомасштабных кластерах с  $r < 0,4 \text{ мкм}$  как за счет дифракции, так и в результате отражения, роль которого увеличивается с ростом угла  $\theta$ .

Для определения размера кластеров строится зависимость:

$$\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta), \quad (1)$$

где  $I$  – интенсивность индикатрисы рассеяния. Далее в расчетах используется соотношение:

$$r\theta_{\max} = 9 - 10 \text{ мкм} \cdot \text{град}. \quad (2)$$

где  $r$  – радиус рассеивающего кластера. Нами выбрано значение  $r = 9,5 \text{ мкм град}$ .

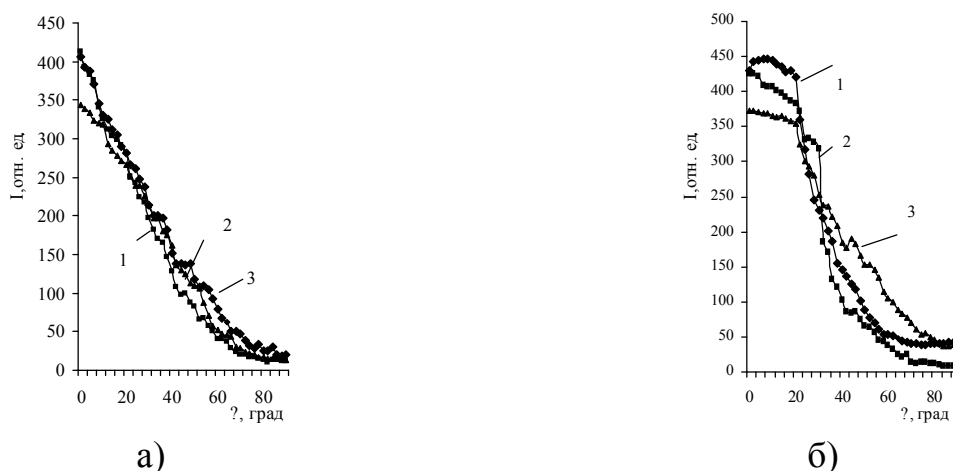


Рис.2. Индикатрисы рассеяния мочи женщины с а – нормальным течением беременности и б – с угрозой прерывания беременности при: – исходное состояние; – при действии сотового телефона; – после прослушивания музыки в стиле «рок»

На рис.3 приведены расчетные зависимости  $\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta)$ . Размер рассеивающих центров определяли по установленным максимумам вышеприведенной зависимости с использованием формулы (2). Помимо исследования размеров рассеивающих частиц определяли интегральную

интенсивность рассеянного света и интенсивность отдельных участков индикатрис рассеяния. Значения последних величин определяли как площадь под кривой  $I(\theta)$ .

В таблице приведены размеры рассеивающих центров мочи.

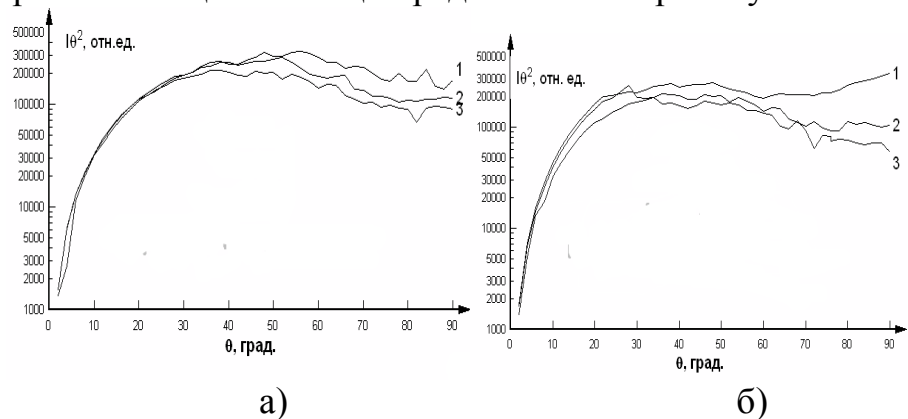


Рис.3. Зависимость  $\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta)$  мочи женщины с а – нормальным течением беременности и б – с угрозой прерывания беременности при: 1 – исходное состояние; 2 – при действии сотового телефона; 3 – после прослушивания музыки в стиле «рок»

Таблица. Влияние состояние пациента и воздействующих факторов на размеры рассеивающих центров

Состояние пациента	г, мкм
Беременные с нормальным течением беременности	
исходное	0,4; 0,29; 0,2; 0,17; 0,148; 0,14; 0,12; 0,11*
После излучения сотового телефона	0,264; 0,226; 0,176; 0,144*
После прослушивания музыки	0,4; 0,263*; 0,206; 0,19; 0,176; 0,153; 0,13
Беременные с угрозой прерывания беременности	
исходное	0,59; 0,475; 0,4; 0,3; 0,25; 0,216*; 0,21; 0,2; 0,18; 0,15
После излучения сотового телефона	0,365; 0,25; 0,21; 0,186-0,176*; 0,125-0,12
После прослушивания музыки	0,53; 0,34; 0,238; 0,21; 0,183; 0,16; 0,14*; 0,12

Примечание: \* - максимальные значения индикатрисы рассеяния.

Исходная моча обеих групп пациентов содержала набор средне- и мелкомасштабных кластеров. Однако разнообразие типов кластеров для гр. 1 меньше, чем для гр.2 и размеры их в основном меньше. Воздействие сотового телефона вызывает разрушение среднemasштабных кластеров в обеих группах; мелкомасштабные кластеры в гр.1 уменьшились на 43%, во второй на 30%. Действие сотового телефона на мочу гр. 2 более существенно, в частности, появляются объединенные конгломераты близких по размеру кластеров ( $r=0,186 - 0,176$  мкм) к которому смещается максимум интенсивности рассеяния.

Действие музыки сказывается на кластерной структуре мочи в большей степени. Появляются более резко выраженные пики в зависимости  $\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta)$ . Часть мелких кластеров объединяется, и образуют среднemasштабные структуры наряду с увеличением мелких кластеров.

Изменение размеров и количества кластеров после внешнего воздействия на мочу свидетельствует о ее структурной перестройке. Исходя из положения об информативности, о состоянии организма мочи в исходном состоянии, то изменения ее структуры говорит об изменении информационного поля. О степени изменений структуры судили по изменению площади зависимости  $\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta)$  после воздействия к исходной. Женщин. Действие излучения сотового телефона на мочу привело к уменьшению площади зависимости  $\theta^2 \cdot I(\theta) = f(\theta)$  обеих групп, соответственно: в гр. 1 на 8%, в гр.2 на 7,9%, что практически одинаково. Музыкальное воздействие на мочу уменьшило вышеуказанную площадь в первой группе на 11%, во второй более, чем на 20%. Уменьшение количества кластерных структур отражает повышение неупорядоченных структур.

Если считать структуру мочи беременных с нормальным течением беременности за норму, то повышение неупорядоченности в структуре может способствовать развитию патологии.

### **Вывод**

В работе проведены экспериментальные исследования состояния структуры мочи беременных женщин в зависимости от течения беременности и влияния внешних возбуждающих факторов. Показано, что действие излучения сотового телефона и музыки в стиле «рок» приводит к разупорядоченности части кластеров мочи. Появление бесструктурных единиц в водной среде организма снижает его информационное поле и способствует сдвигу позиции: «норма» - «патология» в сторону «патологии»

**Список литературы:** 1. Савельева Г.М., Курцер М.А., Шалина Р.И. Роль интранатальной охраны плода в улучшении перинатальных исходов // Акуш. И гин. -2000. -№5. -С. 3 -8. 2.Бабкин П.С. Увеличение частоты начала родов с излития околоплодных вод за последние десятилетия // Компьютеризация в медицине: Сб. науч. Трудов /Воронежская государственная медицинская академия: Воронеж, 1996. -С.24-28. 3.Айламазян Э.К. Преждевременные роды // Вест. Рос. Асс. Акуш. -гин. -1995. -№2. -С.3 -11. 4.Дворянский С.А., Арасланова С.Н. Преждевременные роды. -М.: Медицинская книга. 2002. 5.Венцовский Б.М., Резниченко Г.Н. Резниченко Ю.Г. Протагландины в системе мать -плацента -плод при фетоплацентарной недостаточности // Акуш. и гин. -1994. -№3. -С.48 -50. 6.РейсГ.Э., Дженкин Г., Тоберн Т.Д. Физиология и эндокринология преждевременных родов. -М.: Медицина, 1991. С.4- -61. 7.Голота В.Я., Бенюк В.А. Прогнозирование преждевременных родов /Материалы Vi съезда акушеров -гинекологов Казахстана. Алма -Ата: 2000. -С.15-16. 8.ХеллП., Уильямс М. Преждевременные роды //Акушерство: Справочник. -М.: Практика, 1999. -С.550 -575. 9.Коваленко В.Ф., Левченко П.Г., Шутов С.В. Кластерная природа светорассеяния воды. //Биомед радиоэлек. -2008. -№5. С. 36 -45. 10. Коваленко В.Ф., Шутов С.В., Бордюк А.Ю. Влияние ионов и растворенного газа на рассеяние лазерного излучения водой // Оптика атмосферы и океана. -2010.-№2. 23. -С.92 -96. 11. Kovalenko V.F. , Levchenko P.G., Shutov S.V. Investigation of the nature of light scattering by water //Ukr. J.Phys. Oht. -2009.- V.10. -№1. -P.38-53э

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

УДК 656.13

*Н.А. СЕМЧЕНКО*, ст. преп., ХНАДУ, Харьков

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ**

Изложены основные положения эмпирико-стохастического подхода к моделированию движения транспортных потоков на перекрестках

**Ключевые слова:** эмпирико-стохастический подход, моделирование, перекресток

Висловлені основні положення емпірико-стохастичного підходу до моделювання руху транспортних потоків на перехрестях

**Ключові слова:** емпірико-стохастичний підхід, моделювання, перехрестя

The main statements of empirical-stochastic approach for modeling of transport flows movement at road junctions

**Keywords:** empirical-stochastic approach, modeling, road junctions

### **1. Введение**

Проблемы оптимизации движения транспорта в мегаполисе остаются одной из ключевых городских проблем, математическое моделирование играет все возрастающую роль в их решении.

При поиске эффективных стратегий управления дискретно-непрерывными транспортными потоками на сети мегаполиса необходимо учитывать широкий спектр характеристик транспортного потока, закономерности влияния внешних и внутренних факторов и динамические свойства. Поведение транспортного потока очень изменчиво и зависит от действия многих факторов и их сочетаний.

### **2. Моделирование движения**

К современным методам исследования транспортных перекрестков городских улиц и дорог можно отнести методы многомерного статистического анализа, а также имитационное моделирование.

Существующий математический аппарат позволяет моделировать разные параметры движения транспортных потоков и подходы к управлению ими. Можно выделить два основных подхода - детерминированный и вероятностный (стохастический).

В основе детерминированных моделей лежит функциональная зависимость между отдельными показателями, например, скоростью и дистанцией между автомобилями в потоке. В стохастических моделях транспортный поток рассматривается как вероятностный процесс с применением соответствующего математического аппарата.

Все модели транспортных потоков принято разбивать на три класса: модели-аналоги, модели прохождения за лидером и вероятностные модели.

Пропускная способность городской сети главным образом ограничена пересечениями в сети. Это происходит ввиду необходимости разделения конфликтующих потоков движения на таких пересечениях. Поэтому оценка

уровня обслуживания улично-дорожной сети обычно сужается до анализа движения на пересечениях.

Основная цель этой работы заключается в исследовании характеристик потоков транспортных средств после проезда перекрестка и оценке прогнозных интенсивностей движения автомобилей на основании полученных характеристик.

Учитывая особенности транспортных потоков, наиболее подходящими для наших целей являются стохастические (вероятностные) модели.

Существуют различные типы пересечений и различные типы управления движением, использующиеся на пересечениях.

Перекрестки можно разделить по типу регулирования: регулируемые и нерегулируемые. Нерегулируемые перекрестки делятся на равнозначные и неравнозначные, т.е. с главной и второстепенной дорогами.

Другой вариант классификации – по конфигурации перекрестка: крестообразные, Т-образные, перекрестки с круговым движением, Y-образные и т.д. Вне зависимости от формы перекрестка, правила их проезда одинаковые.

Проезд нерегулируемого перекрестка является одним из самых сложных элементов на дороге.

Транспортные средства двигаются по перегону к перекрестку (регулируемому или не регулируемому).

Далее автомобили, в случае нерегулируемого перекрестка, движущиеся по приоритетному направлению, в основном, проезжают без задержек, а автомобили с второстепенного направления останавливаются у стоп-линии, тем самым образуя очереди, и ожидают приемлемого интервала между автомобилями приоритетного направления для дальнейшего пересечения перекрестка.

Образование очередей - вероятностный процесс, и для создания модели проезда перекрестка необходимо определить наиболее подходящий вероятностный закон, с помощью которого можно описать движение транспортных потоков по городским магистральным улицам. Одним из основных законов в теории транспортных потоков является пуассоновский. В городских условиях при плотных транспортных потоках и влиянии регулируемых пересечений транспортный поток будет распределяться по закону отличному от пуассоновского. В работах Бабкова В.Ф., Дрю Д. рекомендовано описывать распределение скоростей движения и интервалов между автомобилями в потоках в городах с интенсивностью более 600 авт./ч. на полосу нормальным распределением случайной величины. Это обусловлено влиянием на исходную характеристику множества случайных малозначащих факторов [1]. По нашему мнению, такое утверждение не всегда справедливо.

Каждый перекресток с определенным типом управления генерирует потоки по-разному. Рассмотрим варианты прибытия транспортных средств к рассматриваемому перекрестку (регулируемому или нерегулируемому). Прибытие транспортных средств зависит от длины перегона, примыкающего к перекрестку, от типа управления перекрестка, от которого движутся транспортные средства к рассматриваемому перекрестку, и от степени насыщенности транспортных потоков. Если транспортные средства уходят с нерегулируемого перекрестка, то прибытие транспортных средств - случайно и

подчинено определенному закону распределения, зависящему от параметров потока и его структуры. Закон распределения зависит и от длины перегона, примыкающего к перекрестку. На перегоне транспортные средства движутся обособленно либо могут образовываться пакеты. Тогда распределение интервалов (временное расстояние) между транспортными средствами подчинено либо закону распределения Пуассона, либо Гаусса [2], либо какому-то еще. Этот вопрос остается открытым.

Если транспортные средства уходят с регулируемого перекрестка, то прибытие транспортных средств в первую очередь зависит от насыщенности транспортных потоков.

В случае насыщенных потоков транспортные средства уходят с регулируемого пересечения к рассматриваемому перекрестку пакетами с определенными промежутками времени, близкими к фиксированным. Фиксированные промежутки времени соответствуют длительности фаз, разрешающих движение. Конечно, это справедливо при условии, что основные потоки движутся к рассматриваемому перекрестку. При этом размеры пачек будут приблизительно одинаковыми. Такая ситуация присуща часам «пик» или коротким перегонам между перекрестками.

В случае ненасыщенных потоков транспортные средства уходят пакетами с регулируемого пересечения с интервалами между пакетами, которые являются случайной величиной и подчинены определенному закону распределения. При этом размеры пачек могут сильно отличаться. Такая ситуация присуща межпиковым периодам или длинным перегонам между перекрестками.

При построении моделей движения транспортных средств через перекресток мы используем эмпирико-стохастический подход [3], т.е. в качестве входных параметров перекрестка (интенсивность, размер пачки автомобилей, интервалы между пачками) используются эмпирические данные замеров выходящих потоков с перекрестка, являющегося входом в сеть мегаполиса или вспомогательным элементом сети внутри нее.

Ввиду сложности вывода расчетных формул для нормального распределения теории массового обслуживания и неравномерного движения, а также неравномерности интенсивности движения в течение дня, для описания очередей и заторов на регулируемых пересечениях хорошо подходит метод статистических испытаний («Монте-Карло»). Он представляет собой математическое моделирование различных ситуаций на ЭВМ путем генерирования случайных чисел на основе известных законов распределения.

В модели генерируется подход автомобилей к стоп-линии и ее пропускная способность, т. к. они являются случайными величинами с соответствующими параметрами - математическим ожиданием -  $a$  и дисперсией -  $\sigma^2$ .

Движение автомобилей рассматривается во временном пространстве. Предполагается, что автомобили движутся пакетами. Минимальное число автомобилей в пакете – 1. Число автомобилей в пакете  $N$  - случайное и описывается либо распределением Пуассона (если расстояние от регулируемого перекрестка до исследуемого пересечения велико и пачка, вышедшая с перекрестка, успевает распасться), либо распределением Гаусса:



$$p(N) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_N} \exp\left(-\frac{(N_0 - N)^2}{2\sigma_N^2}\right), \quad (1)$$

где  $N_0$  - среднее число автомобилей в пакете,  $\sigma_N$  - среднеквадратическое отклонение числа автомобилей в пакете.

Интервал времени между двумя ближайшими автомобилями в пакете не изменяется при движении автомобилей.

Интервал (временное расстояние) между двумя пакетами фиксирован в случае движения насыщенных потоков и короткого перегона после выхода с регулируемого пересечения, в случае движения ненасыщенных потоков после выхода с регулируемого пересечения и движения между нерегулируемыми пересечениями - является случайной величиной и может быть описан распределением Гаусса:

$$p(L) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_L} \exp\left(-\frac{(L_0 - L)^2}{2\sigma_L^2}\right), \quad (2)$$

где  $L_0$  - среднее временное расстояние между пакетами,  $\sigma_L$  - среднеквадратическое отклонение расстояния между пакетами.

Предполагается, что распределение времени проезда перекрестка описывается распределением Гаусса

$$p(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ii}} \exp\left(-\frac{(t_{0i} - t)^2}{2\sigma_{ii}^2}\right), \quad (3)$$

где  $t_{0i}$  - среднее время проезда перекрестка в  $i$ -том направлении (прямо, поворот налево, поворот направо),  $\sigma_{ii}$  - среднеквадратичное отклонение времени проезда перекрестка водителем в  $i$ -том направлении.

В результате исследования были проанализированы основные проблемы поставленной задачи, разработаны и реализованы некоторые компьютерные модели нерегулируемого и регулируемого перекрестка.

**Список литературы:** 1. *Андронов Р.В.* Анализ динамики заторов на регулируемых пересечениях улично-дорожной сети методом «Монте-Карло» [Текст] : сб. науч. тр. / Р.В. Андронов, Б.П. Елькин, С.Ф. Ваганов // ТюмГАСУ: – Тюмень, 2006. – С. 12-17. 2. *Gowri A. R. Sivanandan.* Evaluation of Left Turn Channelization at a Signalized Intersection Under Heterogeneous Traffic Conditions [Текст] / Gowri A. R. Sivanandan // Transport. – 2008. – 23(3). – Pp. 221-229. 3. *Гецович Е.М.* Эмпирико-стохастический подход к моделированию транспортных потоков [Текст] : труды / Е.М. Гецович, В.Т. Лазурик, Н.А. Семченко, В.Ю. Король // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях (КМНТ-2010): науч.-техн. конф. с междунар. участием, 18-21 мая 2010 г.: труды. - Х., 2010. – Ч. I. - С. 101-104.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 656.025.2**

**Т.Т.БЕРЕСТОВА**, ст.викл., УкрДАЗТ, Харків  
**Г.С. КРАСОВСЬКА**, студ., УкрДАЗТ, Харків

## **АНАЛІЗ СТАНУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

Проаналізовані основні показники перевезення пасажирів різними видами транспорту. Показане місце залізничного транспорту у загальній транспортній мережі. Намічені шляхи розвитку пасажирських перевезень саме залізничним транспортом.

**Ключові слова:** пасажир, пасажирообіг, тариф на перевезення, види транспорту.

Проанализированы основные показатели перевозки пассажиров различными видами транспорта. Показана роль железнодорожного транспорта в общей транспортной сети. Намечены пути развития пассажирских перевозок именно железнодорожным транспортом.  
**Ключевые слова:** пассажир, пассажирооборот, тариф за перевозку, виды транспорта.

The basic indexes of carrying passengers the different types of transport are analysed. The role of railway transport is rotined in a general transport network. The ways of development of passenger transportations are set exactly by a railway transport.

**Keywords:** passenger, passazhirooborot, tariff for transportation, types of transport.

В 2009 році пасажирообіг поїздів дальнього прямування склав більш ніж 118 мільярдів пасажиро-кілометрів, що на 3,7% більше, ніж в 2004 році. Ріст пасажирообігу невеликий: впливає конкуренція з боку інших видів транспорту – авіаційного та автомобільного. Пасажирообіг залізниць на сьогодні складає біля 24% від загального об'єму перевезень громадського транспорту України.

В Україні за 7 місяців 2010 року зменшився пасажирообіг на 7,7% - до 39 млрд. пасажирів. За даними Госкомстата [1] в Україні за січень – червень 2010 р. послугами залізничного транспорту скористалися 3,9 млрд. пасажирів, виконана пасажирська робота в обсязі 76,2 млрд. пас. км, що складає відповідно 92,3% та 98,5% від обсягів січня червня 2009 р.

Залізничним транспортом за січень – червень відправлено 252,2 млн. пасажирів (з урахуванням перевезень міською електричкою), що на 0,3% менше, ніж за аналогічний період 2009 р.

Послугами автомобільного транспорту (з урахуванням перевезеннями фізичними особами – підприємцями) скористалися 2,2 млрд. пасажирів, що на 8,1% менше від обсягів перевезень пасажирів за 7 місяців 2009р. Перевезенням пасажирів автотранспортом фізичних осіб – підприємців зменшилися на 8,1%.

Перевезення пасажирів морським транспортом у порівнянні з січнем – червнем 2009 р. зросли на 2,2%. Підприємства Севастополя, які виконали 83,7% загальних обсягів морських перевезень пасажирів, збільшили перевезення пасажирів на 1,5%.

Закордонні морські перевезення пасажирів зросли на 11,1% у порівнянні з січнем – червнем 2009 р. Підприємства АР Крим, які виконують практично всі морські закордонні перевезення (96,8%), збільшили перевезення пасажирів на 12,9%.

Авіаційним транспортом перевезено 3,3 млн. пасажирів, що на 13,8% більше, ніж за 7 місяців 2009 р.

За січень – червень 2010 міським електротранспортом перевезено 1,5 млрд. пасажирів, що на 8,3% менше у порівнянні із січнем – червнем 2009 р.

Структура пасажирообігу по видах транспорту на рис. 1.

Обсяг пасажирських авіаперевезень на міжнародних авіалініях постійно зростає, хоча на внутрішніх авіалініях користуються послугами авіатранспорту незначна кількість пасажирів. Поїздами традиційно продовжують користуватися менш забезпечена частина населення. Різниця в цінах на квитки між спальним вагоном та літаком на основних напрямках знано відрізняється. Так, проїзд у вагоні люксі швидкого поїзду за маршрутом Харків - Київ обійдеться пасажиру

майже в 482,3 грн. Авіаквиток економного класу між цими містами буде коштувати 1590,00 грн [2]. Різниця часу поїздки враховуючи трансфери (аеропорт-центр міста) та реєстрації складає біля трьох годин. Чи вартий цей час додатково витрачених 1108 гривень – кожен вирішує сам для себе.

Для того щоб проаналізувати, наскільки інтенсивно населення

країни користується тим чи іншим видом транспорту, можна використовувати показник транспортної рухливості населення, що дорівнює відношенню пасажирообороту до загальної кількості населення країни. Так, для автомобільного транспорту цей показник найбільший - згідно з оцінками, в 2004 році він дорівнював 2080 кілометрів на кожного мешканця України на рік. Для залізничного транспорту рухливість населення в 2004 році склала 1130 кілометрів на одну людину. Найближчий конкурент пасажирських поїздів - автотранспорт - перевіз в 2010 році близько 3720 мільйонів пасажирів, при цьому пасажирообіг автомобільного транспорту склав порядку 52,063 мільярдів пасажиро-кілометрів, а залізничного – 50,038 мільярдів пасажиро-кілометрів. На кожного мешканця України в 2010 році припадало 2830 кілометри проїзду. Рухливість населення на Україні наведена в табл. 1.

Таблиця 1. Рухливість населення за видами транспорту України у 2004-2010 рр., тис. км/люд.

Вид транспорту	Рік							
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
залізничний	1,1379	1,1292	1,1423	1,1641	1,1641	1,1603	1,0524	1,0908
автомобільний	0,8764	1,0355	1,151	1,1815	1,2251	1,3392	1,2054	1,135
водний	0,0022	0,0022	0,0022	0,0022	0,0044	0,0027	0,0027	0,0021
авіаційний	0,0719	0,1155	0,133	0,1875	0,2071	0,2349	0,1966	0,2391
Разом	2,0884	2,2824	2,4285	2,5353	3,1479	3,2104	2,8363	2,8299

Виконання пасажирообігу за видами транспорту наведено на рис.2.

Динаміка рухливості населення пояснюється двома факторами: ціною доступності та умовами проїзду. Жоден з цих факторів не працює на користь

залізничного транспорту, особливо, у частини дальніх перевезень. На близькому плечі (до 200 кілометрів) з залізницями конкурує автотранспорт. Зростання автомобілізації населення, пов'язаний зі зростанням доходів, а також незадовільна якість послуг залізничного транспорту поступово скорочують

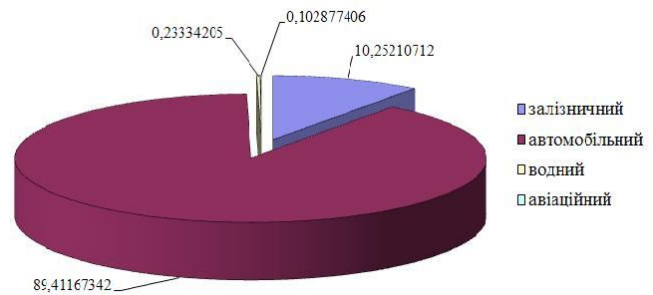


Рис. 1. Структуру пасажирообігу за видами пасажирського транспорту загального користування

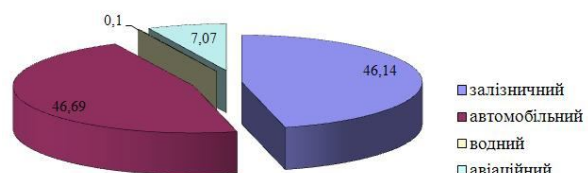


Рис.2. Розподіл пасажирообігу за видами транспорту у млн. пас.км.

частку останнього в загальному потоці пасажирів. На дальньому плечі (понад 2000 кілометрів) впевнено повертає втрачені позиції авіація, особливо в міжнародних перевезеннях.

Середньостатистичний мешканець України раз на рік користується послугами пасажирського комплексу далекого прямування, при цьому переміщаючись на відстань у середньому трохи менше 900 кілометрів. Цей показник змінюється незначно, але не виключено, що надалі при поступовому зниженні різниці в тарифах між залізничними та авіаційним транспортом пасажирів будуть користуватися послугами повітряного транспорту.

**Висновки.** Аналіз перевезення пасажирів свідчить, що залізничний транспорт конкурує на ринку транспортних послуг із автомобільним транспортом, хоча середня дальність перевезення пасажирів для залізничного транспорту складає понад 200 км. Для збільшення обсягів перевезень необхідно застосовувати всі заходи організаційного та реконструктивного характеру, серед яких збільшення швидкостей перевезень, оновлення рухомого складу, гнучка тарифна політика, покращення сервісу на вокзалах та в поїздах, розвиток інформаційних технологій.

**Список літератури:** 1. Офіційний сайт Госкомстата України <http://www.ukrstat.gov.ua/>. 2. <http://airtickets.seturia.ua>.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 656.212.5**

**Г.М. СІКОНЕНКО**, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків  
**Н.О. НІКІФОРОВА**, студ., УкрДАЗТ, Харків

## **ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПІДВИЩЕННЯ ТРАНЗИТНОСТІ ВАГОНОПОТОКІВ ШЛЯХОМ УНІФІКАЦІЇ ВАГОВИХ НОРМ ПОЇЗДІВ**

Показано, що підвищення транзитності вагонопотоків позитивно впливає на роботу всіх підрозділів транспортної системи. Досягти покращення експлуатаційних показників при пропуску транзитного вагонопотоку можливе за умови уніфікації вагових норм поїздів. Запропонована модель підвищення ефективності пропуску вагонопотоку через технічну станцію при уніфікації вагової норми.

**Ключові слова:** вагонопотік, транзитність, вагова норма.

Показано, что повышение транзитности вагонопотоков положительно влияет на работу всех подразделений транспортной системы. Достичь улучшения эксплуатационных показателей при пропуске транзитного вагонопотока возможно при условии унификации весовых норм поездов. Предложена модель повышения эффективности пропуска вагонопотока через техническую станцию при унификации весовой нормы.

**Ключевые слова:** вагонопоток, транзитность, весовая норма.

It is noted that the increase of transit of wagon flows positively influences the work of all subdivisions of a transport system. To attain the improvement of operating indexes at admission of transit wagon flow is possible on condition of standardization of gravimetric norms of trains.

The model of increase of efficiency of admission of wagon flow is offered through the technical station at standardization of gravimetric norm.

**Keywords:** car traffic volume, transit, gravimetric norm.

Транспорт грає одну з головних ролей в соціально-економічному розвитку будь-якої країни, забезпечуючи умови економічного росту, підвищення конкурентоспроможності національних економік і якості життя населення. Доступ до безпечних, якісних і ефективних транспортних систем визначає ефективність роботи і розвитку виробництва, бізнесу і соціальної сфери.

Транспортний транзит органічно вписується в геополітичні цілі кожної держави, яка ставить перед собою чіткі стратегічні цілі позиціонування у сучасному світі, що динамічно розвивається, в умовах глобальних процесів уніфікації, що охопили усі країни. Потоки товарів і послуг, капіталів і людей, глобальні системи комунікацій і інформації, діяльність міжнародних економічних і фінансових організацій і корпорацій утворили основу глобальної економіки, в яку більшою чи меншою мірою вплетені усі без виключення національні інтереси.

Одним із способів підвищення транзитності вагопотоків є уніфікація вагової норми поїздів.

При істотно неоднорідній структурі вантажопотоку, коли масу поїздів на лінії обмежує довжина приймально-відправних колій, найбільша провізна спроможність не завжди відповідає максимально можливій погонній нормі маси [1]. У цьому випадку оптимальну норму маси необхідно встановлювати за максимумом провізної спроможності, враховуючи розподіл поїздопотоків по погонному навантаженню. У зв'язку з тим, що приріст середньої маси поїзда в цих умовах не прямо пропорційний збільшенню його норми, а зниження швидкості руху поїзда через паралельності графіка поширюється на весь потік, зміна провізної спроможності носить екстремальний характер. Середня маса поїзда помітно збільшується тільки до певної межі. При цьому провізна спроможність лінії досягає максимуму, подальше збільшення норми маси приводить до зменшення провізної спроможності лінії.

Формування поїздів уніфікованої ваги призводить до зменшення простоїв на попутних технічних станціях та відповідно дозволяє підвищити коефіцієнт транзитності, покращити використання локомотивного парку та організацію роботи локомотивних бригад [2].

Задача підвищення ефективності пропуску вагопотоків через технічну станцію при уніфікації вагової норми буде мати наступний вигляд

$$E = f(e_1, e_2, e_3, e_4), \quad (1)$$

де  $e_1$  - витрати на накопичення та формування поїздів на початкових технічних станціях, грн;

$e_2$  - витрати на накопичення поїзних груп для поповнення составів або на простої відчеплених вагонів у сортувальних парках під накопичення, грн;

$e_3$  - витрати пов'язані з організацією пропуску вагопотоків по дільницям (напряму) при уніфікації вагової норми, грн;

$e_4$  - витрати на маневрову роботу при зміні маси состава, грн.

При наступних обмеженнях

$$\begin{cases} t_H \leq t_H^{норм}, \text{ за тривалістю середнього простою під накопиченням;} \\ M_{ман} \geq 1, \text{ за кількістю маневрових локомотивів;} \\ N_{вит} \geq 1, \text{ за кількістю вільних маневрових витяжок для формування;} \\ N_{потр} < N_{наяв}, \text{ за наявною пропускною спроможністю дільниць.} \end{cases}$$

Витрати на накопичення та формування поїздів на початкових технічних станціях

$$e_1 = c \cdot m \cdot e_{ваг-год}, \quad (2)$$

де  $c$  - параметр накопичення даного призначення, год.;

$m$  - состав поїзду за прийнятою технологією, ваг;

$e_{ваг-год}$  - вартість однієї вагго – години простою, грн/ваг.

$$e_2 = (c_1 \cdot m_1 \pm c_2 \cdot m_2) \cdot e_{ваг-год}, \quad (3)$$

де  $c_1, c_2$  - відповідно параметри накопичення поїзних груп для поповнення составів та составів більш коротких призначень після відчеплення поїзної групи від транзитного вагонотопку без переробки, год;

$m_1, m_2$  - відповідно число вагонів у поїзних групах, що відчіпляються та складах поїздів більш коротких призначень, що накопчуються у попутному напрямку, ваг.

$$e_3 = E_{н.р} + Z_{ел.ен} + E_{оч.від}, \quad (4)$$

де  $E_{н.р}$  - витрати на організацію поїзної роботи при різних методах пропуску вагонотопку на напрямку, грн;

$Z_{ел.ен}$  - витрати на електроенергію при тязі поїздів та допоміжний пробіг, грн;

$E_{оч.від}$  - додаткові витрати від очікування відправлення, грн.

$$e_4 = E_M \Delta MN + B_{нал} \cdot E_{нал} + E_{нез}, \quad (5)$$

де  $E_M$  - ставка плати за 1 час маневрової роботи, грн;

$\Delta MN$  - економія маневрових локомотиво-годин на кожному составі;

$B_{нал}$  - витрати палива на проведення маневрових операції з причеплення – відчеплення поїзних груп, т;

$E_{нал}$  - вартість однієї тони палива, грн/т;

$E_{нез}$  - незалежні від обсягів перевезень витрати, пов'язані з додатковим переведенням стрілочних переводів, використання колій, додаткових простоїв на станції внаслідок ворожих маршрутів пр. проведенні маневрових та поїзних операції, грн.

**Висновки.** Система організації вагонотопків як на мережевому, так і на дорожніх рівнях відноситься до числа найважливіших технологічних завдань, від правильного вирішення якого залежить не тільки завантаження технічних станцій і дільниць мережі, але і час доставки вантажу, що принципово важливо для роботи мережі залізниць в сучасних ринкових умовах. Економічні розрахунки уніфікації вагових норм та підвищення транзитності вагонотопків показали, що собівартість одного

відправленого вагону зменшується на 19,7% при відправленні поїздів підвищеної ваги на всьому залізничному напрямку у порівнянні з відправленням неповно вагових на цьому ж напрямку.

**Список літератури:**1.Бодюл В.И. График грузового движения [Текст] / В.И. Бодюл, В.И Некрашевич, А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт, 1993. - №5. – С. 12-18.2. Некрашевич В.И. Поездная работа при постоянных размерах грузового движения и нефиксированной массе поезда и длине составов [Текст] / В.И. Некрашевич, В.Е. Козлов, В.И. Бодюл, А.Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ, 2008. - №8. С. 17-21.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 656.212.5**

**О.А. МАЛАХОВА**, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків

**О.В. ТИЩЕНКО**, студ., УкрДАЗТ, Харків

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ПРОСТОЮ СОСТАВІВ В ОЧІКУВАННІ ВІДПРАВЛЕННЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ**

При переході до європейських методів в організації руху поїздів постає питання про зміну системи накопичення та відправлення поїздів із сортувальних станцій. Проаналізовані простоя під накопиченням та непродуктивні простоя готових составів при відправленні поїздів. Зменшити час знаходження транзитного вагонопотоку з переробкою на сортувальних станціях можливо завдяки гнучким підходам до процесу формування поїздів.

**Ключові слова:** сортувальна станція, накопичення составів, вагонопотік, відправлення поїздів.

При переходе к европейским методам в организации движения поездов появляется вопрос об изменении системы накопления и отправления поездов с сортировальных станций. Проанализированы простои под накоплением и непродуктивные простои готовых составов при отправлении поездов. Уменьшить время нахождения транзитного вагонопотока с переработкой на сортировальных станциях возможно благодаря гибким подходам к процессу формирования поездов.

**Ключевые слова:** сортировочная станция, накопление составов, вагонопоток, отправление поездов

In transition to the European methods in organization of motion of trains a question appears about the change of the system of accumulation and sending of trains from the sorting stations. Outages under an accumulation and unproductive outages of the prepared compositions are analysed at sending of trains. To decrease time of finding of transit vagonopotoka with processing on the sorting stations possibly due to the flexible going near the process of forming of trains.

**Keywords:** sorting yard, making an accumulation, car traffic volume, sending of trains.

Забезпечення конкурентоспроможності залізничних перевезень, впровадження механізмів підвищення ефективності діяльності учасників ринку, створення рівних економічних умов в порівнянні з іншими видами транспорту і вживання технології руху за розкладом є одним з основних інструментів реалізації нових сучасних технологій перевезення вантажів залізничним транспортом.

При будь-якій технології поїзної роботи для відправлення поїзда необхідна наявність чотири складових: составу, локомотиву, локомотивної бригади і відповідної «нитки» графіка. При відправленні вантажних поїздів по готовності

(тобто відповідно до технології, традиційно вживаної на вітчизняних залізницях) терміни готовності составу, локомотиву, локомотивної бригади, наявність вільної «нитки» графіка та взаємоув'язка «ниток» на суміжних технічних станціях носять імовірнісний характер. Наприклад, момент готовності поїзда до відправлення залежить від часу вступу замикаючої групи вагонів на станцію формування. Проте навіть при періоді планування 3–6 годин часто таке планування проводиться з великими розбіжностями між прогнозним і реальним термінами прибуття. На практиці час закінчення формування поїзда слабо піддається прогнозам і визначається лише при вході на станцію составів з відповідною групою вагонів, що приводить до непродуктивних простоїв і неефективного використання ресурсів. Поїзди по готовності вирушають з початкових станцій, або по найближчій вільній «нитці» графіка в потрібному напрямі, або у будь-який час за умови вільних переходів і прямують далі, витримуючи час ходу, міжпоїзні і станційні інтервали по графіку. При цьому, як показує практика, пропуск поїздів здійснюється залежно від поїзного положення, яке склалося на даний момент на дільницях відправлення без врахування можливостей їх раціонального пропуску і прийому.

Відповідно до іншого варіанту моделі формування состав готується до відправлення за розкладом, тобто без прив'язки до кількості вагонів у составі поїзда. Такі поїзди не лише забезпечені локомотивом і локомотивною бригадою, але і погоджені по напрямку відправлення. Це не лише істотно зменшує непродуктивні втрати, але і дозволяє радикально оптимізувати формування вантажопотоків. Хоча така технологія не дозволяє використовувати ресурс тягового рухомого складу та збільшує кількість поїздів на дільницях. Вибір того чи іншого варіанту відправлення, а відповідно і системи формування поїздів, повинно привести не просто до поліпшення економічних показників, але й стати новим етапом розвитку залізниць України.

Одним із елементів простою вагонів на технічних станціях є час простою составів в очікуванні відправлення. Він може біти викликаний деякими експлуатаційними чинниками, з яких в першу чергу графік руху поїздів та спеціалізація ниток графіка. В залежності від спеціалізації розкладів ватажних поїздів слід виділити широке розповсюдження графіків з частковою спеціалізацією розкладів за призначеннями.

При частковій спеціалізації розкладів графіку за призначеннями проф. І.І. Васильєв рекомендує вагоно – години очікування визначати за формулою [1]

$$B = 12m \frac{n_{cn}}{n + n_{cn}} = 12ma_0, \quad (1)$$

де  $m$  - кількість вагонів у составі поїзда, ваг;

$n_{cn}$  - число поїздів, для яких в розкладі виділені нитки;

$n$  - число не закріплених за поїздами ниток розкладу.

Виходячи з рівної імовірності завершення процесу підготовки составів до відправлення на протязі часу  $\frac{24}{n + n_{cn}}$ , можна визначити додаткові вагоно - години простою составів у порівнянні з відправленням на найближчу вільну нитку графіку в розмірі



$$B = 12m \frac{n_{cn}}{n + n_{cn}} + \frac{12mn_{ван}}{n + n_{cn} - n_{cn}} \cdot \frac{12m(n_{ван} + n_{cn})}{n + n_{cn}} = 12m\alpha_0 \frac{\gamma - \alpha_0}{1 - \alpha_0}, \quad (2)$$

де  $\gamma = \frac{n_{ван} + n_{cn}}{n + n_{cn}}$  - відношення числа фактичних розмірів до графікових

(заповнення графіка).

За результатами обробки статистичних даних по станції Основа Південної залізниці побудована залежність величини вагоно – годин очікування в залежності від коефіцієнта заповнення графіка  $B_1 = f(\gamma, \alpha_0)$  (рис. 1), звідки бачимо, що при збільшенні коефіцієнта  $\alpha_0$  та заповненні графіка  $\gamma$  вагоно – години очікування виростуть.

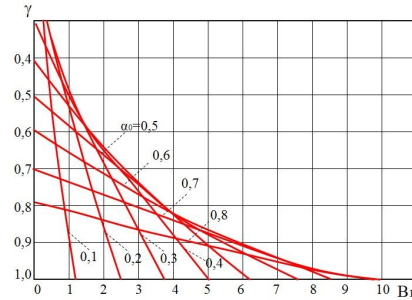


Рис.1. Залежність вагоно – годин очікування від заповнення графіку руху

В.М. Вишневецьким запропонована формула для визначення вагоно – годин очікування відправлення у такому вигляді[2]

$$B_2 = c_1 m \left( \frac{n_p - n}{n_p} + \frac{n - n_{пост}}{n_p - n_{пост}} \right), \quad (3)$$

де  $c_1$  - параметр очікування ( $c_1 < 12$ );

$n$  - загальна кількість сформованих станцією поїздів в даному напрямку;

$n_{пост}$  - число розкладів, призначених для обігу постійних поїздів

$n_p$  - загальна кількість розкладів графіка.

На рис. 2. наведені залежності

$B_2 = f\left(\frac{n}{n_p}, n_{пост}\right)$ , побудованих на основі

розрахунків, проведених за методикою В.М. Вишневецького. Аналіз залежностей показав, що при збільшенні  $n_{пост}$  частина виразу, що стоїть у дужках, зменшується. Дуже різке падіння до нуля, як це помітно з графіків, спостерігається при  $n_{пост} > 0.5n$ . Це деякою мірою суперечить результатам, отриманим за формулами 1 та 2.

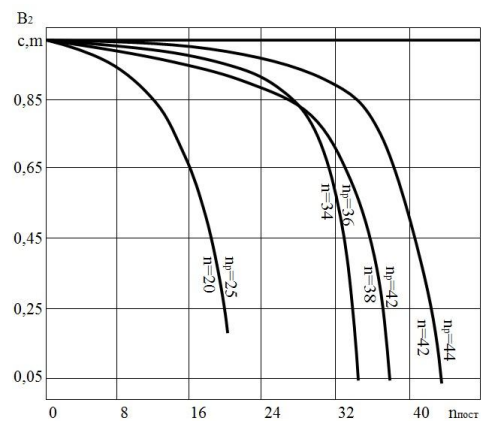


Рис.2. Залежність вагоно – годин очікування від значення  $n_{пост}$

Проф. К.А. Бернгардом [3] запропонована інша розрахункова формула для визначення сумарних витрат вагоно – годин очікування відправлення при частковій спеціалізації розрахунку графіка за призначеннями

$$B_3 = K_{cn} c_{cn} m \frac{n_{cn}}{n_p} + n_{cn} \left( 1 + \frac{n}{n_p} \right) \frac{n}{n_p} I_0 m, \quad (4)$$

де  $K_{cn}$  - кількість призначень спеціалізації;

$c_{cn}$  - параметр очікування ( $1 < c_{cn} \approx 3$ ), год;

$n_{cn}$  - загальна кількість закріплених до розкладу поїздів;

$I_0$  - середній інтервал відправлення поїздів зі станції, год<sup>-1</sup>.

Перша частина формули являє собою варіанти очікування відправлення поїздів, прикріплених до розкладу. Воно аналогічне формулі (1) з заміною 12 на  $c_{cn}$ , в наслідок чого отримані результати значно менші ніж за формулою (4).

Прикріплені до розкладу поїзди, при розподіленні на графіку, на виході зі станції викликають затримки решти поїздів. Величина вагоно – годин затримки визначається за формулою

$$B_3^H = n_{зам} I_0 m, \quad (5)$$

де  $n_{зам}$  - число затриманих поїздів.

$$n_{зам} = n_{cn} \left( 1 - \frac{n}{n_p} \right) \frac{n}{n_p}. \quad (6)$$

На рис.3 наведені побудовані на основі формули (6) графіки залежності числа

затриманих поїздів, як  $n_{зам} = f \left( n_{cn}, \frac{n}{n_p} \right)$ .

Із наведеного аналізу окремих розрахункових формул при частковій спеціалізації розкладу графіка впливає, що окремі автори по-різному визначають величину простою вагонів в очікуванні відправлення. Простій готових составів на станції залежить від співвідношення прикріплених та вільних розкладів графіка, а також від ступеню їх заповнення на виході за станції.

Витрати вагоно – годин очікування залежать також від прийнятої системи спеціалізації розкладів графіку, а саме, від числа призначень спеціалізації. Останнє можна показати на прикладі визначення максимальних витрат вагоно – годин очікування відправлення при спеціалізації розкладу у порівнянні з системою відправлення поїздів за найближчим вільним розкладом.

Висновки. У основі технології руху за розкладом лежить принцип доставки вантажів «точно в строк» відповідно до договору на перевезення. Тобто в її швидкому впровадженні зацікавлений кожен учасник ринку. З іншого боку, виникають питання готовності до роботи в нових умовах, здатності забезпечити виконання досить жорстких вимог. При реалізації головних завдань цільової моделі стоїть задача максимально понизити ризики виникнення дефіциту ресурсів при перевезеннях вантажів, об'єднати в рамках єдиного перевізного процесу інтереси УЗ і інших його учасників.

**Список літератури:** 1.Васильев И.И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок. – М.: Транжелдориздат, 1941. -321 с.2.Вишневецкий В.М. Основные условия организации постоянных грузовых поездов // Автореферат на соис. уч. степени канд. техн. наук. – М.: ЦНИИ МПС, 1954. – 26с. 3.Бернгард К.А.Техническая маршрутизация железнодорожных перевозок//Труды ЦНИИ.- М.: Транжелдориздат, 1956.- Вып 119.- 45 с.

Поступила в редколлегию 06.12.2011

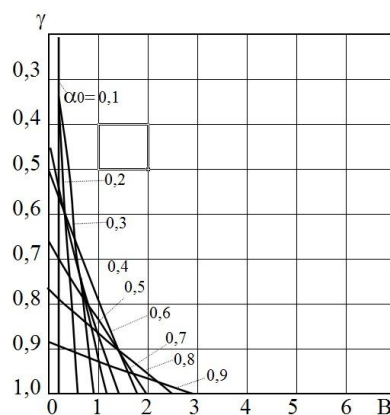


Рис.3. Графік залежності вагоно-годин накопичення від числа затриманих поїздів

*С.В. СЕВЕРІН*, студ., УкрДАЗТ, Харків

*А.В. СУПРУН*, студ., УкрДАЗТ, Харків

*Д.В. ШУМИК*, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків

## **ЗБІЛЬШЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НАПЕРЕДОДНІ ЧЕМПІОНАТУ ЄВРО 2012**

Дана стаття присвячується удосконаленню існуючого руху пасажирських поїздів на ділянці Полтава - Красноград - Лозова. Описані етапи поліпшення швидкості руху поїздів, підвищення швидкості і безпеки прямування, а також поліпшення плавності і комфортності їзди.

Данная статья посвящается усовершенствованию существующего движения пассажирских поездов на участке Полтава - Красноград - Лозовая. Описаны этапы улучшения скорости движения поездов, повышения скорости и безопасности следования, а также улучшения плавности и комфортности езды.

This article is dedicated to the improvement of movement of existing high-speed passenger trains on the route Poltava-Krasnograd-Lozova. It shows a way to improve the speed of trains, the safety, smoothness and comfort of movement.

### **Постановка проблеми**

Залізничний транспорт є частиною логістичних ланцюгів, які сприяють міжнародній торгівлі і економічному зростанню. Основою перевезень на залізничному транспорті є перевезення пасажирів і вантажів по рейкових шляхах. Але на сьогоднішній день, стан залізниць України не відповідає вимогам, що склалися на ринку транспортних послуг. З одного боку, залізничний транспорт веде досить жорстку конкурентну боротьбу з автомобільним транспортом за ринок і клієнтів. З іншого ж боку, наявна неможливість інтегруватися в загальноєвропейську транспортну систему через невідповідність її стандартам. У зв'язку з цим реструктуризація залізничної галузі є вкрай необхідною і дуже доречною. Залізничному транспорту в Україні належить перше місце в перевезенні пасажирів. Швидкісні лінії мають вагомe місце в пасажирських перевезеннях. Удосконалення існуючих та розвиток нових залізничних ліній дозволить підвищити коефіцієнт пасажирських перевезень по зрівнянню з іншими видами транспорту, забезпечити безпеку руху та скоротити час прямування.

### **Аналіз досліджень і рішень**

На сьогоднішній день вирішено проблеми науково-технічного забезпечення будівництва, модернізації і реконструкції залізничної мережі України, що зробило можливим впровадження швидкісного руху та наростаючих потреб економіки України в транспортному обслуговуванні.

Нові технології і обладнання контактного стикового зварювання відкрили принципово нові можливості для зварювання високомісних рейок нового покоління і стрілочних переводів та створення безперервного стикового «оксамитового шляху» необмеженої довжини на перегонах від станції до станції.

Рейкозварювальні машини, колійні машини, сучасні стрілочні переводи, нові рейкові скріплення, інші технічні і технологічні рішення вітчизняного випуску дозволяють практично повністю забезпечити будівництво, реконструкцію і експлуатацію залізниць обладнанням та технологіями розробленими та впровадженими українськими вченими.

### **Мета роботи**

Метою роботи є вдосконалення швидкісного руху на ділянці Полтава - Красноград - Лозова, що дозволить підвищити швидкість руху поїздів, безпеку прямування та покращення плавності і комфортності їзди.

### **Основний матеріал**

У 2002 році відбулася значна подія в історії залізниць України - був запущений в постійну експлуатацію перший прискорений поїзд в Україні - «Столичний Експрес», який з'єднав два найбільших міста України - Харків та Київ.

Цій події передувала велика робота, до якої причетні багато організацій та окремі фахівці. Для пуску прискореного поїзда необхідно було перш за все підготувати інфраструктуру (реконструкція колії, СЦБ, контактної мережі, станційного господарства, вокзалів) та рухомий склад (локомотиви і вагони).

У підсумку на УЗ з'явився новий вид пасажирських поїздів - денні прискорені поїзди, які завоювали популярність у пасажирів. Ця обставина дозволила продовжити роботу з впровадження таких поїздів на УЗ та Південній залізниці, зокрема. Так, 22 квітня 2002 р. в перший пробний рейс відправився денний прискорений поїзд Харків - Сімферополь. Надалі цей швидкісний поїзд призначається тільки в літній час.

На 2011р. в обігу на Південній залізниці знаходяться такі прискорені поїзди:

№ 131/132 Харків - Суми;

№ 161/162, № 163/164 «Столичний експрес» Харків - Київ;

№ 171/172 Харків - Донецьк (через Лозову);

№ 173/174 «Кремін» Кременчук - Київ;

№ 177/178 «Дніпровські зорі» Кременчук - Харків;

№ 179/180 «Лтава» Полтава - Київ;

№ 179/180 Харків - Луганськ (через Червоний Лиман).

У 2002 було завершено ділянку Південної залізниці Сагайдак — Полтава-Київська – довжиною 48 км. Усього на ділянці швидкісного руху було відремонтовано та реконструйовано близько 500 км шляху.

Значна частина перевезень виконується електропоїздами підвищеного комфорту, багато з яких по швидкості порівнянні з прискореними. Швидкісний рух на Україні за швидкістю значно поступається Західній Європі, але, з іншого боку, ціна доступна для всіх верств населення. Таким чином, денні поїзди конкурують в основному не з авіа -, а з автотранспортом. Проект швидкісного руху передбачає сполучення між усіма найбільшими містами, що прийматимуть матчі чемпіонату Євро-2012. Програма впровадження швидкісного руху на 2010 рік знаходиться в стадії розділення пасажирського та вантажного руху. В рамках програми було виконано:

- укладка 5,2 тис. км безстикової «оксамитового» шляху;
- реконструкція залізничних магістралей та їх інфраструктури за напрямками Київ – Харків (532 км), Київ-Дніпропетровськ (484 км), Київ – Хутір Михайлівський (356 км);
- введення в експлуатацію 370 безстикових стрілочних переводів з безперервною поверхнею кочення;
- укладання 3,3 тис. км шляхів на залізобетонних шпалах з пружними скріплення;
- збільшена швидкість руху пасажирських поїздів до 140 км/год на більш ніж 1,2 тис. км головних колій магістральних напрямків;
- виготовлено та впроваджено на Українських залізницях 42 колійних і 21 рейкозварювальні машину (на експорт поставлено близько 2 тис. рейкозварювальних машин).

Таким чином досягнутий сумарний техніко-економічний ефект від впровадження нових технічних рішень, а також ресурсозберігаючих технологій та обладнання перевищує 3 млрд грн.

У січні 2011 Укрзалізниця уклала договір з корейською компанією Hyundai Corporation, відповідно до якого отримає 10 швидкісних потягів. При цьому, крім поїздів, Українські залізниці отримують і технології, плануючи в майбутньому виробляти швидкісні поїзди на українських заводах [5].

Удосконалення швидкісного руху полягає не тільки в скороченні кількості (n) та часу зупинок ( $t_3$ ) на проміжних станціях, а й в підвищенні ходової швидкості руху поїзда:

$$V_x = \frac{\sum NL}{\sum Nt_x} \quad (1)$$

де,  $\sum NL$  – сумарні поїздо-кілометри на дільниці,

$\sum Nt_x$  – сумарні поїздо-години в русі на дільниці без урахування зупинок поїздів та часу, затраченого при цих зупинках на розгін та гальмування

$$t_x = \frac{L_{nep}}{V_x} + t_p + t_y \quad (2)$$

де,  $L_{nep}$  - довжина перегону, км;

$V_x$  - ходова швидкість поїзда, км/год

$t_p$   $t_y$  – час на розгін та уповільнення, год

Підвищити ходову

швидкість поїзда  $V_x$  можливо за рахунок удосконалення верхньої будови колії ( $V_{K1}$ ) та закупівлі нового рухомого складу ( $V_{K2}$ ).

Як бачимо  $V_{K1}$  та  $V_{K2}$  взаємодоповнює один одне і при відсутності однієї із складової неможливо добитися бажаного результату. Завдяки  $V_{K1}$  та  $V_{K2}$  підвищиться  $V_x$  та  $V_\partial$  відповідно зміниться. Тому, укладання

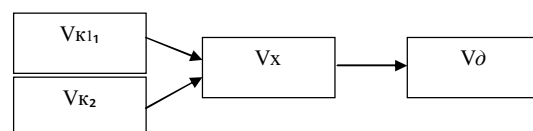


Рис. 1. Схема залежності дільничної швидкості  $V_\partial$  від конструкційних  $(V_{K1}), (V_{K2})$

відсутності однієї із складової неможливо добитися бажаного результату. Завдяки  $V_{K1}$  та  $V_{K2}$  підвищиться  $V_x$  та  $V_\partial$  відповідно зміниться. Тому, укладання

«оксамитового шляху» та закупівля швидкісного рухомого складу дозволить скоротити час прямування та підвищити рівень комфорту в дорозі [2, 3].

Після реконструкції ділянки «оксамитовим шляхом», та закупівлі нового швидкісного рухомого складу корейського або чеського виробництва з'явиться можливість ефективніше використовувати швидкісний режим, який досягатиме 200 км/год, та відчувати себе комфортно пасажиром при використанні даного виду послуг [4] на напрямках що наведені на рис. 2. Головними етапами реконструкції колії є:



Рис. 2. Схема діючих та впровадження нових швидкісних ліній

- впровадження технології для створення суцільнозварної безстикової колії на перегонах від станції до станції;

- впровадження нових конструкцій стрілочних переводів та зварювання їх з рейковими конструкціями;

закупівля нових електропоїздів, які можуть реалізовувати швидкісний рух. В нижче представленому рисунку наведена динаміка впровадження сучасних конструкцій верхньої будови колії (ВБК) на головних коліях залізниці. Можна побачити динаміку впровадження сучасних конструкцій верхньої будови колії в періоді з 1995р. - 2009р.

- Дільниця Гребінка - Полтава - Красноград - Лозова протяжністю приблизно 430 кілометрів потребує реконструкції. На ділянці присутньо немало кривих ділянок (всього протяжність кривих ділянок колії -179,6км,в тому числі з радіусами: 201-299м - 0,4км; 300-349м - 0,5км; 350-499м - 4,6км; 500-649м - 80,0км; 650-799м - 24,8км; 800-999м - 17,7км; 1000-1200м - 26,4км; більше 1200м - 25,2км.). Від Краснограда до Кегічевки потрібно збільшити радіус восьми кривих вдвічі, що потребує насипу нового земляного полотна. Це дозволить підвищити швидкість проходження цих кривих зі швидкістю 100 – 140 км/год.

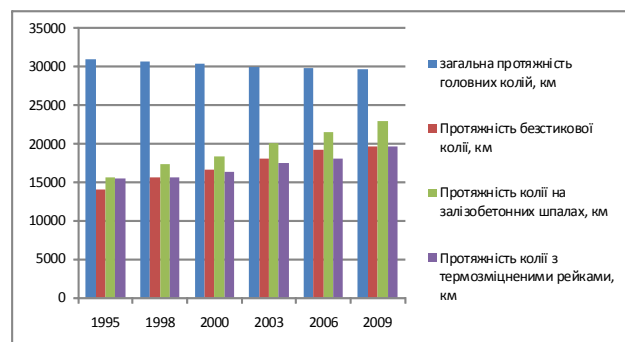


Рис. 3. Динаміка впровадження сучасних конструкцій верхньої будови колії (ВБК) на головних коліях залізниці»

З 50-х років на залізницях колишнього СРСР вводилася в роботу безстикова колія, яка виготовлялась за допомогою електрозварювання окремих рейок по 25 м між собою. Довжина таких рейкових ниток, як правило, складала від 250 метрів та до 800 метрів. На сьогоднішній день нові вітчизняні технології дозволяють прокладати безстикову колію необмеженої довжини. Це стало можливим завдяки створенню в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона технології контактного стикового зварювання



рейок пульсуючим оплавленням з натягом зварювальних рейкових плітей. Укладання безстикової колії, так званого «оксамитового шляху», дозволить знизити опір руху поїздів на 12-15 %, що призведе до підвищення швидкості руху поїздів до 160- 200 км/год, покращення плавності та комфортності їзди, зниження витрат електроенергії на тягу поїздів на 15-18% за рахунок зменшення опору руху поїздів, скоротить витрати на ремонти колії та рухомого складу до 35 %, збільшить строк служби елементів верхньої будови колії і зменшить витрати на стикові скріплення від 5 до 7 тонн на один кілометр.

Заміна стрілочних переводів на зварнолітні стрілочні переводи типу ДН, ДН290, ДН400 дозволить виключити шкідливі зазори при перетині рейок на хрестовинах і, тим самим, забезпечити безперервне без ударне кочення коліс. Завдяки новій технології приварки рейкових закінчень з вуглецевої сталі до моноблочної хрестовини з марганцевої сталі розробленої ІЕЗ ім. Є.О. Патона можливо вварювати хрестовини в безстикову рейку, що дозволить забезпечити швидкість руху в цілому на маршруті до 160-200км/год.

Використання пружних рейкових скріплень типу КПП-5 розроблених науковцями Укрзалізниці та Львівської виробничої корпорації «Колійні ремонтні технології» дозволить зменшити витрати на збирання рейко-шпальної решітки на 48 %, на 25 % зменшує експлуатаційні витрати на утримання колії, що призведе до значної економії металу [1].

Закупівля нового рухомого складу дозволить підвищити комфортність і безпеку пасажирів та збільшити швидкість прямування до 160 км/год. Згідно укладеного договору, УЗ будуть поставлені 10 сучасних швидкісних двосистемних електропоїздів фірми Hyundai Corporation (рис. 4) для курсування за напрямком Харків - Київ.

На період проведення Євро-2012 при збільшенні пасажиропотоку ці електропоїзди також планується задіяти на лініях Харків - Донецьк і Харків – Дніпропетровськ. Кожен поїзд на 579 місць буде мати по 9 вагонів.

Крім цих електропоїздів Південна залізниця також уклала договір на поставку нових двоповерхових електропоїздів CityElefant (Чеська республіка), що були розроблені для міжміського сполучення (рис. 5). Цей поїзд складається з трьох-п'яти вагонів і здатний розвивати максимальну швидкість до 160 км/год. Ширина його становить 2,64 м, висота - 5,5 м, вага - 46,2 т і живиться від мережі постійного струму в 3кВ. Поїзд вмщує 643 особи, з яких 310 місць - перший і другий клас.

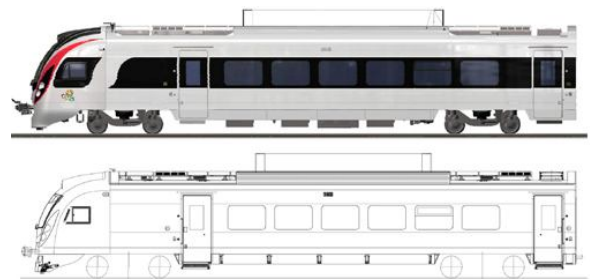


Рис. 4. Двосистемний електропоїзд фірми Hyundai Corporation



Рис. 5. Двоповерховий електропоїзд CityElefant

Місця першого класу знаходяться на другому поверсі, вони найбільш комфортні й дорожче коштують.

### **Висновок**

Розробка та впровадження швидкісного руху по всій території України дозволить залізничному транспорту підвищити відсоток пасажирських залізничних перевезень. Впровадження швидкісного руху на ділянках Київ - Полтава - Харків; Київ - Донецьк; Київ - Дніпропетровськ; Київ - Одеса; Київ - Львів; Харків - Запоріжжя - Сімферополь дозволить пасажирам скоротити час перебування в дорозі, в наслідок чого збільшиться відсоток користувачів залізничними послугами не тільки на час проведення ЄВРО-2012.

**Список літератури:** 1. А.И.Скутин. Определение времени хода поездов с учетом состояния пути. Тр.ДИИТа, Днепропетровск, 1989 г. 2. Инструкция по техническому обслуживанию и эксплуатации сооружений, устройств, подвижного состава и организации движения на участке обращения пассажирских поездов со скоростью 140-200 км/ч. Цтех №42978 М.:1985. 3. Правила технічної експлуатації залізниць України (із змінами і доповненнями, внесеними наказом Міністерства транспорту України від 10 грудня 2003 року N 962), Київ: Міністерство транспорту України, 2010 4. Кочнев Ю.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1980. - 496 с. 5. <http://uzdlines.narod.ru/nt/poezd161.htm>

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 517.983**

**Г.В. ІВАСИК**, асис, НУ "Львівська політехніка", Львів

## **ДОСТАТНЯ УМОВА СКІНЧЕННОСТІ ТОЧКОВОГО СПЕКТРУ ТРАНСПОРТНОГО ОПЕРАТОРА**

Встановлено, що транспортний оператор за деяких умов може мати тільки скінченний точковий спектр.

**Ключові слова:** оператор, перетворення Фур'є, аналітичне продовження.

Установлено, что транспортный оператор при некоторых условиях может иметь только конечный точечный спектр.

**Ключевые слова:** оператор, превращение Фур'е, аналитическое продолжение.

Abstract: It is proved that transport operator under certain conditions can have finite point spectrum only.

**Keywords:** operator, spectrum, Fourier transformation, analytic extension.

### **1.Statement of the problem**

We consider partial case of so-called "equation of transmission". There is much literature concerning (during many years) different problems in this direction. One of such problems, namely the problem of neutron transport, leads to the operator

$$Lf(x, \mu) = -i\mu \frac{\partial f}{\partial x}(x, \mu) + c(x) \int_{-1}^1 f(x, \mu') d\mu' \quad (1)$$

in the space  $L^2(D)$ , where  $D = R \times [-1, 1]$ . In [1] in the case



$$c(x) = \begin{cases} c, & |x| < a \\ 0, & |x| > a, c = \text{const} \end{cases}$$

it was obtained that continuous spectrum coincides with real axis  $R$  and that the set of eigen-values is finite. In [2] in the case  $c \in L^\infty(R)$ ,  $\text{supp } c \subset [-a, a]$ ,  $c(x) \geq 0$  well-known functional model is applied.

In [3] the authors use Friedrichs' model to study the operator  $L$ . In the case of exponentially decreasing potential the sufficient condition of finiteness of point spectrum was obtained. The methods of this work were used in [4] in more general case of the operator

$$Lf(x, \mu) = -i\mu \frac{\partial f}{\partial x}(x, \mu) + a(x) \int_{-1}^1 b(\mu') f(x, \mu') d\mu'. \quad (2)$$

As it was proved in [4] the value  $\zeta = 0$  only can be the point of accumulation of point spectrum of the operator  $L$  if the following conditions hold:

a) the function  $a(x)$  is locally integrable and satisfies the estimate

$$|a(x)| \leq Me^{-\varepsilon|x|}, x \in R, \quad (3)$$

where  $\varepsilon > 0, M > 0$  are some constants.

b) the function  $b(\mu), \mu \in (-1, 1)$  admits analytic extension  $b(z)$  into the circle  $|z| < 1 + \varepsilon$ .

Note, that the resolvent admits analytic extension over  $(-\infty, 0)$  and  $(0, \infty)$  (see Theorem 1, Theorem 2 of [4]).

The aim of our article is to give sufficient condition on the functions  $a(x), b(\mu)$  such that the value  $\zeta = 0$  is not the point of accumulation of point spectrum. Then the point spectrum of the operator  $L$  is finite set. Like [3-4] we use unitary equivalence of the operator  $L$  to the operator of Friedrichs' model.

## 2. Friedrichs' model

Here we give some notations and results from [4].

Let  $H$  be Hilbert space of the functions on two variables  $\varphi(s, \mu), (s, \mu) \in D = R \times [-1; 1]$  with norm

$$\|\varphi\|_H^2 = \int_{R-1}^1 \int_{|\mu|}^1 |\varphi(s, \mu)|^2 \frac{1}{|\mu|} ds d\mu$$

and let  $G = L^2(R)$ . We denote by  $(\cdot, \cdot), (\cdot, \cdot)_H$  scalar product in the spaces  $G$  and  $H$  respectively. We denote by  $S: H \rightarrow H$  the operator of multiplication by independent variable  $(S\varphi)(\tau, \mu) \equiv \tau\varphi(\tau, \mu), \tau \in R$  with maximal domain of definition. Using Fourier transformation it was proved in [4] that the operator  $L: L^2(D) \rightarrow L^2(D)$  is unitary equivalent to the operator  $T = S + A^*B: H \rightarrow H$  with bounded operators  $A^*: G \rightarrow H, B: H \rightarrow G$  under the form

$$A^*c(s, \mu) = \frac{1}{2\pi} \int_R a_1(y)c(y)e^{-iy\frac{s}{\mu}} dy, \quad (4)$$

and

$$B\varphi(x) = a_2(x) \int_R e^{ix\tau} \left( \int_{-1}^1 b(\mu')\varphi(\tau\mu', \mu') d\mu' \right) d\tau. \quad (5)$$

We use the traditional form of perturbation  $A^*B$ , that's why we don't need the operator  $A:H \rightarrow G$  itself. The representations (4)-(5) contain the factors  $a_{1,2}(x)$  of arbitrary factorization such that

$$a(x) = \overline{a_1(x)}a_2(x), \quad |a_1(x)| = |a_2(x)|.$$

The relation between the resolvents  $T_\zeta = (T - \zeta)^{-1}$  and  $S_\zeta = (S - \zeta)^{-1}$  of the operators  $T$  and  $S$  is  $T_\zeta = S_\zeta - S_\zeta A^* K(\zeta)^{-1} B S_\zeta$ , where  $K(\zeta) = 1 + B S_\zeta A^*$ .

### 3. Estimate of the operator $K(\zeta)^{-1}$

As it was proved in [4(Lemma 3.2, Lemma 3.3)] that

$$((K(\zeta) - 1)g)(x) = \int_R k(x, y, \zeta) g(y) dy, \quad k(x, y, \zeta) = \frac{1}{2\pi} a_2(x) a_1(y) I(x - y, \zeta), \quad \text{where}$$

$$I(u, \zeta) = \int_0^\infty \frac{1}{t - \zeta} f_{-s(u)}(t|u|) dt - \int_0^\infty \frac{1}{t + \zeta} f_{s(u)}(t|u|) dt, \quad s(u) = \text{sign}(u) \quad \text{and}$$

$$f_\omega(\theta) = \int_\theta^\infty \frac{1}{y} \left[ b\left(\frac{\theta}{y}\right) e^{-i\omega y} + b\left(-\frac{\theta}{y}\right) e^{i\omega y} \right] dy, \quad \omega = \pm 1.$$

Concerning the function  $f_\omega(\theta)$  it was obtained the

estimate  $|f_\omega(\theta)| < a_1 |\ln \theta| + a_2$ ,  $0 < \theta < 1$  and  $|f_\omega(\theta)| < \frac{a}{\theta}$ ,  $\theta > 1$ , where  $a_1, a_2, a$  are some constants with respect to the variable  $\theta$ . Easy to see that  $a_1, a_2, a \leq C \|b\|_{C^1}$ , where  $C = \text{const}$  doesn't depend on the function  $b(\bullet)$ .

$$\text{Let } \Omega_\pm(\delta) = \{\zeta : |\zeta| < \delta, \pm \text{Im} \zeta > 0\}, \quad \|a\|_\delta^2 \equiv \int_R |a(x)|^2 e^{2\delta|x|} dx,$$

$$M(\delta) = C_1 \left( \iint_{R \times R} \left[ |y - x|^{\frac{4}{p}} + (y - x)^4 \right] \exp[-2\delta(|x| + |y|)] dx dy \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

for some  $p > 4$ , where  $C_1 = \text{const}$  doesn't depend on the functions  $a(\bullet), b(\bullet)$ .

**3.1.Theorem.** For every  $\delta < \varepsilon$  (see(3)) the operator  $K(\zeta)$  has form

$$K(\zeta) - 1 = \pm \pi i b(0) \ln \zeta(\bullet, a_1) a_2 + Q(\zeta), \quad \zeta \in \Omega_\pm(\delta), \quad (7)$$

where  $\ln \zeta$  denotes the branch of logarithmic function which is continuous in the domain  $\zeta \notin [0, \infty)$  and such that  $\ln(-1) = \pi$ . The operator  $Q(\zeta): L^2(R) \rightarrow L^2(R)$  is compact and bounded uniformly with respect to  $\zeta$ , namely:

$$\|Q(\zeta)\| \leq M(\delta) \|b\|_{C^1} \|a\|_\delta, \quad \zeta \in \Omega_\pm(\delta), \quad (8)$$

where constant  $M(\delta)$  is defined by (6). The proof of theorem 3.1 is similar to one of Lemma 4.2 from [3]. Also Lemma 3 from [4] is important.

### 4.Finiteness of the spectrum

We introduce scalar function  $\gamma(\zeta)$  and operator function  $\Gamma(\zeta)$  by the relations:

$$\gamma(\zeta) = \pm \pi i b(0) \ln \zeta, \quad \Gamma(\zeta)c = c + \gamma(\zeta)(c, a_1) a_2, \quad \zeta \in \Omega_\pm(\delta). \quad (9)$$

**4.1.Lemma.** Suppose that  $b(0)(a_2, a_1) \neq 0$ . Let's choose the value  $\delta_1 < 1, 0 < \delta_1 < \delta$  such that (see(8))

$$|\gamma(\zeta)(a_2, a_1)| \equiv \pi |\ln \zeta| \cdot |b(0)| \cdot |(a_2, a_1)| \geq 2, \quad 0 < |\zeta| \leq \delta_1 \quad (10)$$

then the inverse operator  $\Gamma(\zeta)^{-1}$  exists for the corresponding values  $\zeta$  and its norm has the estimate:

$$\|\Gamma(\zeta)^{-1}\| \leq 3 \frac{\|a_2\| \cdot \|a_1\|}{|(a_2, a_1)|}, 0 < |\zeta| < \delta_1. \quad (11)$$

**Proof.** Let's consider the equation  $\Gamma(\zeta)c = d$  or (see(9))

$$c + \gamma(\zeta)(c, a_1)a_2 = d. \quad (12)$$

Multiplying by  $a_1$  we get  $(c, a_1)[1 + \gamma(\zeta)(a_2, a_1)] = (d, a_1)$ . Substitution of the value  $(c, a_1)$  in (12) gives

$$c = \Gamma(\zeta)^{-1}d = d - \frac{\gamma(\zeta)}{1 + \gamma(\zeta)(a_2, a_1)}(d, a_1)a_2, 0 < |\zeta| < \delta_1. \quad (13)$$

We denote  $z = \gamma(\zeta)(a_2, a_1)$ , then according to the condition (10), we have  $|z| > 2$ , so

$$\left| \frac{\gamma(\zeta)}{1 + \gamma(\zeta)(a_2, a_1)} \right| = \frac{1}{|(a_2, a_1)|} \left| \frac{z}{z+1} \right| \leq \frac{1}{|(a_2, a_1)|} \cdot \frac{|z|}{|z-1|} < \frac{2}{|(a_2, a_1)|}.$$

Therefore, the estimate of the norm of the operator (13) is following:

$$\|\Gamma(\zeta)^{-1}\| \leq 1 + \frac{2}{|(a_2, a_1)|} \|a_2\| \cdot \|a_1\| = \frac{|(a_2, a_1)| + 2\|a_2\| \cdot \|a_1\|}{|(a_2, a_1)|} \leq 3 \frac{\|a_2\| \cdot \|a_1\|}{|(a_2, a_1)|},$$

what proves the Lemma.

**4.2.Theorem.** Let the operator  $L$  be given by the expression (2). Suppose that for some value  $\varepsilon > 0$  the function  $a(x)$  satisfies the condition (3) and that the function  $b(\mu), \mu \in [-1, 1]$  admits analytic extension into the circle  $|z| < 1 + \varepsilon$ .

1) Let  $b(0) = 0$ . Let's fix  $\delta \in (0, \varepsilon)$ .

Then operator  $L$  under the condition (see(6))

$$M(\delta) \|b\|_{C^1} \cdot \|a\|_{\delta} < 1 \quad (14)$$

has not point spectrum in the domain  $0 < |\zeta| < \delta$ ;

2) Let  $b(0) \neq 0, \int_R a(x) dx \neq 0$ . Let's fix  $\delta \in (0, \varepsilon)$  and define  $\delta_1 \leq \delta$  according to the condition

(10). Then operator  $L$  under the condition

$$\|b\|_{C^1} \cdot \|a\|_{\delta} < M_0(\delta) \left| \int_R a(x) dx \right| / \left| \int_R |a(x)| dx \right|, \quad (15)$$

where  $M_0(\delta) = 1/(3M(\delta))$  has not point spectrum in the domain  $0 < |\zeta| < \delta_1$ .

3) Let  $\int_R a(x) dx \neq 0$ . Let's fix  $\delta \in (0, \varepsilon)$ .

Then there exist numbers  $k_1 > 0$  and  $\delta_1 > 0$  such that the operator  $L$ , formed with the pair of functions  $b(\mu), ka(x)$ , where  $k \in C, |k| < k_1$  has not point spectrum in the domain  $0 < |\zeta| < \delta_1$ .

**Proof.** It is sufficient to prove the statement of the theorem for the spectrum of the operator  $T$  instead of operator  $L$  (as  $T$  is unitary equivalent to  $L$ ). Due to [4] it remains to prove that  $\zeta = 0$  is not the point of accumulation of point spectrum of the operator  $T$ .

Due to the relation  $T_{\zeta} = S_{\zeta} - S_{\zeta} A^* K(\zeta)^{-1} B S_{\zeta}$  we must study the operator  $K(\zeta)^{-1}$ . So, let us consider inverse operator for  $K(\zeta): G \rightarrow G$ , or the equation

$$K(\zeta)c = d, \zeta \in \Omega_{\pm}(\delta).$$

1) Let  $b(0) = 0$ . According to (7)-(8) for arbitrary  $\delta < \varepsilon$  we have

$$\|K(\zeta) - 1\| = \|Q(\zeta)\| \leq M(\delta) \|b\|_{C^1} \|a\|_{\delta}, \zeta \in \Omega_{\pm}(\delta). \quad (16)$$

According to (14) we have  $\|Q(\zeta)\| < 1$ , then for fixed value  $\zeta \in \Omega_{\pm}(\delta)$  inverse operator  $K(\zeta)^{-1}$  exists and it is uniformly bounded operator in  $\Omega_{\pm}(\delta)$ . So, the domains  $\Omega_{\pm}(\delta)$  do not contain point spectrum. The operator  $T_{\zeta} = S_{\zeta} - S_{\zeta} A^* K(\zeta)^{-1} B S_{\zeta}$ , where  $A^*, B$  are bounded operators, is bounded for  $\zeta \in \Omega_{\pm}(\delta)$ . For fixed value  $\sigma \in (-\delta, 0) \cup (0, \delta)$  limit values of bilinear forms  $(T_{\sigma} \varphi, \psi)_{\pm} = \lim_{\tau \rightarrow \pm 0} (T_{\sigma+i\tau} \varphi, \psi)$  are finite for smooth elements  $\varphi, \psi$ . Really, as it was proved in [4] the operator  $K(\zeta)$  admits analytic extension over  $(-\infty; 0), (0; \infty)$ . So, the limit values  $Q_{\pm}(\sigma)$  (defined analogically  $(T_{\sigma} \varphi, \psi)_{\pm}$ ) satisfy the inequality  $\|Q_{\pm}(\sigma)\| \leq M(\delta) \|b\|_{C^1} \|a\|_{\delta}$  like (16). Therefore the circle  $0 < |\zeta| < \delta$  does not contain the real eigen values from point spectrum of the operator  $T$ .

The statement 1) is proved.

2) Let  $b(0) \neq 0, \int_R a(x) dx \neq 0$ . Taking into account the proof of 1) it's sufficient to prove that the equation  $K(\zeta)c = 0$  has zero solution only. From the equation  $\Gamma(\zeta)c + Q(\zeta)c = 0$  (see (7),(11)) we obtain  $c + \Gamma(\zeta)^{-1} Q(\zeta)c = 0$ . We remark that according to factorization  $a(x) = \overline{a_1(x)} a_2(x)$  we have  $(a_2, a_1) = \int_R a_2(x) \overline{a_1(x)} dx = \int_R a(x) dx$ . As

$$b(0)(a_2, a_1) = b(0) \cdot \int_R a(x) dx \neq 0,$$

then the condition of Lemma 4.1 holds. According to (11) and (8) when  $\delta_1 \leq \delta$  we have

$$\begin{aligned} \sup_{|\zeta| < \delta_1} \|\Gamma(\zeta)^{-1} Q(\zeta)\| &\leq \sup_{|\zeta| < \delta_1} \|\Gamma(\zeta)^{-1}\| \cdot \sup_{|\zeta| < \delta_1} \|Q(\zeta)\| \leq \\ &\leq 3 \frac{\|a_2\| \cdot \|a_1\|}{|(a_2, a_1)|} \cdot \sup_{|\zeta| < \delta} \|Q(\zeta)\| \leq 3M(\delta) \frac{\|a_2\| \cdot \|a_1\|}{|(a_2, a_1)|} \|b\|_{C^1} \cdot \|a\|_{\delta}. \end{aligned}$$

We recall that the factorization  $a(x) = \overline{a_1(x)} a_2(x)$  is such that  $|a_1(x)| = |a_2(x)|$  then

$$\|a_1\| \cdot \|a_2\| = \left( \int_R |a_1(x)|^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} \left( \int_R |a_2(y)|^2 dy \right)^{\frac{1}{2}} = \int_R |a_1(x)|^2 dx = \int_R |a(x)| dx.$$

So, due to the condition (15) we have  $\sup_{|\zeta| < \delta_1} \|\Gamma(\zeta)^{-1} Q(\zeta)\| < 1$ , what proves 2).

3) Suppose the inequalities (14) or (15) do not hold for the pair  $b(\mu), a(x)$ . Then it is evident that they hold for pair  $b(\mu), ka(x)$  for sufficient small values  $k$ .

Theorem is proved.

**Corollary.** Operator  $L$  (see(2)) under the conditions of Theorem 4.1 can have finite point spectrum only.

**Proof.** According to [4] the unique point of accumulation of point spectrum of the operator  $L$  may be  $\zeta = 0$  only. But as it follows from the Theorem 4.2 it is impossible, what proves Corollary.

**Remark.** One can work without Friedrich's model, but with the operator  $L$  itself as integro - differential operator. Let us give examples of corresponding factorization.

We have  $L = L_0 + A^* B$ , where

$$L_0 f(x, \mu) = \frac{1}{i} \mu \frac{\partial f(x, \mu)}{\partial x} \quad \text{and} \quad A^* B f(x, \mu) = a(x) \int_{-1}^1 b(\mu') f(x, \mu') d\mu'.$$

Let's choose, for example, the next factorization:  $A, B: H \rightarrow G$ , where  $G = L^2(R)$  and

$$B f(x) = \int_{-1}^1 b(\mu') f(x, \mu') d\mu', \quad A^* c(x) = a(x) c(x).$$

As

$$L_{0, \zeta} g(x, \mu) \equiv (L_0 - \zeta)^{-1} g(x, \mu) = \begin{cases} -\frac{i}{\mu} e^{\frac{i\zeta}{\mu} x} \int_x^\infty e^{-\frac{i\zeta}{\mu} t} g(t, \mu) dt, & \mu > 0 \\ \frac{i}{\mu} e^{\frac{i\zeta}{\mu} x} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{i\zeta}{\mu} t} g(t, \mu) dt, & \mu < 0, \end{cases}$$

then

$$\begin{aligned} BL_{0, \zeta} A^* c(x) &= \left( \int_{-1}^0 + \int_0^1 \right) b(\mu') f(x, \mu') d\mu' = \\ &= -i \int_{-1}^0 \frac{b(\mu')}{|\mu'|} \int_{-\infty}^x e^{\frac{i\zeta}{\mu'}(x-t)} a(t) c(t) dt d\mu' - i \int_0^1 \frac{b(\mu')}{|\mu'|} \int_x^\infty e^{\frac{i\zeta}{\mu'}(x-t)} a(t) c(t) dt d\mu'. \end{aligned}$$

Other factorizations also give complicated expressions for the operator  $1 + BL_{0, \zeta} A^*$ .

On the other side, we indicate for example the work [5] (see its references too), where for transport operator in bounded domain in  $R^N$  compactness directly for the operators like  $L_{0, \zeta} V$  and  $V L_{0, \zeta}$ ,  $V = A^* B$  was proved with out any Friedrichs' model.

**Список літератури: 1.** *Lehner I.* The spectrum of neutron transport operator for the infinit slab, I.Math. Mech. 11(1962), n.2, 173-181.2. *Kuperin Yu.A., Naboko S.N., Romanov R.V.* Spectral analysis of a one speed transmission operator and functional model, Funct. anal. and its appl. (1999), v.33, n.2, 47-58 (Russian). **3.** *Diaba F. Cheremnikh E.V.* On the point spectrum of transport operator, Meth. Func, Anal. and Topology, v.11, n.1, 2005, 21-36. **4.** *Ivasyk G.V., Cheremnikh E.V.* Friedrich's model for transport operator, Journal of National University "Lvivska Politechnika", Phys. and math. sciences, v.643, n.643, 2009, 30-36 (Ukrainian). **5.** *Latrach K.* On an averaging result for transport equations. C.R.Acad. Sci Paris, t.333, Serie I, p.433-438, 2001.

*Поступила в редколлегию 06.12.2011*

**УДК 681.3.01**

**О. В. КАСИЛОВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков

**П. С. МЕДЯНИК**, инж, Ай-Ти консультант, Stuttgart, Deutschland

## ВНЕДРЕНИЕ ВИ РЕШЕНИЙ В CRM СИСТЕМЫ

Стаття присвячена «Бізнес-аналізу» і його значенням в системі управління взаємовідносинами з клієнтами. Описуються підхід в реалізації та специфіка концепції бізнес-аналітичних рішень для системи управління взаємовідносинами з клієнтами у важкій промисловості.

**Ключові слова:** бізнес-аналіз, системи управління взаємовідносинами з клієнтами

Статья посвящена «Бизнес-анализу» и его значению в системе управления взаимоотношениями с клиентами. Описываются подход в реализации и специфика концепции бизнес-

аналитических решений для системы управления взаимоотношениями с клиентами в тяжелой промышленности.

**Ключевые слова:** бизнес-анализ, системы управления взаимоотношениями с клиентами

This Article picks Business Intelligence out as a central theme and its meaning in CRM. Then it describes the Implementation approach and design specifics of Business Intelligence Solutions for CRM Systems in capital goods industry.

**Keywords:** Business Intelligence, Customer Relationship Management System

## **1. Einleitung**

Exportorientierte Investitionsgüterindustrien unterliegen den stetig wachsenden Herausforderungen der globalen Märkte. Das sich ständig ändernde Wettbewerbsumfeld zwingt die Unternehmen neue Wege und Strategien zu suchen, um die Marktpositionen nicht zu verlieren. Unter diesem Aspekt investiert ein Großteil der Unternehmen in die Messung von Kundenzufriedenheit und die Implementierung von Kundenbindungsmaßnahmen. Ein Teil dieser Investitionen fließt oft in Customer Relationship Management Systeme (CRM-Systeme). Diese dienen dazu, alle kundenbezogenen Prozesse in Unternehmen zu optimieren.

Jedes CRM-System hat operative, kommunikative und analytische Komponenten. Kommunikatives CRM kümmert sich um Kommunikationskanäle zum Kunden. Operatives CRM sammelt und bereitet die Daten über den Kunden. Analytisches CRM sorgt um Analyse und Auswertung der Kundendaten. Daher wird von Vielen das analytische CRM auch mit dem Begriff Business Intelligence (BI) gleichgesetzt.

BI als ein geschlossenes System umfasst alle Methoden, Werkzeuge und Funktionen, mit denen sich Geschäftsinformationen erfassen, analysieren und bereitstellen lassen. Im Zusammenhang mit CRM spricht man über Komponenten des Business Intelligence die als Basis für das analytische CRM dienen.

Eine erfolgreiche CRM-Einführung bei einem Unternehmen aus der Investitionsgüterindustrie, braucht immer eine analytische Komponente. Deshalb können CRM und Business Intelligence heute kaum aus einander gehalten werden. Viele Unternehmen wollen ihr Kundenmanagementsystem mit einer BI-Lösung verknüpfen. Das CRM-System bereitet die Kundendaten auf und liefert die Kundendaten, und BI-Tools wandeln dann die CRM-relevanten Daten zu Informationen um, die als Handlungs- und Entscheidungsgrundlage bereitgestellt werden.

Die Benutzung von BI in einem CRM-Umfeld in einem Unternehmen besitzt einige Besonderheiten. Eine der wichtigsten Besonderheiten ist, dass die CRM Strategie in Verbindung mit einer BI-Strategie abgestimmt und sinnvoll verzahnt werden muss. Das heißt, die Anforderungen des analytischen CRM in der BI-Strategie müssen berücksichtigt und eingebunden werden.

## **2. Systementwicklung**

Eine Business-Intelligence-Strategie ist ein Bestandteil der gesamten IT-Strategie eines Unternehmens. Sie ist eng mit der grundlegenden Geschäfts- bzw. Unternehmensstrategie verknüpft und stellt sich die Aufgabe, einen langfristigen und unternehmensweiten Orientierungsrahmen für die Ausgestaltung analytischer, entscheidungsorientierter Informationssysteme zu schaffen [1]. Die BI-Strategie

definiert fachliche und technische Anforderungen an das BI-System sowie eine passende Architektur.

Als Ausgangsbasis für die Entwicklung einer BI-Strategie gilt die Unternehmensstrategie. Die BI-Strategie richtet sich konsequent an den Unternehmenszielen und beschreibt alle Maßnahmen, die durch eine optimale Informationsversorgung den Unternehmenserfolg ermöglichen [2].

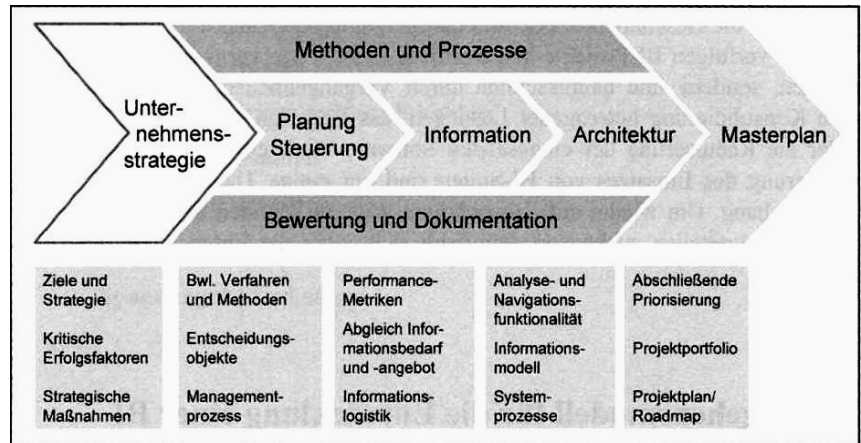


Abb. 1: Vorgehensmodell für eine BI-Strategie [2]

Das hier vorgeschlagene Vorgehensmodell (s. Abb. 1) von Totok teilt sich in drei zentrale Phasen - Planung und Steuerung, Information und Architektur.

### Planung und Steuerung

In der Phase „Planung und Steuerung“ werden die betriebswirtschaftlichen Verfahren und Methoden, die in Unternehmen verwendet werden, nach Ihrer Auswirkung auf die BI-Anwendungslandschaft untersucht. Unter anderem analysiert man die Art der Planung oder Hochrechnung, der Kalkulation oder der Deckungsbeitragsrechnung, die auf einem mittleren Detaillierungsgrad erfasst und systematisiert werden. Parallel werden die Entscheidungsobjekte, wie Kunden, Produkte, Filiale identifiziert. Diese Objekte werden als betriebswirtschaftliche Dimensionen in einem multidimensionalen Modell für Aufbau eines Analytischen Informationssystems verwendet. Alle Verfahren, Methoden und auch Entscheidungsobjekte werden hinsichtlich ihrer Wirkung im Managementprozess charakterisiert [2].

### Information

In dieser Phase des Vorgehensmodells werden Informationsbedarf und – Angebot abgeglichen, um eine Deckung zu erreichen. Grundlagen dazu bilden die Performance-Metriken (Kennzahlen), die sich aus kritischen Erfolgsfaktoren (Ziele) und den betriebswirtschaftlichen Verfahren und Methoden ableiten lassen. Diese

Vorgehensweise ist typisch für die Ableitung von strategischen Zielsystemen, beispielweise bei der Balanced Scorecard (BSC) (s. Abb. 2) [2].

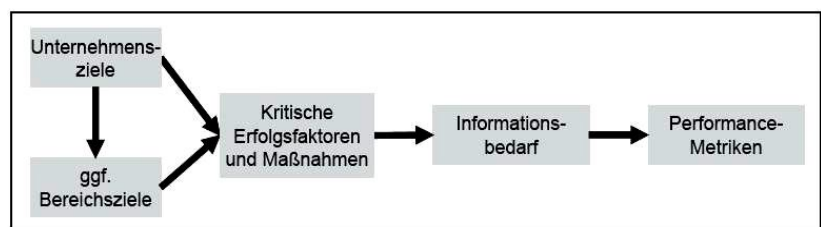


Abb. 2: Ableitung von Informationsbedarf und Performance-Metriken [2]

In dieser Phase bestimmt man, welche Informationen zur Unterstützung der Managementprozesse notwendig sind. Dabei wird auch eine Informationslogistik definiert, die die Zusammenwirkung der Informationen von Managementprozessen und operativen Geschäftsprozessen beschreibt. In großen BI-Projekten kann die Größe der ermittelten Bedarfsmenge an Information in die Hunderte

gehen. Um den Überblick nicht zu verlieren, ist eine durchgängige Bewertung und Strukturierte Dokumentation notwendig. Die ganze ausgewählte Bedarfsmenge an Information und Metrikern müssen nach ihrer Priorität bewertet werden um die Wichtigkeit entsprechender Information festzustellen [3].

### **Architektur**

In dieser wichtigen Phase bestimmt man die Architektur des BI-Systems. Hier wird untersucht und definiert, welche BI-Anwendungen eingesetzt werden müssen. Dabei müssen die spezifischen Eigenschaften von Business Intelligence berücksichtigt werden, die beispielsweise für das Design des Datawarehouse oder anderer Anwendungen wichtig sind. Ein wichtiger Aspekt hier ist die Untersuchung der Existierenden Lösungen in Unternehmen und deren Gruppierung [2].

### **3. Ergebnisse**

Die Ergebnisse der BI-Strategie werden in Form eines Masterplans festgehalten. Im Masterplan werden alle Initiativen und deren Abhängigkeiten beschrieben, die im Strategieprozess definiert wurden [3].

Erwähnenswert ist, dass durch die Implementierung der vorliegenden Vorgehensweise für Einführung der BI Lösungen in CRM Systeme wird am effizienteste Resultat geschafft und einen großen Beitrag zum Unternehmenserfolg geleistet.

**Literatur- und Quellenverzeichnis:** 1. *Gluchowski, P.*, in: <http://www.beyenetwork.de/view/7135> aufgerufen am 20.03.2008. 2. *Vgl. Totok, A.*: Entwicklung einer Business-Intelligence-Strategie, in: Chamoni, Peter; Glukowski, Peter: Analytische Informationssysteme Business Intelligence-Technologien und –Anwendungen, 3. Aufl., Springer Berlin; Heidelberg 2006, S. 53. 3. *Vgl. Brendel, M.*: CRM für den Mittelstand: Voraussetzungen und Ideen für die erfolgreiche Implementierung, 1. Aufl., Betriebswirtschaftlicher Verlag Gabler GmbH, Wiesbaden 2002, S. 116.

*Поступила в редколлегию 21.11.2011*

**УДК 629.331**

**О.Г. КРИВОКОНЬ**, канд. філос. наук, доц., НТУ «ХПІ»

**А.І. БОНДАРЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»

## **ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО РИНКУ В УКРАЇНІ**

Проаналізовані обсяги продажу легкових автомобілів в Україні, приведена структура продажу автомобілів по класах, за ціною, визначений середній вік парку легкових автомобілів, що експлуатуються, приведена структура наповнення українського ринку автомобілями, географічна структура імпорту до України легкових автомобілів, а також визначені причини домінування імпорту.

**Ключові слова:** автомобілебудування, легковий автомобіль, структура імпорту.

Проанализированы объемы продаж легковых автомобилей в Украине, приведена структура продаж автомобилей по классам, по цене, определен средний возраст парка эксплуатируемых легковых автомобилей, приведена структура наполнения украинского рынка автомобилями, географическая структура импорта в Украину легковых автомобилей, а также определены причины доминирования импорта.

**Ключевые слова:** автомобилестроение, легковой автомобиль, структура импорта.



The volumes of sales of passenger cars are analysed in Ukraine, the structure of sales of cars was presented on classes, at price, middle ages of park of passenger cars were formed, the structure of filling with of the Ukrainian market cars, regional pattern of import to Ukraine of passenger cars, was presented, and also reasons of prevailing of import were formed.

**Keywords:** motor industry, passenger car, structure of import

## **Вступ**

В умовах розвитку ринкових відносин і посилення конкуренції економічний стан підприємств автомобільної галузі значно погіршав. Основною причиною зниження об'ємів збуту є не конкурентоспроможність вітчизняної автомобільної промисловості.

Для багатьох підприємств автомобільної галузі 2008 рік став випробуванням на міцність. Зростання цін на нафту, посилення екологічних вимог, дестабілізація на фінансових ринках, зміни в споживчих настроях стали причиною зниження обсягів виробництва легкових автомобілів.

Падіння обсягів виробництва автомобільної галузі в світі під час кризи склало приблизно 5 %, в Україні в 2009 році виробництво легкових автомобілів знизилося в 6 разів, з 425,7 (2008 рік) до 70,4 (2009 рік) тис. одиниць. Відновлення відбувається дуже повільно – в 2010 році було вироблено 83,9 тис. одиниць легкових автомобілів.

## **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

На сьогоднішній день існує достатньо багато публікацій, що присвячені аналізу світових та вітчизняних тенденцій виробництва легкових автомобілів, визначенню основних напрямків розвитку автомобільної галузі [1 - 13].

Слід відмітити, що при підготовці матеріалів для даної публікації, ми скористались деякими доробками люб'язно наданими науковцями і практиками, які разом з авторами брали активну участь в формуванні та впровадженні “Концепції програми розвитку легкового автомобілебудування України”.

Наразі йде процес концентрації і глобалізації світового автомобілебудування, внаслідок якого дедалі більша частина економічної активності, економічного обміну проходить між людьми і організаціями, які живуть і функціонують у різних, часто досить віддалених, країнах світу. Утворення транснаціональних об'єднань ще не означає, автоматично, їх успішної діяльності. Беззаперечним залишається факт: якщо концерн хоче зберегти або збільшити обсяги реалізації, то неможливо підвищувати ціни на автомобілі. Потрібно менше витратити на їх розробку і виробництво. У той же час росте число споживачів, які хотіли б придбати транспортний засіб, відмінний від більшості, він може коштувати дорожче, але за умови, що випуск його малими серіями все ж буде для фірми рентабельним [1].

Сьогодні автовиробники мають володіти такими якостями: кількість (необхідні обсяги випуску), новаторство і компетентність. Експерти [1] називають шість критеріїв, при дотриманні яких стає можливим функціонування автомобільних альянсів. Для зручності їх можна об'єднати у два блоки, як це показано на рис. 1.

Досягти необхідних масштабів випуску вдається лише за умови, коли діяльність концерну відповідає одному з трьох критеріїв блоку “Присутність на ринках”, а саме 10...20% охоплення одного з трьох найбільших світових ринків, –

Європи, Північної Америки чи Південно-Східній Азії. Ще три критерії першого блоку – це надійні позиції у виробництві: автомобілів класу “люкс”, де найперше впроваджуються нові ідеї; довгий модельний ряд (охоплення максимальної кількості ніш), що позитивно впливає на конкурентоздатність марки; крупносерійність, яка забезпечує потрібну кількість.

Кожний з представлених сьогодні на світовому ринку виробник відповідає одному з перерахованих шести критеріїв. Ті з продуцентів, які хочуть протриматися довший час, мають відповідати двом вимогам. Однак, якщо хтось виношує плани на майбутнє, то необхідна кількість критеріїв у такому випадку зростає до чотирьох. Утворення об’єднань чи альянсів дозволяє досягти поставленої мети швидше і з меншими затратами.

Сьогодні вітчизняна автомобілебудівна галузь не відповідає жодному з критеріїв означених схемою (рис. 1). Країна ще не минула “періоду імпорту”, коли на внутрішньому ринку реалізується більше автомобілів, виготовлених за рубежом, ніж на вітчизняних заводах.



Рис.1. Критерії функціонування автомобільних об’єднань (альянсів) [1]

### Мета та постановка завдань

Метою даної роботи є стислий аналіз попиту на легкові автомобілі в Україні та визначення причин домінування імпорту. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- визначити обсяг продажу нових легкових автомобілів в Україні, структуру їх продажу за класами та ціною;
- з’ясувати основні фактори, що свідчать про потенціал зростання внутрішнього ринку автомобілебудування;
- визначити географічну структуру імпорту легкових автомобілів.

### Особливості та проблеми функціонування автомобільного ринку в Україні

В Україні, подібно до інших європейських країн, сформований зростаючий попит на легкові автомобілі. Максимум коштів (приблизно 8 млрд. доларів) витрачено в 2008 році, коли було продано 623 тис. нових легкових автомобілів (рис. 2).

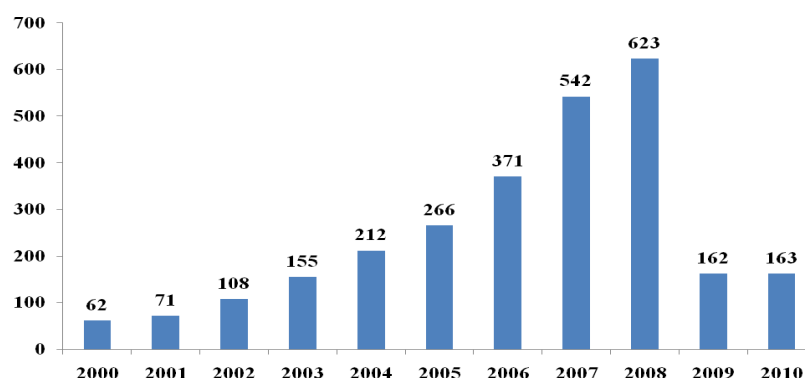


Рис. 2. Обсяг продаж нових легкових автомобілів в Україні в 2000 – 2010 рр., тис. одиниць

В 2009 – 2010рр., в умовах глобальної фінансово-економічної кризи, продажі легкових автомобілів в Україні знизилися майже в 4 рази (відповідно до 162 та 163 тис. одиниць), що відповідає рівню 2003р. (155 тис. одиниць).

В той же час, є підстави розглядати таке падіння як тимчасове, з огляду на фактичне посткризове відновлення національної економіки в 2011 році. Про перспективу майбутнього зростання свідчить і те, що імпорт продукції автомобільної промисловості значно перевищує експорт.

Найбільшим попитом на українському ринку користуються автомобілі середнього класу (С, В і С-high), вартістю 6,5 – 22 тис. євро. Сукупно на них припадає більше 65% всіх продаж (рис. 3, 4).

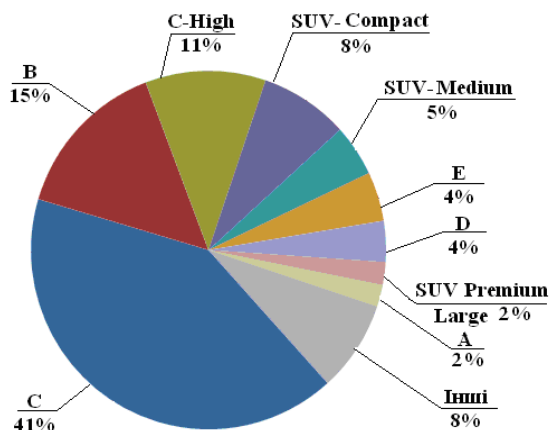


Рис. 3. Структура продаж нових легкових автомобілів в Україні за класами в 2010 році [14, 15]

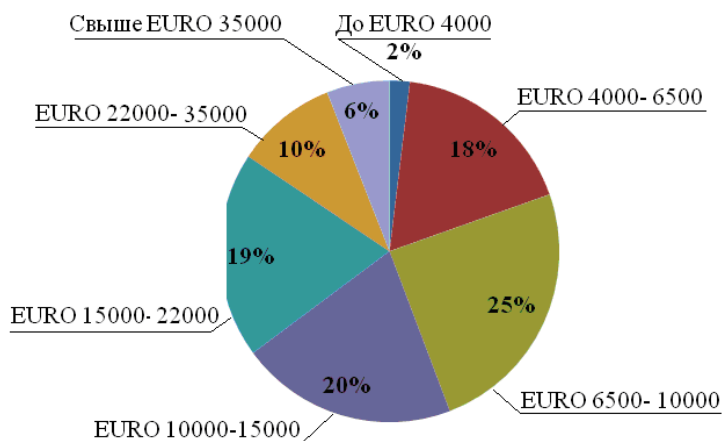


Рис. 4. Структура продаж нових легкових автомобілів в Україні за ціною в 2010 році [14, 15]

Існує два серйозні фактори, які вказують на значний потенціал подальшого зростання ринку легкових автомобілів в Україні:

1. За кількістю автомобілів на душу населення Україна (158 одиниць на 1000 жителів) значно поступається не лише економічно розвиненим країнам (450 – 500 одиниць на 1000 жителів), а й країнам, що розвиваються (250 – 300 одиниць на 1000 жителів) (рис. 5).

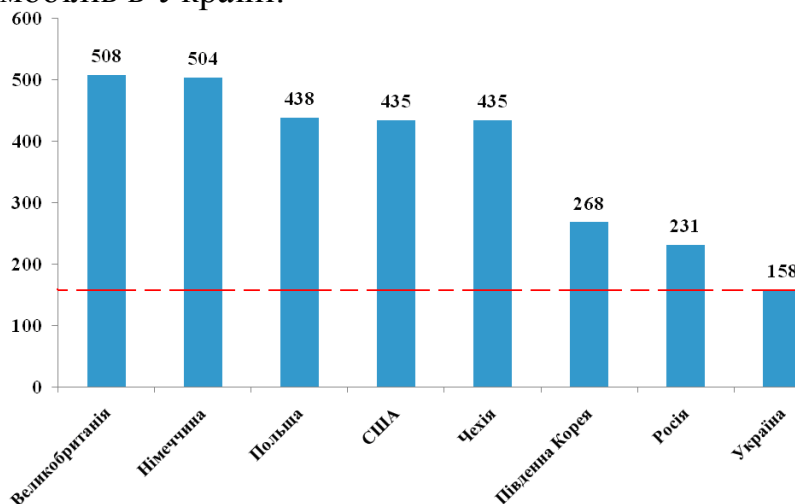


Рис. 5. Кількість легкових автомобілів на 1000 жителів в різних країнах

Середній вік автомобіля в Україні (18,7 років) значно перевищує цей показник у розвинених країн (до 10 років) та країнах, що розвиваються (до 13 років) (рис. 6). Попит на легкові автомобілі на внутрішньому ринку домінуючим чином покривається іноземними марками, частина з яких збирається в Україні (Opel, ВАЗ, Chevrolet, Chery, KIA, Chance, Mercedes (ЗАТ “ЗАЗ” [16]), Hyundai (Корпорація “Богдан” [17]), Skoda, Volkswagen, Seat (ЗАТ

“Єврокар” [18]), Gelly, Ssang Yong, Great Wall, Land Wind, ChanganBenni (ТОВ “КрАСЗ” [19]). Вітчизняні марки “Таврія” та “Славута”, були зняті з виробництва відповідно в 2006 та 2010 роках.

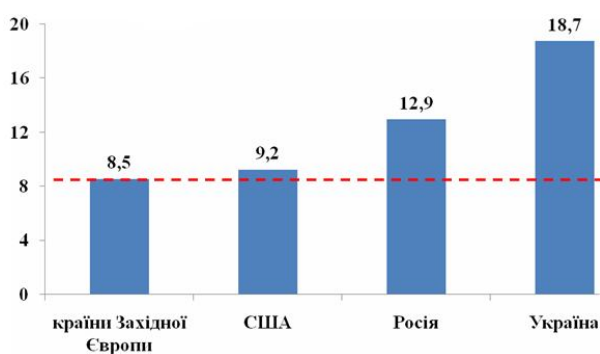


Рис. 6. Середній вік парку легкових автомобілів в різних країнах світу, років

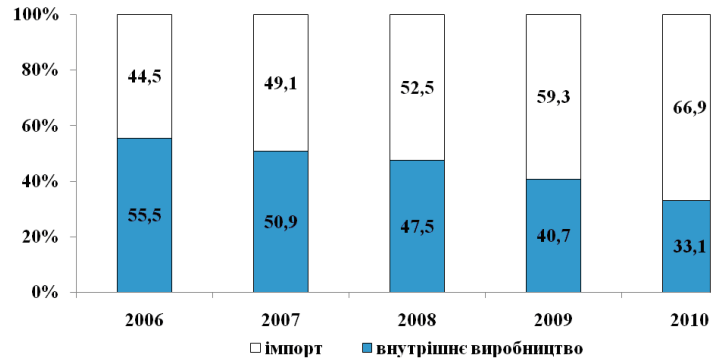


Рис. 7. Структура наповнення українського ринку легкових автомобілів в 2006 – 2010 рр., тис. одиниць

Частка автомобілів вітчизняного виробництва (включаючи збирання іноземних марок) в 2006 році складала 55,5%, але до 2010 року вона знизилася до 33,1% (таблиця, рис. 7). Частка імпортованих автомобілів протягом зазначеного періоду зросла в півтора рази, відповідно, з 44,5% до 66,9% (рис. 8).

Основна причина зазначеної зміни структури наповнення внутрішнього ринку – зниження ввізного мита з 25 – 30% до 5 – 10% після вступу України до Світової Організації Торгівлі [20].

Таблиця. Структура продаж на українському ринку легкових автомобілів в 2006 – 2010 рр., тис. одиниць

Показник	2006	2007	2008	2009	2010
Продажі автомобілів українського виробництва	206	276	296	66	54
Продажі автомобілів іноземного виробництва	165	266	327	96	109
Всього	371	542	623	162	163
Частка вітчизняних автомобілів, %	55,5	50,9	47,5	40,7	33,1
Частка імпортованих автомобілів, %	44,5	49,1	52,5	59,3	66,9

За даними Державної служби статистики України [15], за перших 6 місяців 2011 року до України було ввезено 124 тис. 893 автотранспортних засобів на майже 1,7 млрд. доларів США (легкових автомобілів - 77 555 одиниць на 1 млрд. 243 млн. доларів США), що складає 4,4% загального імпорту товарів до України за той же самий період.

В той же час, вітчизняні підприємства автомобілебудівної галузі реалізували за межі країни 19 тис. 906 одиниць автотранспорту на суму 197,3 млн. доларів США (легкових автомобілів – 18 783 одиниць на 133 млн. доларів США), що складає 0,6% від всіх надходжень валюти за рахунок експортних поставок товарів.

Високі темпи росту автомобілебудівництва в 2006 – 2008 р. та, відповідно, реалізації його продукції, були зумовлені збільшенням попиту, викликаного зростанням доходів населення та підвищенням його купівельної спроможності.

Загалом можна стверджувати, що зменшення рівня доходів населення призведе до загального зменшення обсягів продажу продукції автомобілебудівного підприємства, ослаблення позицій в сегментах відносно дорожчих моделей, переходу покупців цих сегментів у сегменти продукції відносно нижчого цінового рівня. Крім того, прогнозується посилення конкуренції з боку іноземних автовиробників, особливо китайських підприємств, а також передбачається підвищення рівня реалізації вживаних автомобілів.

### Висновки

Можна виділити наступні особливості стану автомобільного ринку в Україні.

Більша частина внутрішнього попиту покривається за рахунок імпорту готових автомобілів, відповідно кошти від реалізації автомобілів в Україні інвестуються в закордонні виробництва (4,9 млрд. доларів в 2008 році), а вітчизняна галузь автомобілебудування не отримує необхідних інвестицій у розвиток.

Умови оподаткування імпорту, що діють, не захищають вітчизняний автомобільний ринок від експансії іноземних виробників. В якості заходів, які являються загальноприйнятими в світовій практиці, направлених як на збільшення надходжень до державного бюджету, захист автомобільного ринку, так і на збереження балансу в оподаткуванні національного виробництва і імпорту, є підвищення ставок ввізного митного збору до виходу автомобілебудівної галузі з кризи. При введенні податків на транспортні засоби, що імпортуються, необхідно встановити такі ставки, що більшість країн і робить, при яких імпортерів вигідніше не завозити готові автомобілі, а організувати їх виробництво.

**Список літератури:** 1. *Кищун В.А.* Виробництво легкових автомобілів: світові та вітчизняні тенденції / В.А. Кищун // Луцький національний технічний університет: зб. наук. праць. Електронне наукове видання. – 2003. – № 13. – С. 137 – 145. 2. *Рябчин О.М.* Аналіз пріоритетних напрямів економічного розвитку українсько-японських відносин / О.М. Рябчин, К.О. Бієнко, К.І. Лісковець // Науковий вісник НГУ. Економіка. – 2010. – № 3. – С. 80 – 84. 3. *Омельченко А.В.* Визначення основних напрямків розвитку автомобільного транспорту на

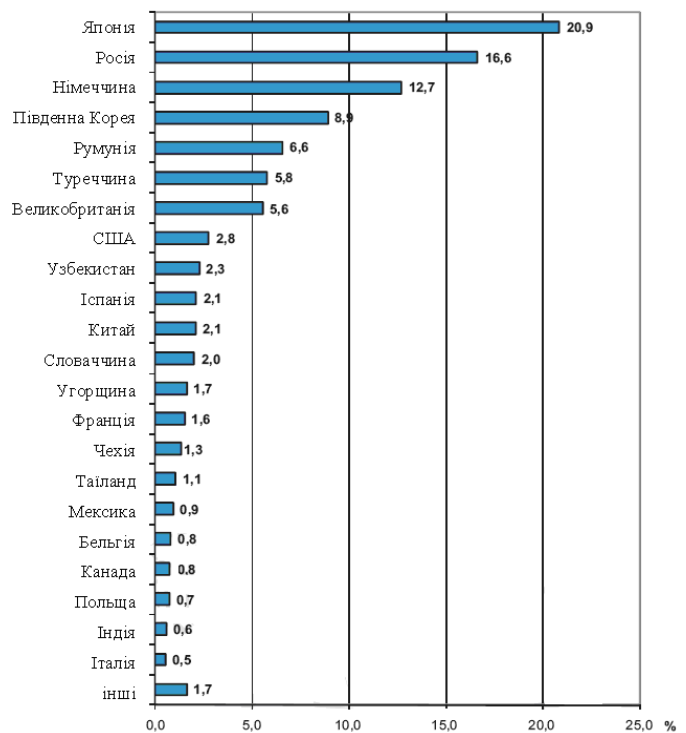


Рис.8. Географічна структура імпорту в Україну легкових автомобілів, 2010 рік

довгострокову перспективу / А.В. Омельченко // Вісник Національного транспортного університету. – 2008. – № 17, Ч. 1. – С. 71 – 73. **4.** *Малых С.В.* Изменения в выпуске важнейшей продукции машиностроения и перспективы ее спроса / С.В. Малых // Труды Одесского политехнического университета. – 2004. – № 1 (21). – С. 13 – 15. **5.** *Холодный Ю.Ф.* Оптимизация производства автомобилестроительных предприятий с применением современных технологий / Ю.Ф. Холодный, А.И. Богдан, В.Ю. Холодный // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Транспорт. Дорожні та будівельні машини. – 2008. – № 6 (53), Ч. 1. – С. 98 – 101. **6.** *Стернюк О.Б.* Особливості асортиментної політики автомобілебудівного підприємства в умовах кризи / О.Б. Стернюк // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Проблеми економіки та управління. – 2009. – № 640. – С. 400 – 406. **7.** *Пирожкова Ю.В.* Особливості правового регулювання конкурентоспроможності автомобілебудівних підприємств в Україні: сучасний правовий аналіз / Ю.В. Пирожкова // Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. – 2009. – № 1. – С. 106 – 110. **8.** *Чобиток В.И.* Оценка уровня конкурентоспособности отечественных машиностроительных предприятий / В.И. Чобиток // Вестник национального технического университета “ХПИ”: сб. науч. трудов. Тематический выпуск “Технический прогресс и эффективность производства”. – 2010. – № 64. – С. 10 – 16. **9.** *Гаценко С.В.* Шляхи підвищення ефективності промислового виробництва в умовах світової фінансової кризи / С.В. Гаценко // Труды Одесского политехнического университета. Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – 2009. – № 2. – С. 268 – 272. **10.** *Пасов Г.В.* Історія становлення запорізького автомобільного заводу та його перспективи / Г.В. Пасов, В.М. Чуприна, М.В. Міщенко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету “Технічні науки”. – 2010. – № 42. – С. 238 – 242. **11.** *Алмашій Я.І.* Аналіз розвитку автомобільних кластерних формувань в контексті транскордонного співробітництва Закарпаття та ЄС / Я.І. Алмашій // Науковий вісник ужгородського університету. Економіка. – 2011. – № 32. – С. 197 – 204. **12.** *Шевцов Д.* Наш автопром: кризис гигантов / Д. Шевцов // Авторевю. – 2003. – №4. – С. 12 – 13. **13.** Про схвалення Концепції розвитку автомобільної промисловості та регулювання ринку автомобілів у період до 2015 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 03 серпня 2006 року № 452-р // Офіційний вісник України. – 2006. – № 31. **14.** Асоціація автопроизводителей Украины “УкрАвтопром”. Режим доступу к сайту: <http://ukrautoprom.com.ua>. **15.** Державна служба статистики України. Режим доступу до сайту: <http://www.ukrstat.gov.ua>. **16.** Офіційний сайт ЗАТ “Запорізький автомобілебудівний завод”. Режим доступу до сайту: <http://www.avtozaz.com/ua>. **17.** Офіційний сайт корпорації “Богдан”. Режим доступу до сайту: <http://www.bogdan.ua>. **18.** Офіційний сайт ЗАТ “ЄвроКар”. Режим доступу до сайту: <http://www.eurocar.com.ua>. **19.** Офіційний сайт ТОВ “ВО “КрАСЗ”. Режим доступу до сайту: <http://krasz.com.ua>. **20.** Офіційний сайт Світової Організації Торгівлі. Режим доступу до сайту: [www.wto.org](http://www.wto.org).

*Поступила в редколлегию 21.11.2011*

## **УДК 378.147:504**

**Г.О. СТАТЮХА**, докт. техн. наук, проф., зав. каф. НТУУ «КПІ», Київ  
**А.М. ШАХНОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Київ  
**Д.М. СКЛАДАННИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Київ  
**І.М. ДЖИГИРЕЙ**, канд. техн. наук, ст. викл., НТУУ «КПІ», Київ

### **ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ПІДГОТУВАННЯ ФАХІВЦІВ З ВИЩОЮ ОСВІТОЮ**

Представлено результати впровадження концепції сталого розвитку в програми підготовки фахівців у НТУУ «КПІ». Проаналізовано місце майбутнього фахівця в ухвалюванні рішень

щодо економо-еколого-соціальної сталості. Представлено варіанти начальних дисциплін для підготовки фахівців та показано їхню загальну структуру.

**Ключові слова:** сталий розвиток, освіта, викладання, навчальна дисципліна.

Представлены результаты внедрения концепции устойчивого развития в программы подготовки специалистов в НТУУ «КПИ». Проанализировано место будущего специалиста в принятии решений по экономо-эколого-социальной устойчивости. Представлены варианты учебных дисциплин для подготовки специалистов и показана их общая структура.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, образование, преподавание, учебная дисциплина.

The results of the sustainable development principles introduction in the training of specialists in NTUU «KPI» are presented. The place of the future specialist in decision-making on economic, ecological and social sustainability is analyzed. Variants of academic discipline for training and their overall structure are shown.

**Keywords:** sustainable development, education, teaching, academic discipline.

## 1. Вступ

Заходи щодо впровадження принципів сталості в будь-якій сфері мають за основу процеси комунікації, навчання, обміну знаннями та залучення у якості учасників процесу побудування сталого суспільства небайдужих спеціалістів, членів громадських установ та організацій. Безсумнівним є той факт, що якісна освіта з економіко-еколого-соціальною спрямованістю підготовки майбутніх фахівців є запорукою сталого розвитку держави [1].

Під час зародження концепції сталого розвитку стало зрозумілим, що саме освіта є запорукою сталого розвитку. Важливими для сьогодення та майбутнього є переосмислення та змінення системи освіти – включення кожної з трьох складових сталого розвитку, соціальної, екологічної та економічної, в систему формування нових знань, умінь і цінностей. Ці зміни мають бути глобальні та міждисциплінарні. Найкращий шанс для успіху освіти у цій сфері лежить не у площині окремих освітніх програм, а у впровадженні мислення сталого розвитку в усіх освітніх напрямках, на усіх рівнях.

Організацією Об'єднаних Націй у 2005 році було оголошено Десятиліття освіти в інтересах сталого розвитку під егідою ЮНЕСКО [2]. Мета Десятиліття освіти в інтересах сталого розвитку – інтегрування принципів, цінностей, практичних інструментів сталого розвитку в усі аспекти освіти та навчання. Вища технічна освіта відіграє важливу роль у реалізованні програми Десятиліття освіти в інтересах сталого розвитку [3].

Однією з цілей щодо застосування знань у науці, інженерії та технології в рамках Десятиліття освіти в інтересах сталого розвитку є не лише ефективне керування відходами, більш чисте виробництво або підвищення енергоефективності, але й залучення фахівців-інженерів до ухвалення рішень, розроблення політики і планування на усіх рівнях задля сталого розвитку. Становлення світогляду сталого розвитку, нове розуміння шляху розвитку суспільства потребує впровадження мислення сталого розвитку в процедури ухвалення інженерних, технологічних й управлінських рішень, особливо на стадії проектування різномасштабних технічних і природно-технічних об'єктів та систем. Реалізування тристовпової моделі [4] сталого розвитку або її модифікацій, наприклад, моделі Оскарссона-Мальмборга [5], у підготованні



інженера на усіх рівнях навчального процесу, зокрема й у рамках дисциплін циклу професійної та практичної підготовки дає змогу сформуванню у студента «сталі» мислення та відповідальність за ухвалені технічні рішення. Майбутній фахівець-інженер повинен керуватись принципами економико-еколого-соціальної сталості та системності у розв'язуванні навчально-прикладних і науково-прикладних задач, у тому числі й під час підготування бакалаврського дипломного проекту, дипломної роботи спеціаліста або магістерської дисертації.

**2. Впровадження освіти задля сталого розвитку в НТУУ «КПІ».** В НТУУ «КПІ» реалізується проект «Освіта в інтересах сталого розвитку» (2007–2014 рр.). Мета проекту – створення системи знань і вмінь, що забезпечують вирішення таких загальноосвітніх завдань:

- ознайомлення з проблематикою сталого розвитку суспільства;
- вирішення окремих завдань в предметній області за допомогою інструментарію сталого розвитку;
- вирішення сукупності системно пов'язаних задач у певній галузі знань;
- підготування професіоналів для системного планування сталого розвитку об'єктів різних ступенів ієрархії.

Системне впровадження освіти у галузі сталого розвитку в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» передбачає:

- підготовку магістрів за спеціальністю «Сталий розвиток і глобальне керування»;
- викладання курсів з основ сталого розвитку для студентів різних освітньо-кваліфікаційних рівнів, зокрема магістрів усіх напрямів підготовки;
- впровадження принципів сталого розвитку в університетські навчальні програми та викладання дисциплін в контексті сталого розвитку.

Програма об'єднаного підготування магістрів та кандидатів наук є спільним проектом НТУУ «КПІ» та інших університетів-партнерів з Консорціуму Центрально-східно-європейський інститут сталого розвитку (CEEISD) [6]. Створений на базі НТУУ «КПІ» CEEISD ставить собі за мету популяризувати ідеї сталого розвитку, як у професійному, так і суспільному середовищі, спираючись на інтелектуальний потенціал, перш за все, університетів України, Республіки Польща, Білорусі та Росії, частина з яких у червні 2008 р. об'єдналась у Консорціум згідно Міжуніверситетської Угоди про співробітництво у сфері сталого розвитку. В межах цієї програми в НТУУ «КПІ» здійснюється підготування магістрів за спеціальністю «Сталий розвиток і глобальне керування» як другої вищої освіти [7].

### **3. Загальноуніверситетський курс з основ сталого розвитку суспільства**

Згідно з рекомендаціями Конференції ООН з питань навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), вивчення проблем сталого розвитку повинно або входити як складова до програм відповідної спеціальної підготовки, або бути окремим загальним курсом. Курс з основ сталого розвитку для студентів освітньо-кваліфікаційного рівню «Магістр» всіх напрямів підготовки належить до числа новітніх освітніх курсів і припускає міждисциплінарний і системний підхід до вивчення соціальних та економічних проблем взаємодії людини і навколишнього середовища з погляду принципів



сталого розвитку. Протягом вивчення цього курсу студенти отримують комплекс знань за трьома напрямками сталого розвитку: суспільство, навколишнє середовище та економіко-технологічний напрямок, як рушійна сила сталого розвитку.

У рамках курсу передбачено лекційну частину, семінарські заняття в академгрупах, тренінги для студентів, написання реферату за темою та тестування. Курсу охоплює два блоки (рис. 1).

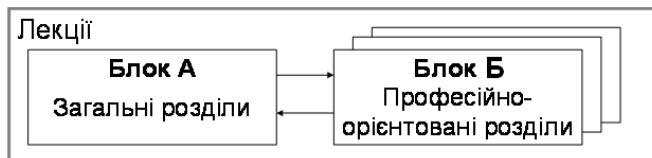


Рис. 1. Структура загальноуніверситетської дисципліни «Основи сталого розвитку суспільства»

Блок А «Загальні розділи» викладається магістрантам усіх спеціальностей в однаковій мірі. Цей блок передбачає формування у студентів фундаментальних знань з основ сталого розвитку.

При цьому розглядаються такі теми: основні поняття сталого розвитку,

становлення концепції сталого розвитку, основні документи щодо сталого розвитку, сталий розвиток в Україні, методи оцінювання процесів сталого розвитку.

Блок Б «Професійно-орієнтовані розділи» має на меті формування у студентів свідомого підходу до впровадження принципів сталого розвитку в своїй професійній діяльності. Розділи блоку Б сформовано згідно:

- спеціальностей, що здобувають слухачі курсу на певному лекційному потоці;
- затверджених факультетами (інститутами) НТУУ «КПІ» робочих навчальних програм.

Так, для студентів, що навчаються за спеціальностями інженерно-технічного профілю «Інженерна механіка», «Приладобудування», «Хімічна технологія», тощо) основна увага зосереджується на технічних та інженерних питаннях сталого розвитку. Зокрема детально розглядаються концепції «зеленої інженерії», «більш чистого виробництва», «нульових відходів», тощо. Для студентів, що навчаються за спеціальностями економічного спрямування («Менеджмент», «Економіка підприємств», «Міжнародна економіка») в спеціальній частині курсу пропонуються економічні складові сталого розвитку та екологічне стандартизування [8]. Для студентів, що навчаються за спеціальностями напрямів підготовки «Комп'ютерні науки», «Прикладна математика», «Програмна інженерія», тощо, у блоці професійно-орієнтованих розділів акцентовано увагу на системні підходи до вимірювань процесів сталого розвитку та моделювання процесів сталого розвитку.

Очевидно, що з усіма перерахованими вище темами знайомляться всі слухачі дисципліни, проте блок Б передбачає перерозподілення часу вивчення розділів. З врахуванням цього оптимальним, на нашу думку, є такий розподіл часу вивчення дисципліни: блок А – 60 ÷ 65 % часу, блок Б – 35 ÷ 40 %.

#### 4. Курс «Сталий розвиток для бізнесу»

Підготування магістрів та кандидатів наук за спеціальністю «Сталий розвиток і глобальне керування» передбачає вивчення системи спеціальних

курсів щодо сталого розвитку в контексті різних галузей людської діяльності («Сталий розвиток і клімат», «Сталий розвиток для бізнесу», тощо).

Зокрема, дисципліна «Сталий розвиток для бізнесу» (рис. 2) обсягом 2 кредити є подальшим розширенням блоку Б (професійно-орієнтовані розділи) загального курсу «Основи сталого розвитку суспільства» (рис. 1) і має на меті надати економічне обґрунтування для ініціювання стратегій сталого розвитку.

На лекціях розглядаються розділи «Сталий розвиток в інтересах бізнесу» (необхідність сталого розвитку на прикладі роздрібних торговців: точки зору спільноти, співробітників, керівництва торговельних мереж, компаній-партнерів, акціонерів: «айсберг» вартості компанії і т.д.), «Реалізація сталої стратегії у секторі торгово-промислової діяльності та корпоративному секторі» («Налагоджування» сталості: розуміння теорії, моделювання практики, створення «етичного каркасу», впровадження намірів, аналіз відгуків; рушійні фактори і сповільнювачі розвитку бізнесу; фактори вигоди для дрібних, середніх та великих підприємств; міжгалузеві корпоративні ініціативи; екологізація каналів постачання, тощо).

На семінарські заняття виносяться, зокрема, такі теми:

- «Побудування інноваційної економіки»:
  - інноваційна економіка в Україні та у країнах СНД: стан розвитку, місце у світі; аціональні інноваційні моделі: терміни будівництва, інституційні основи;
  - можливі кроки з розвитку інноваційної економіки;
  - державна підтримка інноваційного бізнесу;
- «Соціальна відповідальність бізнесу»:
  - соціальна звітність;
  - стандарти ISO 26000, SA 8000;
  - інвестиції в соціальну сферу;
  - підтримка освітніх програм;
  - гранти та стипендії в галузі екологічних інновацій.

Дисципліну «Сталий розвиток для бізнесу» розроблено у двох модифікаціях:

- для студентів, що навчаються за спеціальністю «Сталий розвиток і глобальне керування»;
- для бізнесменів, зацікавлених у практичному впровадженні парадигми сталого розвитку у своїй повсякденній діяльності.

Для останньої групи слухачів впроваджено вступні розділи із основ сталого розвитку: загальні розділи «Поняття «сталого розвитку» стосовно бізнес-процесів» у лекційному курсі та «Базові концепції оцінювання сталості розвитку» у якості семінарських занять (див. рис. 2).

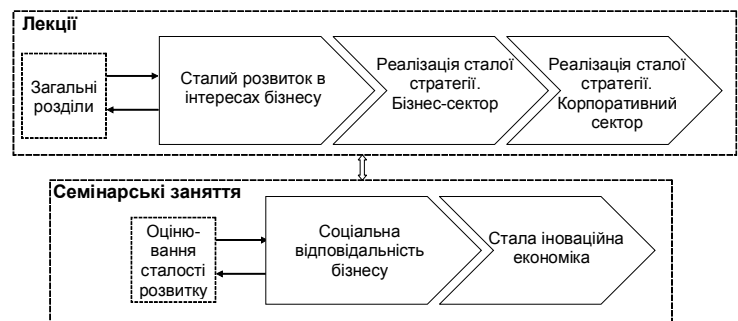


Рис. 2. Структура курсу «Сталий розвиток для бізнесу»

Враховуючи специфіку дисципліни та аудиторії, з метою інтенсифікування засвоєння активно застосовується проблемно-дискусійний спосіб проведення занять.

### **5. Інші курси зі сталого розвитку**

Відповідно до проекту «Освіта в інтересах сталого розвитку» в рамках ряду спеціальностей розроблено також курси з основ сталого розвитку для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Так навчання студентів за напрямом підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» на кафедрі кібернетики хіміко-технологічних процесів (КХТП) НТУУ «КПІ» передбачає вивчення у 2 семестрі дисципліни «Принципи сталого розвитку» обсягом 3 кредити. Вивчення цієї дисципліни базується на знанні студентами основних понять хімії, фізики, математики, екології та спрямоване на вироблення в студентів базових навичок системного підходу до вивчення й рішення завдань сталого розвитку, а також здатності правильно оцінювати локальні й віддалені наслідки прийнятих рішень відносно навколишнього середовища.

На кафедрі КХТП НТУУ «КПІ» майбутні інженери цього ж напрямку підготовки в рамках одного з розділів кредитного модуля «Методи оцінювання процесів сталого розвитку» (охоплює деякі ретроспективні, продуктові та комплексно-прогностичні методи кількісного оцінювання різномасштабних об'єктів і систем з погляду сталості) із застосування комп'ютерів детально знайомляться з підходом оцінювання життєвого циклу [7]. Різноманіття методів оцінювання впливу, характеристичних моделей, методик зв'язування інвентаризаційних даних та оцінювання впливу життєвого циклу, а також нормувальних і вагових коефіцієнтів, використовуваних на необов'язкових етапах, ускладнює реалізування і сприйняття практичної компоненти цього розділу дисципліни. Використання спеціалізованого програмного забезпечення SimaPro покращує як сприйняття студентами розглядуваних прикладів оцінювання продукційних систем, так і розв'язування ними індивідуальних завдань.

В НТУУ «КПІ» апробовано також курс дистанційного навчання з основ сталого розвитку. Особливістю курсу сталого розвитку як дистанційного є орієнтація на широку цільову аудиторію. У першу чергу серед цільової аудиторії – особи, що за родом обов'язків приймають керівні рішення; фахівці, чия професійна діяльність пов'язана з муніципальним господарством, енергетикою, транспортом, з впливом на оточуюче середовище в цілому; викладачі та студенти старших курсів вищих навчальних закладів. Мета дистанційного курсу – навчити оперувати сучасними поняттями в галузі сталого розвитку, які необхідні для правильного сприйняття руху технічного прогресу та забезпечення безпечних умов існування людства в майбутньому.

### **6. Висновки**

Збільшення значимості освіти та науки у галузі керування соціальними процесами забезпечує підвищення якості навчання та досліджень, подолання прірви між наукою, освітою та традиційними знаннями; посилення взаємодії між суб'єктами суспільної діяльності. Подальша переорієнтація освіти в інтересах досягнення взаєморозуміння і соціальної стабільності, відмови від несталіх моделей виробництва та споживання, дбайливого ставлення до навколишнього

природного середовища повинна сприяти переходу на шлях сталого розвитку. Тому вважаємо, що досвід НТУУ «КПІ» у реалізуванні принципів сталого розвитку суспільства у вищій освіті може бути корисним для інших навчальних закладів.

**Список літератури:** 1. Science and Technology for Development: the 20<sup>th</sup> week (23-28/01/2006) of the 60<sup>th</sup> anniversary of UNESCO [Electron. resource] // UNESCO's Bureau of Public Information. – Access link: [http://portal.unesco.org/science/en/files/4876/11380996829\\_Science\\_and\\_Technology\\_for\\_Development\\_-\\_presentation.doc/Science+and+Technology+for+Development+-+presentation.doc](http://portal.unesco.org/science/en/files/4876/11380996829_Science_and_Technology_for_Development_-_presentation.doc/Science+and+Technology+for+Development+-+presentation.doc). 2. Education for Sustainable Development | Education | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [Electron. resource]. – Access link: <http://www.unesco.org/new/en/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/> 3. Згуровський М.З. Досвід освіти зі сталого розвитку в НТУУ «КПІ» [Текст] / М.З. Згуровський, Г.О. Статюха // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2009. – Випуск N 36. – С. 169–178. 4. Elkington, J. Towards the sustainable corporation: Win-win-win business strategies for sustainable development [Text] / J. Elkington // California Management Review. – 1994. – Vol. 36. – No. 2. – PP. 90–100. 5. Oskarsson, K. Integrated Management Systems as a Corporate Response to Sustainable Development [Text] / K. Oskarsson and F. von Malmborg // Corporate Social Responsibility and Environmental Management. – 2005. – No. 12. – PP. 121–128. 6. Central East European Institute for Sustainable Development [Electron. resource]. – Access link: <http://ceeisd.org.ua/> 7. Статюха, Г.О. Сталий розвиток як складова вищої технічної освіти в НТУУ «КПІ» [Текст] / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, І.М. Джигирей // Матеріали III Всеукр. з'їзду екологів з міжн. участю (Екологія / Ecology-2011), Вінниця, 21-24 вер. 2011 р.: зб. наук. статей. – Т. 2. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – С. 651-654. 8. ДСТУ ISO 14040:2004. Екологічне керування; Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура [Текст]: офіц. вид. / В. Лозанський (пер. і наук.-техн. ред.). – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – IV, 10 с.

*Поступила в редколегію 23.11.2011*

**УДК 681.307**

**В.В. ПОПОВСКИЙ**, докт. техн. наук, проф., зав. каф., ХНУРЕ, Харків  
**Б.С. ТУР**, асп., ХНУРЕ, Харків  
**Я.Т. ХУССЕЙН**, асп., ХНУРЕ, Харків

## **МЕТОДЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ИСКАЖЕНИЙ В ДРЕВОВИДНЫХ АЛГОРИТМАХ СЛУЧАЙНОГО МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА**

Дана робота присвячена аналізу метода послідовної компенсації викривлень, який відноситься до випадкових методів багатостанційного доступу. В даній статті розкрито загальне функціонування деревовидних алгоритмів. Також представлена модель каналу, описана поліномом Вольтерра.

**Ключові слова:** SIC, послідовна компенсація викривлень, поліном Вольтерра

Данная статья посвящена анализу метода последовательной компенсации искажений, который относится к случайным методам множественного доступа. В данной статье представлено общее функционирование деревовидных алгоритмов. Также представлена модель канала, описанная с помощью полинома Вольтерра.

**Ключевые слова:** SIC, последовательная компенсация искажений, полином Вольтерра

The given work is devoted to analysis of Random Multiple Access method called Successive Interference Cancellation (SIC). This article represents common functionality of multiple random access tree algorithms. Also in this work are presented the new channel model described with help of Volterra polynom.

**Key words:** SIC, Successive Interference Cancellation, Volterra polynom

## **1. Введение**

Исследования о которых идет речь в статье относятся к сфере телекоммуникаций. Одним из актуальных вопросов в телекоммуникациях является совершенствование методов множественного доступа. Данный вопрос исследовался многими отечественными и зарубежными учеными, однако и до сегодняшнего дня его актуальность велика.

## **2. Общие сведения**

Среди различных методов множественного (многостанционного) доступа в беспроводных системах связи наибольшую популярность приобрели методы случайного множественного доступа (СМД). К числу таких относятся алгоритмы АЛОХА, методы двойного экспоненциального отката (Binary Exponential Backoff), древовидные алгоритмы [1]. Наиболее важной характеристикой этих методов является время разрешения конфликта, наступающего вследствие того, что два или более абонента одновременно претендуют на предоставление ресурса ретранслятора или базовой станции (БС). Показателем скорости разрешения конфликта является отношение [2]:

$$V = \frac{k}{T_k},$$

где  $k$  - кратность конфликта,  $T_k$  - время разрешения конфликта.

Исторически первым был предложен алгоритм АЛОХА, который с различными модификациями используется до настоящего времени. У этого алгоритма из-за включения механизма выбора случайной задержки при повторной передаче время достаточно велико и в современных широкополосных беспроводных системах типа WiMax, LTE вместо этих алгоритмов рекомендуется использовать ВЕВ или древовидные алгоритмы, где указанное время в значительной мере детерминируется, а скорость достигает значений 0,3-0,4. При дополнительных мерах, при использовании последовательной компенсации помех (Successive Interference Cancellation - SIC) эта скорость может достичь 0,6 и более [2]. Рассмотрим более подробно процедуру древовидного алгоритма и оценим возможность ее эффективного использования.

## **3. Функционирование древовидных алгоритмов**

Для успешной работы методов СМД типа ВЕВ и древовидных алгоритмов в системе беспроводной связи требуется жесткая синхронизация работы всех абонентских станций (АС) и БС. Другим важным ограничением является то, что к концу передачи абонентом информационного пакета, от БС поступают данные об успешном или неуспешном приеме этого пакета. Все дальнейшие действия в системе зависят от выбранного метода СМД.

При использовании традиционных древовидных алгоритмов и при наличии конфликтной ситуации на БС происходит идентификация конфликтующих АС. После обнаружения конфликта БС дает разрешение одной из АС передать в

следующем слоте свой пакет. Остальные конфликтующие пакеты (или пакет) передаются уже в третьем слоте (рис.1).



Рис.1. Структура передачи пакетов А и В при возникновении конфликтов в первом слоте

Особенностью алгоритма SIC является то, применительно к ситуации на рис.1, что в третьем слоте отсутствует необходимость в передаче пакета. Этот пакет может быть получен (вычислен) из сигналов конфликтующих пакетов А+В, путем вычитания (компенсации) из этой суммы сигнала, относящегося к пакету А, принятого во втором слоте. Очевидно, что для выполнения данных операций необходимо выполнить ряд условий:

1) вся информация, принятая в 1-м слоте должна быть сохранена в памяти до завершения конфликта;

2) шумы, всегда присутствующие в канале приема не должны существенно исказить структуру принимаемых сигналов, то есть отношение С/Ш должно обеспечивать уверенный прием с вероятностью ошибки  $P_{ош} \leq 10^{-5} - 10^{-6}$ ;

3) амплитудно-фазовая структура сигналов А, принятых в 1-м и 2-м слотах должна быть идентична.

Первое требование может быть выполнено с помощью соответствующей элементной базы. Второе ограничение связано с наличием внешних и внутренних тепловых шумов. Имеется ряд методов, например, на основе криогеники, способных решить задачу минимизации внутренних шумов. Предметом более детального обсуждения третьего ограничения посвящены дальнейшие материалы.

#### **4. Методы обеспечения идентичности структуры сигналов на соседних слотах**

Различие структур сигналов на соседних слотах происходит за счет влияния случайности параметров среды и многолучевости распространения радиоволн. При наличии гауссового характера случайных изменений параметров в канале распространения эти различия обратно пропорциональны уровням коррелированности процессов на этих соседних слотах. Вместе с тем, в реальных радиолиниях указанные различия всегда имеют место, и они соответственно снижают качество компенсации в алгоритмах SIC. В данном случае для выравнивания структур сигналов представляется конструктивным подход, когда на каждом очередном слоте эта структура будет сопоставляться и корректироваться по некоторому эталонному сигналу  $y_э(t)$ , передаваемому вместе с информационным сигналом.

#### **5. Модель канала распространения радиоволн**

Во многих прикладных задачах возникает необходимость получения на выходе некоего радиоэлектронного устройства сигнала заданной структуры  $y_э(t)$ . Отклонение реального принятого сигнала  $y(t)$  от заданной структуры может происходить, например, в силу искажений, наличия аддитивных или мультипликативных помех в линии связи. Так, в условиях многолучевого распространения сигналов в линии радиосвязи форма информационного

импульса расплывается, амплитуда и фаза искажаются. Модель искаженного сигнала в общем случае можно представить в виде интегро-степенного полинома Вольтерра 1-го рода [3]:

$$y(t) = \sum_{m=1}^N \int_0^t \dots \int_0^t K_m(S_1, S_2, \dots, S_m) \prod_{i=1}^m x(t - S_i) dS_i, t \in [0, T], \quad (2)$$

где  $K_m$  - ядра Вольтерра, для стационарного случая симметричны по всем переменным. Структурная схема, реализующая процедуру (1) представлена на рис.2.



Рис.2. Эквивалентная структура системы передачи сигнала  $x(t)$  через многолучевой канал связи (2)

Компоненты многолучевого сигнала  $y_i(t)$  представляются в виде:

$$y_i(t) = \int_0^t K_i(t, S_i) x(S_i) dS_i, i = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где  $K_i(t, S_i)$  - в общем случае комплексные функции. Таким образом, каждое из ядер  $K_i(t)$  обеспечивает соответствующие изменения амплитуды и фазы парциального сигнала  $x_i(t)$ . От диапазона изменений амплитуды и фазы результирующего сигнала  $y(t)$  зависит та или иная модель канала связи. Так, в теории связи часто используется представление сигнала через квадратурные компоненты

$$y(t) = \sum_{i=1}^N y_i(t) = A(t) \cos(\omega t + \varphi(t)) = A(t) \sin(\varphi) \sin(\omega t) - A(t) \cos(\varphi) \cos(\omega t) A_s(t) \sin(\omega t) + A_c(t) \cos(\omega t), \quad (4)$$

где  $A_s(t)$  и  $A_c(t)$  - соответственно синусная и косинусная квадратуры.

Так, распределения Релея соответствует случаю, когда средние значения квадратур  $A_s(t)$  и  $A_c(t)$  - равны нулю, дисперсии одинаковы ( $\sigma_s^2 = \sigma_c^2$ ), а сами квадратуры – независимые. Фаза такого сигнала

$$\varphi(t) = \arctg \frac{A_s(t)}{A_c(t)}$$

распределена равномерно на интервале  $t \in [0, T]$ .

Для коррекции приобретенных в канале связи искажений необходимо выполнять процедуры, обратные преобразованиям (3). Такое преобразование возможно в силу симметричности ядер  $K_i(t)$ . Данную задачу можно решать, если обеспечить условия наблюдаемости результатов воздействия самих искажений. Для этого обычно используют периодическую передачу испытательных тестовых сигналов, структура которых заранее известна. В этом случае по разнице этого сигнала с эталонным

$$\Delta y(t) = y(t) - y_0(t) \quad (5)$$

можно решать задачу управления соответствующими коэффициентами  $K_i(t)$  с целью минимизации разницы (5). Возникает задача управления наблюдением [4] по результатам невязки.

## 6. Обоснование выбора структуры устройства коррекции принятых сигналов

При выборе структуры устройства коррекции возникает вопрос об ограничениях, в рамках которых может быть решена оптимизационная задача минимизации уровня искажений  $\Delta y(t)$ . Важным фактором является выбор необходимого числа ветвей корреляции  $N$ . Очевидно, должно выполняться условие:  $N \geq 2$ , что при соответствующем выборе амплитуд и фаз весовых коэффициентов в ветвях коррекции позволит получить взаимную компенсацию искажений. При  $N=2$  искажения отображают ситуацию с плоским фазовым фронтом в элементах пространственного сигнала  $x_i(t)$ . При  $N=3$  может отображаться нелинейная параболическая форма фазового фронта. Если же приемное устройство реализуется в виде  $N$ -элементной антенной решетки, то размер апертуры  $D$  необходимо сопоставлять с радиусом пространственной корреляции  $\rho$ . Очевидно, если  $D \ll \rho$ , то при любой пространственной структуре сигнала  $x_i(t)$  фазовый фронт будет восприниматься как плоский. Вместе с тем и при использовании лишь одной приемной антенны, модель статистической структуры многолучевого сигнала должна выбираться исходя из рассмотренных представлений.

Другим ограничением, подлежащим выбору, является период следования тест-сигналов  $T_T$ . Данный параметр следует сопоставлять с интервалом корреляции или  $\tau_K$  случайных изменений сигнала  $y(t)$ . Очевидно для того, чтобы устройство корреляции успевало компенсировать случайные изменения искажений, период следования  $T_T$  должен быть таким, чтобы за это время не произошло заметных изменений ядерных функций  $K_i(t)$ . Опыт практического использования аналогичных алгоритмов показывает, что допустимые результаты получаются, если этот период выбирать из условий

$$T_T = \frac{\tau_K}{10}, \quad (6)$$

Если же на интервале корреляции  $\tau_k$  укладывается порядка 100 отсчетных значений, то результаты являются достаточно хорошими, некомпенсированными остаются менее 1% искажений.

Диапазоны изменений управлений для амплитуд и фаз компенсационных сигналов обычно согласовывают со статистикой канала (Релей, Райс и др.), а сами регуляторы выполняют с использованием квадратурных разложений, что позволяет оставаться в рамках линейных процедур управляющих алгоритмов.

## 7. Синтез устройства компенсации искажений сигналов, принятых в многолучевом канале

Весовые коэффициенты, обеспечивающие компенсацию указанных искажений, созданных ядерными функциями  $K_i(t)$  - образуют вектор  $w(t)$  и представляют собой случайные процессы. В качестве математических моделей этих процессов можно использовать дифференциальные уравнения состояния [4]:

$$\frac{dw(t)}{dt} = F(t)w(t) + G(t)\xi(t), \quad (7)$$



где  $F(t)$  и  $G(t)$  - соответственно: матрицы состояния и генерации, элементы матрицы  $F(t)$  суть величины  $\alpha_{ij}$  - обратные значения интервалов корреляции многомерного процесса  $w(t)$ ,  $\xi(t)$  - порождающий гауссов белый шум (ГБШ), со спектральной плотностью мощности  $N_\xi(t)$ .

Для обычно используемой цифровой реализации процедур оценки и управления (7) принимает вид:

$$w(k+1) = \Phi(k+1, k)w(k) + G(k)\xi(k), \quad (8)$$

где  $\Phi(k+1, k) = \exp\{-\alpha\Delta t\}$ ,  $\alpha = \frac{1}{\tau_k}$ ,  $\Delta t = T_T$  - шаг дискретизации рекурсивной

процедуры (8),  $G(k) = \sqrt{\sigma_w^2(1 - \exp\{-\alpha\Delta t\})}$ .

Для получения оценки оптимального вектора весовых коэффициентов (ВВК)  $\hat{w}(k)$  воспользуемся процедурой Калмана – Бьюси (ФКБ) [4]:

$$\hat{w}(k+1) = \Phi(k+1, k)\hat{w}(k) + M(k)[y(k) - y_s(k)], \quad (9)$$

где  $y(k) = \hat{w}(k)x(k) + v(k)$ , -

уравнение наблюдения полезного сигнала на фоне ГБШ  $v(k)$  со спектральной плотностью мощности  $N_v$ . На рис.3 представлена структурная схема устройства коррекции приемных сигналов.

Коэффициент  $M(k)$  - является аналогом шаговой постоянной в процедурах Уидроу–Хоффа, которая является оптимальной для ситуации, когда  $K_i(k)$  - случайные процессы, в соответствии с ФКБ:

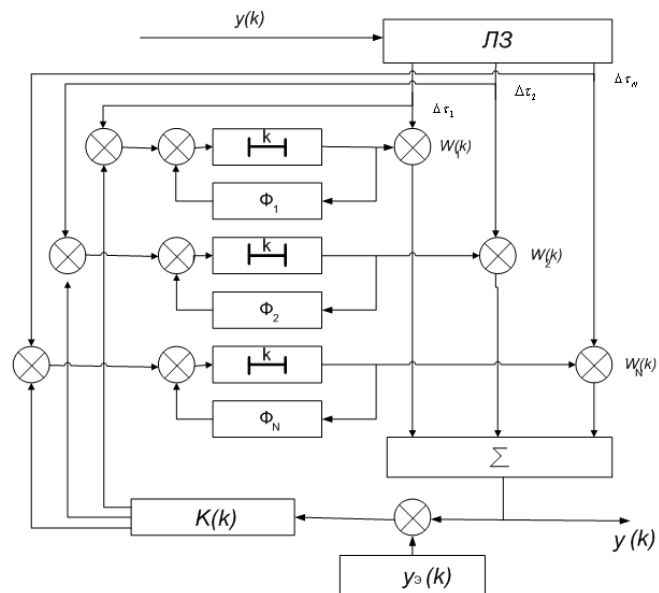


Рис.3. Структурная схема устройства коррекции принятых сигналов

$$K(k) = P(k)Y^T(k)N_0^{-1}, \quad (10)$$

где  $Y(k)$  - вектор принятых сигналов на выходе линии задержки (ЛЗ), где выводы следуют через временные интервалы  $\tau_i, i = 1, 2, 3, \dots, N$ . При этом  $\sum_{i=1}^N \Delta\tau_i = \tau_k$  - интервал когерентности принятого многолучевого сигнала.

### 8. Заключение

1. Среди различных методов случайного множественного доступа наибольшим потенциалом по скорости разрешения конфликтов обладают древовидные алгоритмы с использованием последовательной компенсации помех SIC. Потенциальные возможности алгоритмов SIC могут быть реализованы при условии получения идентичности структур сигналов на соседних слотах, что достигается выбором амплитудно-фазовых выравнивателей.

2. Эффективный алгоритм амплитудно-фазового выравнивателя может быть получен, если учтена статистическая структура принимаемых сигналов, с учетом

корреляции этих сигналов на соседних слотах, степень когерентности принимаемых сигналов, что непосредственно определяет величину шага дискретизации для передачи эталонного сигнала и число отводов от линии задержки.

3. Удачной математической моделью многолучевого канала распространения радиосигнала может служить интегро-степенной полином Вольтерра 1-го рода с помощью которого можно адекватно отображать как линейные, так и нелинейные ситуации.

4. Оптимальной процедурой для реализации алгоритма амплитудно-фазового выравнителя является фильтр Калмана-Бьюси.

**Список литературы:** 1. Yu, Y. High-throughput random access using successive interference cancellation in a tree algorithm [Текст]/ Yu. Y., Giannakis G.B. // IEEE Transactions Inform. Theory. 2007. V.53, № 12, p. 4628-4639. 2. Андреев, С.Д. Древоподобный алгоритм разрешения конфликта, устойчивый к неполному погашению интерференции [Текст]/ Андреев С.Д., Пустовалов Е.В., Тюрликов А.М. // Автоматика и телемеханика. 2009, №3, стр. 78-96. 3. Апарцин, А.С. К исследованию устойчивости решений полиномиального уравнения Вольтерра 1 рода. [Текст]/ Апарцин А.С. // Автоматика и телемеханика 2011, №6, стр. 95-114. 4. Поповский, В.В. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах. [Текст]/ Поповский В.В., Олейник В.Ф. // Х. СМІТ, 2011- 362с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 621.746.3:65.015.1**

**И.Ш. НЕВЛЮДОВ**, докт. техн. наук, проф., зав. каф., ХНУРЭ, Харьков  
**А.А. АНДРУСЕВИЧ**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков  
**Е.П. ВТОРОВ**, канд. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА МОНТАЖНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЭС**

Рассмотрены вопросы мониторинга ЖЦ РЭС на этапе производства. На основе решения задач теории флуктуаций приводится обоснование связи между процессами формирования соединения, качеством соединения и наблюдаемой поверхностью монтажных соединений.

**Ключевые слова:** жизненный цикл, мониторинг, монтажные соединения, контроль процесса монтажа, радиоэлектронные средства

Розглянуті питання моніторингу ЖЦ РЕЗ на етапі виробництва. На основі вирішення завдань теорії флуктуацій приводиться обґрунтування зв'язку між процесами формування з'єднання, якістю з'єднання і спостережуваної поверхні монтажних з'єднань.

**Ключові слова:** життєвий цикл, моніторинг, монтажні з'єднання, контроль процесу монтажу, радіоелектронні засоби

The questions of LC REF monitoring are considered on the stage of production. On the basis of tasks decision the fluctuations theory a ground over of connection is brought between the processes of connection forming, quality of connection and looked after surface of assembling connections.

**Keywords:** life cycle, monitoring, assembling connections, control of editing process, radioelectronical facilities

## **Введение**

Современный уровень развития техники характеризуется повышением сложности, наукоемкости, качества техники и появлением в связи с этим новых проблем. Отмеченное выше затрагивает в высшей степени многофункциональные РЭС, обеспечивающие функционирование связи, навигации, радиолокации, телеметрии и других задач обработки сигналов электромагнитной и акустической природы

Действенным средством решения подобных проблем в последнее десятилетие выступают новые технологии сквозной информационной поддержки сложной наукоемкой продукции на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ) от маркетинга до утилизации, базирующиеся на электронном представлении данных и использовании этих данных для обеспечения ЖЦ. Очевидно мониторинг, выполняя по своему определению функции по надзору за состоянием объектов, предполагает сбор и обработку информации о ЖЦ и, следовательно, является частью этих технологий. К числу наиболее важных функций мониторинга, реализуемых в настоящее время, относится оценка и прогнозирование состояния РЭС и процессов обеспечения ее ЖЦ. Для сложных систем, в том числе и ЖЦ РЭС возникает необходимость принятия решений в ситуации отсутствия формальных приемов, наиболее эффективными здесь становятся человеко-машинные процедуры, основанные на «диалоге» человека с ЭВМ, и мониторинг, способный отображать суть происходящих процессов, становится действенным инструментом обеспечения ЖЦ РЭС. Таким образом, разработка теоретических основ мониторинга, для обеспечения возможности принятия эффективных решений при поддержке ЖЦ РЭС является актуальной научной проблемой.

Известны методы контроля процесса монтажа РЭС по внешнему виду, являющиеся частью мониторинга ЖЦ РЭС. При таком контроле обращают прежде всего внимание на форму и шероховатость поверхности, предлагаются соответствующие критерии. Так, например, считается плохой, наблюдаемая визуально, крупно зернистая структура – холодная пайка, гладкая зеркальная поверхность (незначительная шероховатость) – хорошая пайка. Однако теоретическое обоснование, указанных критериев, основанное на моделях отражающих связь между изображением поверхности и физико-химическими процессами, протекающими при формировании соединений

В статье рассматриваются вопросы, решение которых является определенным дополнением к работам ученых Борщева В.Н. Замирца Н.В. Морщакова Е.А., участвующих в разработке математических моделей процессов образования и разрушения соединений.

Целью работы является создание теоретических основ мониторинга на основе исследований, раскрывающих суть процессов формирования соединений и отображения этой сути.

### **Мониторинг монтажных соединений РЭС.**

В процессе формирования наблюдаемой поверхности происходят сложные процессы, проявляющиеся в растворении и диффузии металлов, эрозия металла, образование интерметаллидов и др. Скорость и глубина этих процессов зависят

от природы взаимодействующих материалов, температуры, скорости и времени нагрева, напряжений в основном металле.

После удаления источника тепловой энергии наступает стадия кристаллизации, которая оказывает большое влияние на качество соединений. На структуру соединения влияют зазор, протяженность области недогрева. При прочих равных условиях уменьшение зазора, а следовательно, толщины кристаллизующейся жидкости приводит к таким изменениям указанных факторов, что дендритная форма кристаллов (при 0,5 ... 2 мм) постепенно уступает место ячеистой (0,3 ... 0,4 мм), а ячеистая – преобладающему росту кристаллов с гладкой поверхностью (0,1 ... 0,2 мм). Характерным для кристаллизации является ярко выраженная ликвация шва, связанная с образованием зональных неоднородностей, дендритных образований.

Формирование наблюдаемой поверхности соединения под действием сил поверхностного натяжения и отклонение от формы под действием случайных сил обусловлено поведением ансамбля микрочастиц, участвующих в физико-химических процессах, протекающих во время формирования соединения, протекающих по законам неравновесной термодинамики и статистической физики. Рассматриваемые при этом макропараметры, наблюдаемые по определению, характеризуют качество соединения и технологические режимы, их наблюдения соответствуют функциональным задачам мониторинга ЖЦ РЭС на этапе производства. В системах, состоящих из сравнительно небольшого числа частиц, возможны значительные отклонения некоторых физических величин, характеризующих системы, от их средних значений. Такие отклонения называются флуктуациями физических величин. Представляется, что геометрия поверхности образованного соединения, отражает протекающие при образовании соединений физико-химические процессы, в том числе наличие флуктуаций, проявляемых в виде шероховатости наблюдаемой поверхности.

Таким образом, при рассмотрении процессов образования монтажного соединения, может быть принята модель многокомпонентной гидротермодинамической системы, неравновесная термодинамика и теория флуктуаций [1, 2] при этом позволяет выявить признаки, характеризующие состояние соединения.

Малые флуктуации термодинамических величин можно вычислить, используя статистическое истолкование энтропии. Вероятность неравновесного состояния системы с энтропией  $S$  пропорциональна  $e^{S/k}$ , связь энтропии с числом микроскопических состояний  $Z$  определяется статистическим весом макроскопического состояния, т. е.

$$S = -k \ln \overline{w(Z)}. \quad (1)$$

При образовании соединения, сопровождаемого изменением фазового состояния участвующих в процессе материалов, можно наблюдать изменение характера флуктуаций геометрии поверхности. Связь между флуктуациями различных величин  $x_i$ ,  $x_k$ , в том числе характеристики рассеяния отраженного света в различных точках поверхности при визуальном контроле характеризуется величиной  $\Delta x_i \cdot \Delta x_k$ . Эта величина имеет смысл значения пространственной корреляционной функции. С увеличением расстояния между точками

корреляционная функция стремится к нулю (обычно экспоненциально), т.к. флуктуации в далёких точках происходят независимо. Важную роль в теории флуктуаций играет флуктуационно-диссипативная теорема, связывающая флуктуации в системе с изменением её свойств под влиянием определённых внешних воздействий.

Существуют соотношения, связывающие квадратичные корреляционные моменты с некоторыми неравновесными средними величинами. Неравновесный ансамбль, образуется из канонического равновесного путем включения в начальный момент времени  $t = 0$  дополнительной постоянной силы  $g$  [2], действующей в направлении обобщенной координаты  $x$ . Если  $H_0$  – функция Гамильтона исходной равновесной системы, то после включения дополнительной силы функция Гамильтона системы становится равной  $H_0 + g(x|_t - x|_0)$ . В момент времени  $t$  плотность вероятности в соответствии с макроканоническим распределением Гиббса будет равна

$$w(Z) = e^{\frac{\psi(Z) - H_0(Z) + g(x|_t - x|_0)}{kT}}. \quad (2)$$

Среднее значение обобщенной координаты по неравновесному ансамблю (2) в момент  $t$  запишем в виде

$$\overline{x|_t} = \int_{(Z|_t)} x(Z) e^{\frac{\psi(Z) - H_0(Z) + g(x|_t - x|_0)}{kT}} dZ. \quad (3)$$

Средний квадрат смещения  $(x|_t - x|_0)^2 = \Delta x^2$ , соответствующий флуктуации, запишется в виде

$$\overline{\Delta x^2} = 2kT \left[ \frac{\partial g}{\partial \alpha} \right]_{\alpha=0}. \quad (4)$$

Таким образом, если известно уравнения процесса, которые описывают изменение “координат” под действием “сил”, т.е. движение в системе, то можно определить флуктуацию макропарметра, наблюдаемого в процессе контроля соединения. Для нахождения уравнения движения систем, соответствующих среде, в которой идет процесс, приводящий к образованию монтажных соединений РЭС, можно предложить два метода первый из которых основан на феноменологической теории неравновесных процессов, второй использует кинетическую теорию статистической физики.

В первом методе закон возрастания энтропии как макроскопической величины за счет ее производства позволяет найти уравнения движения и дать оценку “силам” с помощью уравнения баланса энтропии, играющей в теории неравновесных процессов центральную роль,

$$\frac{\partial \rho s}{\partial t} + \nabla \cdot J_s = \sigma_s, \quad (5)$$

где  $s$  – удельная энтропия, относящаяся к единице массы;

$\rho$  – плотность среды;

$J_s$  – вектор плотности потока энтропии;

$\sigma_s$  – плотность источника энтропии.

Можно определить конкретную форму уравнения баланса энтропии для достаточно общей модели многокомпонентной гидротермодинамической системы, каковой является среда во время формирования соединения

$$\sigma = \sum_{j=1}^R J_j A_j + J_q \cdot A_q + \sum_{k=1}^K J_k \cdot A_k + p^v A_v + P^{vs} : A^s v + P^{va} \cdot A^a v \geq 0. \quad (6)$$

Здесь  $J_i$  и  $A_k$  обозначают независимые скалярные термодинамические потоки и силы, а в случае векторных и тензорных процессов – все декартовы компоненты соответствующих тензорных и векторных величин, входящих в билинейные выражения для производства энтропии (6).

Согласно (6), производство энтропии включает в себя четыре члена, соответствующих источникам, относящимся к неравновесным процессам, имеющим существенно различную физическую природу. Эти источники определяются билинейными формами от плотностей и сил, имеющих различные тензорные ранги. Так, источник энтропии, обусловленный химическими реакциями, определяется как сумма билинейных форм скаляров  $J_j$  и  $A_j$

$$\sigma_c \equiv \sum_{j=1}^R J_j A_j. \quad (7)$$

Производство энтропии, относящееся к теплопроводности, определяется произведением полярных векторов  $J_q$  и  $A_q$

$$\sigma_q \equiv J_q \cdot A_q. \quad (8)$$

Точно так же производство энтропии, обусловленное диффузией, есть сумма скалярных произведений полярных векторов  $J_k$  и  $A_k$ , т.е.

$$\sigma_d \equiv \sum_{k=1}^K J_k \cdot A_k. \quad (9)$$

Наконец, производство энтропии, обусловленное вязкими явлениями

$$\sigma_v \equiv p^v A_v + P^{vs} : A^s v + P^{va} \cdot A^a v, \quad (10)$$

определяется билинейной формой от плотностей потока импульса и соответствующих термодинамических сил, относящихся к явлениям объемной вязкости, сдвиговой вязкости и вязкости внутреннего вращения. Выражение для полного производства энтропии (6) справедливо в случае, когда одновременно происходят четыре вышеупомянутых процесса. Его можно получить как сумму значений производства энтропии в каждом из этих процессов. Следовательно, в общем случае  $\sigma$  можно рассматривать как билинейную форму от независимых скалярных потоков  $J_i$  и скалярных сил  $A_i$ , т.е.

$$\sigma = \sum_{i=1}^f J_i A_i. \quad (11)$$

При термодинамическом равновесии производство энтропии  $\sigma$  равно нулю, и, таким образом, независимые компоненты скалярных сил и сопряженные с ними компоненты скалярных потоков одновременно также обращаются в нуль. Это условие, а также наиболее общая связь между независимыми потоками и силами выражаются в линейном приближении с помощью линейных кинематических конститутивных уравнений (законов) Онзагера

$$J_i = \sum_{k=1}^f L_{ik} A_k. \quad (i = 1, 2, \dots, f). \quad (12)$$

Коэффициенты Онзагера  $L_{ik}$  являются функциями локальных параметров состояния: температуры, давления, химических потенциалов, зависящих от концентраций, и т.п. Однако в линейной теории коэффициенты считаются не зависящими от потоков и сил, входящих в конститутивные линейные уравнения, от градиентов параметров локального состояния.

Второй метод описания движения в системе использует кинетическую теорию статистической физики. Здесь задачи оценки характеристик неравновесных процессов могут быть решены, с помощью уравнений движения обычно называемых кинетическими уравнениями.

Кинетическое уравнение для функции распределения можно получить, отыскивая уравнение для плотности вероятности, частицы из статистического ансамбля  $W_1$ , т.е.

$$W_1(r_1, p_1, t) = \int w(r_1, \dots, p_N; t) dr_2 dp_2 dr_3 dp_3 \dots dr_N dp_N.$$

Кинетическое уравнение приобретает более простой вид, если от функции  $W_1$ , имеющей смысл плотности вероятности данной частицы иметь заданные координату и импульс, перейти к функции распределения  $f(r, v, t)$

$$f(r, v, t) = m^2 N W_1(r, p, t). \quad (13)$$

Знание функции  $f$  позволяет определить основные макроскопические характеристики неравновесной системы, такие, как плотности массы

$$\sigma(r, t) = m \int f(r, v, t) dv, \quad (14)$$

плотность потока массы

$$j_x(r, t) = m \int \xi_x f(r, v, t) dv, \quad (15)$$

поток тепла

$$Q_x(r, t) = \int \frac{mv_x^2}{2} \xi_x f(r, v, t) dv. \quad (16)$$

## Выводы

Таким образом, знание функции распределения, полученной на основе метода Гиббса с учетом термодинамических сил в выражении для Гамильтониана, использование уравнений неравновесной термодинамики, определяющих взаимодействие термодинамических сил и движение потоков, а также кинетических уравнений статистического ансамбля дает возможность, давать оценку макроскопических, наблюдаемых при мониторинге величин, включая флуктуации макропараметров, характеризующих монтажное соединение РЭС. Рассматриваемые задачи теории флуктуаций дают возможность обосновать связи между процессами формирования соединения, качеством соединения и наблюдаемой при поверхности и в результате определить критерии принятия решений при мониторинге процессов сборки и монтажа РЭС.

**Список литературы:** 1. Киреев, В.А. Краткий курс физической химии [Текст] / В.А. Киреев. – М.: Изд-во «Химия», 1970. – 640 с. 2. Семиохин, И.А., Страхов, Б.В., Осипов, А.И. Кинетика

УДК 621.746.3:65.015.13

**С.В. СОТНИК**, канд. техн. наук, ас., ХНУРЭ, Харьков  
**Е.В. ИЕВЛЕВ**, маг, ХНУРЭ, Харьков

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

У даній роботі розглядається процес формування якості при виготовленні пластмасових виробів, розроблений граф перетворення показників якості в технологічних процесах, представлені розрахункові співвідношення сумарної погрішності показника якості і коефіцієнта перетворення.

**Ключові слова:** технологічне оснащення, виливні форми, показник якості, пластмасові вироби, виливання

В данной работе рассматривается процесс формирования качества при изготовлении пластмассовых изделий, разработан граф преобразования показателей качества в технологических процессах, представлены расчетные соотношения суммарной погрешности показателя качества и коэффициента преобразования.

**Ключевые слова:** технологическая оснастка, литьевые формы, показатель качества, пластмассовые изделия, литье

In this work the forming process of quality is examined at making of plastic wares, the count of quality indexes transformation is developed in technological processes, calculation correlations total error of quality index and coefficient of transformation are presented.

**Keywords:** technological rigging, castable forms, quality index, plastic wares, casting

### Введение

Литье пластмасс под давлением – это процесс переработки пластмассы из первоначального твердого состояния (гранул) в жидкое состояние, для дальнейшего впрыска пластмассы в пресс-форму (рис. 1). Литье под давлением позволяет производить разнообразные пластмассовые изделия. Литье пластмасс – это возможность изготовить качественные изделия промышленного назначения, товары народного потребления [1 – 3].

Масса изготавливаемых литьем изделий может быть любой: от нескольких граммов до нескольких килограммов. Литье пластмасс может происходить при разном давлении – это зависит от вязкости расплава материала и конструкции литьевой формы.

Формование изделия методом литья под давлением осуществляется в несколько стадий: 1 – Нагревание полимера в цилиндре; 2 – Смыкание ЛФ с



Рис. 1. Стадии формирования изделий методом литья под давлением



усилием запираания; 3 – Подача расплава полимера в ЛФ; 4 – Охлаждение изделия (фиксация конфигурации изделия); 5 – Раскрытие ЛФ и извлечение изделия (рис. 1) [4, 5]. Современная технологическая оснастка (рис. 2) повышает производительность и улучшает качество продукции.



Рис. 2 Стандартная пресс-форма

В настоящее время проблемам улучшения качества изделий посвящено значительное число работ. Общий концептуальный подход изложен в работе Г.К. Горанского. Авторы, получившие в своих работах фундаментальные результаты в области автоматизации технологической подготовки производства литья под давлением: А.П. Гавриш, Н.М. Капустин, С.П. Митрофанов, А.И. Половинкин, В.Д. Цветков, Б.Е. Челищев, Брэдж Голдинг (Brage Golding). Среди современных ученых, занимающихся решением вопросов, которые возникают в процессе проектирования и конструирования литьевых форм, к которым также относятся и проблемы улучшения качества изделий, являются Пантелеев А.П., Пантелеев А.А, Завистовски Х., Люптон Ф.Л. (Lupton F.J.), Мэллой Р.А (Mellroy R.A.), Гордон М.Дж.

Целью работы является формирование показателя качества при изготовлении пластмассовых изделий на основе исследований, раскрывающих суть процессов формообразования пластмассовых изделий методом литья под давлением.

Качественные пресс-формы и максимально отлаженная техника позволяет производить высококачественную продукцию в разных объемах и в приемлемые сроки, поэтому, решение вопросов повышения качества, является актуальным.

#### **Формирование показателя качества**

Под качеством изделий понимаются свойства, определяющие хранение, сборку и эксплуатацию изделия.

Геометрическая форма, качество поверхности и размеры отлитых в форме изделий должны соответствовать заданным на чертеже. Необходимо, чтобы в отлитом изделии были оптимально сохранены физико-механические свойства исходного материала с минимальными остаточными напряжениями, а дефекты при литье соответствовали техническим условиям поставки литьевых изделий и требованиям к конструкции изделия.

Существует целый ряд этапов, которые необходимо выполнить в ходе формирования показателя качества, предлагается выделить наиболее значимые:

- определение задач (оценка стоимости изделий, многофункциональность изделий, возможности производства и по необходимости компоновка и декорирование) и принципов организации системы контроля качества;
- определение требований к качеству производителей и потребителей;
- разработка ограничений контроля качества;
- определение качества продукции;
- организация тотального контроля качества;
- разработка карты контроля качества;

– критические оценки качества.

В ходе процесса формирования показателя качества необходимо учесть, такие существенные факторы как:

- расположение и число впускных каналов;
- характер заполнения полости;
- качество формообразующей поверхности литейной формы;
- надежность конструкции системы центрирования и т.д.

Анализ эксплуатации литейных форм показал, что качество литейных изделий, после того как установлен их материал и конструкция, в основном определяется конструкцией формы и ее элементов.

Для того чтобы выяснить, как формируется показатель качества (ПК) готового изделия на стадиях отдельных технологических операций, начиная от начальных и кончая результирующими, технологический процесс целесообразно представить в виде сменяющих друг друга технологических состояний (ТС).

Каждую технологическую операцию предлагается представить в виде ориентированного графа (рис. 3, а, б, в).

Пусть вершины этого графа  $G-1$  и  $G$  – смежные.

Ребро графа, будет ориентированное на последующее ТС, символизирует собой технологическую операцию или переход, в которых осуществляется преобразование ПК из ТС  $G-1$  в ТС  $G$ .

В каждом ТС  $G$  и для каждого ПК суммарную погрешность  $P_{\Sigma G}$  можно разделить на три части и представить в виде  $G-1$  [1, 2].

$$P_{\Sigma G} = P_S + P_N + P_C, \quad (1)$$

где  $P_S$  – собственная погрешность;

$P_N$  – несобственная погрешность;

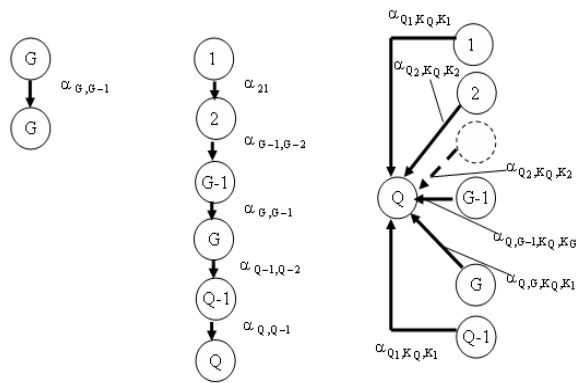
$P_C$  – погрешность контроля.

На рис. 3, а и рис. 3, б представлено параллельное преобразование ПК, а на рис. 3, в представлено последовательное преобразование ПК.

Собственная погрешность и погрешность контроля обусловлены только данной

технологической операцией, завершаемой ТС  $G$ , а несобственная погрешность  $P_N$  обусловлена исключительно ПК предшествующего ТС

Предположим, что преобразование ПК (и его погрешностей) из ТС  $G-1$  в ТС  $G$  происходит с коэффициентом преобразования  $\alpha_{G,G-1}$ , равным



а) однооперационный процесс с одним ПК; б) многооперационный процесс с одним ПК; в) многооперационный процесс с одним ПК с последовательным преобразованием

$$\alpha_{G,G-1} = P_N / P_{\Sigma G-1}, \quad (2)$$

где  $P_{\Sigma G-1}$  – суммарная погрешность ПК в G-1-м ТС;

$P_N$  – несобственная погрешность ПК в G-м ТС.

Следовательно, контроль качества должен происходить на всех этапах технологической цепочки проектирования и изготовления пресс-форм.

### **Выводы**

Таким образом, представление особенностей процесса формирования качества изделий в виде отдельных, сменяющих друг друга ТС позволяет проанализировать, выявить и реализовать технологические возможности того или иного процесса изготовления пластмассового изделия, а также установить, как проявляется при изготовлении изделий технологическая наследственность (перенос свойств изготавливаемого изделия от предшествующей операции к последующим, которое в дальнейшем сказывается на показателе качества при эксплуатации изделия).

**Список литературы:** 1. *Beaumont J.P.* Tools for successful injection molding [Текст] / J.P. Beaumont – Hanser, – 2004. – 286 р. 2. *Менгес Г.* Как сделать литьевую форму [Текст] / Г. Менгес – СПб: Профессия, – 2006. – 632 с. 3. *Гольдберг И.Е.* Пути оптимизации литьевой оснастки: Ее величество литьевая форма [Текст] / И.Е. Гольдберг – «Научные основы и технологии», – 2009. – 288 с. 4. *Пантелеев А.П., Пантелеев А.А., Хоменко А.Ю.* Избранные литьевые формы / Под ред. А.П. Пантелеева. – «Научные основы и технологии», 2010. – 400 с. 5. *Невлюдов И.Ш.* Технологическое обеспечение точности размеров при формообразовании пластмассовых изделий [Текст] / И.Ш. Невлюдов, С.В. Сотник // Электронная компонентная база. Состояние и перспективы развития: 2-я Ме-ждународная научная конф., 30 сент. – 3 окт. 2009 г.: тез. докл. – Харьков-Кацивели, 2009. – С. 183–186.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 621.391.1**

**С.В. ХОМИЧ**, асп., ОНАС им. А.С. Попова, Одесса

## **КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ДЕКОДИРОВАНИЯ ТАЙМЕРНЫХ СИГНАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В работе проведёно исследование корреляционного метода декодирования сигнальных конструкций с энергетическим расстоянием меньшим длительности элемента Найквиста. Определена величина воздействия коррелированной помехи на таймерные сигнальные конструкции. Получены новые аналитические выражения расчета коэффициентов для синтеза избыточных кодовых слов таймерных сигнальных конструкций через величину коэффициента корреляции

У роботі проведено дослідження кореляційного метод удекодування сигнальних конструкцій з енергетичною віддалю меншою тривалості елемента Найквіста. Визначена величина впливу корельованих завад на таймерні сигнальні конструкції. Отримано нові аналітичні вирази розрахунку коефіцієнтів для синтезу надлишкових кодових слів таймерних сигнальних конструкцій через величину коефіцієнта кореляції

In the article represented the correlation method of decoding the signal structures with a distance less than Nyquist element. The values of the impact of correlated noise on the signal timer design.

Obtained new analytical expressions for calculating the coefficients of the synthesis of excess code words timer signal designs in terms of the correlation coefficient

В настоящее время по всему миру инфокоммуникационными услугами, предоставляемыми в сетях связи нового поколения, пользуются более 450 млн. абонентов в более чем в 110 странах.

Движущей силой дальнейшего развития мировой телекоммуникационной индустрии становится представление широкого спектра новых инфокоммуникационных услуг и их персонализация. Новые услуги и бизнес-модели получают все большее распространение, безлимитные тарифные планы становятся привлекательными для разных категорий абонентов[1].

Только своевременное внедрение перспективных сетей связи в телекоммуникационные сети и модернизация существующих, позволит обеспечить абонентам высокоскоростную передачу данных и мультимедиа, независимо от местоположения абонентов и скорости их передвижения.

Важной проблемой остается задача повышения скорости передачи данных по каналам связи с ограниченной полосой частот, поскольку длительность единичного элемента связана с шириной полосы пропускания канала[2].

Для повышения скорости передачи, применяют многопозиционные сигналы, т.к. уменьшение длительности единичного элемента влечёт за собой увеличение значений межсимвольных искажений [1]. В случае, когда основание алфавита канала равно  $a$ , на интервале сигнала  $T_c = mt_0$  можно получить  $N_p = a^m$  реализаций, где  $m$  – число единичных элементов  $t_0$  [1].

Использование таймерных сигнальных конструкций (ТСК) позволяет увеличить число реализаций на заданном интервале для каналов с  $a = 2$ , за счет уменьшения энергетического расстояния между кодовыми конструкциями [1].

ТСК можно охарактеризовать рядом параметров:

1. Заданым числом значащих моментов модуляции (ЗММ)  $i$  в кодовом слове синтезированном на интервале .

2. Число  $i$  соответствует максимальному числу реализаций сигнальных конструкций на заданном интервале

3. Расстояние между соседними ЗММ ( $\tau_c$ ) не менее интервала найквистового элемента и может изменяться дискретно через интервал

$$\Delta(\Delta = \frac{t_0}{S}; S = 2 \div z, z - \text{цело число}), \tau_c \geq t_0 + i\Delta \quad (i \in 0 \div m)$$

Пример кодового слова ТСК приведен на рис. 1.

0000000	0011111	1111110	0000000	0000000	0000000	0000000	0111111	1111111
1 $t_0$	2 $t_0$	3 $t_0$	4 $t_0$	5 $t_0$	6 $t_0$	7 $t_0$	8 $t_0$	9 $t_0$

Рис.1 Пример кодового слова ТСК с  $i = 4, s = 7, m = 9$

Работы учённых Захарченко В.Н., Мартыновой Е.Н., Дельгадо Э.В., и др., посвящёны исследованию ТСК. В них предложены методы повышения скорости передачи информации по нестационарным каналам связи, компенсация

избыточности блоковых и синтез корректирующих кодов на базе ТСК, где в качестве метода декодирования используется уравнение качества [2].

Однако, уравнение качества не учитывает воздействие коррелированных помех на кодовое слово и не позволяет исправлять искажения кодовых конструкций, связанных с изменением ЗММ.

Целью работы является исследование корреляционного метода декодирования ТСК.

Представление кодовых слов в виде векторов  $m$ -мерного пространства предполагает использование кодового расстояния  $d$ , соответствующего максимуму правдоподобия. При анализе кодов с  $a \geq 2$ , целесообразно использовать корреляционный критерий и оперировать коэффициентом корреляции между кодовыми словами, вместо кодового расстояния. Коэффициент корреляции между двумя кодовыми словами определяем по формуле [2]:

$$\rho_{jz} = \sum_{v=1}^m a_{vj} b_{vz}, \quad (1)$$

где  $a_j$  и  $b_z$  - элементы кодовых слов, а произведение элементов

$$a_{vj} b_{vz} = \begin{cases} +1, & a_{vj} = b_{vz} \\ -1, & a_{vj} \neq b_{vz} \end{cases}. \quad (2)$$

На приеме фиксируется кодовое слово, у которого  $\rho_{jj} > \rho_{jz}$  для  $j \neq z$ , если принятое кодовое слово отличается от кодовых слов алфавита в различных разрядах, величина  $\Delta\rho$  - характеризует расстояние между кодовыми словами и принимает чётные значения:

$$\Delta\rho = \rho_{jj} - \rho_{jz}. \quad (3)$$

Кодовые слова, у которых значение  $\rho_{jz}$  наиболее близко к  $\rho_{jj}$ , будем называть ближайшими и обозначать  $\rho_{j\bar{o}}$ . Способность кода исправлять и обнаруживать ошибки характеризуется значением [2]:

$$\Delta\rho_{\min} = \rho_{jj} - \rho_{j\bar{o}}. \quad (4)$$

Для исправления одиночной ошибки необходимо, чтобы  $\rho_{jj} - 2 > \rho_{j\bar{o}} + 2$ , отсюда согласно формуле (4)  $\Delta\rho_{\min} = 6$ . Для коррекции  $r$  ошибок необходимо [2]:

$$\Delta\rho_{\min} = 4r + 2. \quad (5)$$

В общем случае для исправления  $r$  ошибок и обнаружения  $g = r + w$  необходимо чтобы:

$$\Delta\rho_{\min} = 2(2r + w + 1). \quad (6)$$





углом  $\gamma_0 = \frac{\gamma}{2}$ , где допустимое среднее квадратичное значение шумов  $\sigma_{ш} = \sigma_c \operatorname{tg} \gamma_0$ ,  $\sigma_c$  - среднее квадратичное значение сигнала.

Пусть в канале связи одновременно действуют флуктуационные шумы и коррелированная с сигналом помеха  $\sigma_{п.к} = \zeta_0 \sigma_c$  при  $\rho = \cos \beta$  (рис. 4). Вектор  $\sigma_{п.к}$  можно разложить на синфазную  $\sigma_{п1}$  и квадратурную  $\sigma_{п2}$  составляющие. На входе приемного устройства будет колебание  $\sigma_p = \sigma_{с.р} + \sigma_{ш.р}$ , где  $\sigma_{ш.р} = \sigma_{п2} + \sigma_{ш}$ ,  $\sigma_{с.р} = \sigma_{п1} + \sigma_c$ . Тогда:

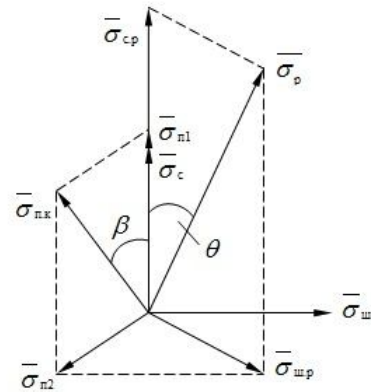


Рис. 4 Векторная диаграмма воздействия коррелированных помех на сигнал

$$\sigma_{с.р} = \sigma_c (1 + \zeta_0 \rho_{п}); \quad \sigma_{ш.р} = \sigma_c \sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma_0 + \zeta_0^2 (1 - \rho_{п}^2)} \quad (10)$$

Угол между векторами  $\sigma_p$  и  $\sigma_{с.р}$  определяется выражением [2]

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{с.р}}{\sqrt{\sigma_{с.р}^2 + \sigma_{ш.р}^2}} = \frac{1 + \zeta_0 \rho_{п}}{\sqrt{1 + \zeta_0 (2\rho_{п} + \zeta_0) + \operatorname{tg}^2 \gamma_0}} \quad (11)$$

Угол между векторами  $n$ -значных кодовых слов, необходимый для обеспечения исправления искажений

$$\varepsilon_0 = 2 \arccos \theta_0 \quad (12)$$

где

$$\cos \theta_0 = \frac{1 + \zeta_0 \rho_{п}}{\sqrt{1 + \zeta_0 (2\rho_{п} + \zeta_0) + \frac{n - \rho_{j\delta}}{n + \rho_{j\delta}}}} \quad (13)$$

В результате влияния коррелированной помехи на принятую комбинацию дает новое значение коэффициента  $\rho_{j\delta} = n \cos \varepsilon_0$ , откуда

$$\Delta \rho_{\min} = \lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil \quad (14)$$

Анализ выражения (14) и формул (2.37)-(2.40) [2] позволяет синтезировать новые значения коэффициентов  $A_i$  для ввода избыточности в ТСК :

$$\left. \begin{aligned} A_i &= 1; \\ A_{i-1} &= \lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil - 1; \\ A_{i-k} &= E^{-\left(\frac{\lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil - 1}{2}\right)} A_{i-k+1} + E^{-\left(\frac{\lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil}{2}\right)}, \quad k = 1, 2, \dots, i-1; \\ A_0 &= E^{-\left(\frac{\lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil + 1}{2}\right)} A_1 + E^{-\left(\frac{\lceil n(1 - \cos \varepsilon_0) \rceil}{2}\right)}, \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Необходимо отметить, что приём ТСК корреляционным методом сводится к поиску величины  $\rho_{jj} > \rho_{jz}$ , при котором нет необходимости объединять информационные отрезки при изменении ЗММ в результате воздействия помехи на сигнал[5].

Таким образом, в результате проведённых исследований установлено, что для минимизации воздействия коррелированных помех при передаче на ТСК, способность кода исправлять и обнаруживать ошибки  $\Delta\rho_{\min}$  может быть определена как (14). Получены новые значения коэффициентов  $A_i$  для синтеза избыточных кодовых слов для ТСК через величину коэффициента корреляции, что позволяет реализовать упрощённый метод динамического формирования кодовой таблицы ТСК.

**Список літератури:** 1. Захарченко М.В. Системи передавання даних. – Т.1: Завадостійке кодування: підручник. / М.В. Захарченко — Одеса «Фенікс», 2009. – 448 стр. 2. В.С. Гуров, Передача дискретной информации и телеграфия / В.С. Гуров, Г.А. Емельянов, Н.Н. Етрухин, В.Г. Осипов – М.: Связь, 1974. – 526 с. 3. Дельгадо Э.В., Захарченко В. Н., Жуков С.Ю. Устройство программного преобразования первичного кода // Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации: Сб. науч. тр. ОЭИС им. А.С. Попова. – Одесса, 1983. – Вып. 21. – С. 64 – 65. 4. Мартынова Е.Н. О целесообразности исправления части ошибок в системах с РОС при использовании избыточных таймерных сигнальных конструкций / Н.В. Захарченко, М.А. Мамедов, В.В. Корчинский, Е.Н. Мартынова // Наукові праці Донецького національного техн. універ. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – Вип. 12(118). – С. 36–42. 5. Хомич С.В., Осадчук К.О., Белова Ю.В. Характер спотворень сигналів ТСК в стаціонарних і нестационарних каналах зв'язку // «Вісник»: Радіоелектроніка та телекомунікації. – Львів, 2009.– № 645.– С. 103-108.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 656:681.518.5**

**А.Н. ГОРЯИНОВ**, канд. техн. наук, доц., ХНАГХ, Харьков

## **ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ОБЪЕКТ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

Визначені межі транспортної технології. Виділені основні групи факторів моделі транспортної технології.

**Ключові слова:** транспортна технологія, перевізний процес, транспорт

Определены границы транспортной технологии. Выделены основные группы факторов модели транспортной технологии.

**Ключевые слова:** транспортная технология, перевозочный процесс, транспорт

Borders of transport technology are defined. The basic groups of factors of transport technology model are allocated.

**Keywords:** transport technology, transportation process, transport

### **1.Введение**

Реализация диагностического подхода на транспорте возможна при целостном описании объектов диагностирования. В технологическом аспекте в



сфере транспорта можно выделять различные объекты транспорта (например, подвижные объекты, объекты транспортной инфраструктуры [1]), а также непосредственно транспортные технологии (например, [2]). Несмотря на кажущуюся очевидность исследования транспортных технологий как объектов диагностирования, на сегодняшний день этот вопрос остается недостаточно изученным. Поэтому актуальным является проведение научных исследований в этом направлении.

## **2. Анализ публикаций**

Современное рассмотрение транспортных технологий реализуется с учетом развития логистики. В ряде случаев транспортные технологии ассоциируются с логистическими технологиями или являются их составной частью (например, [3-5]). Однако данные подходы нельзя назвать окончательно апробированными. Это подтверждается и тем фактом, что само понятие «логистическая технология» является неустоявшимся в среде научных и методических источников.

Рассматривая работы, которые посвящены непосредственно вопросам описания и изучения транспортного процесса (например, [6, 7]), можно заключить, что существует определенный вакуум в вопросе формирования классификаций транспортных технологий. Не представлены четкие границы отдельных транспортных технологий. Все это также затрудняет распространение диагностического подхода на транспорте.

## **3. Цель и постановка задачи**

В данной работе целью является выделение границ транспортных технологий для реализации методов транспортной диагностики.

## **4. Результаты исследования**

В литературных источниках сложно найти определение термина «транспортные технологии». Одним из немногих является определение, которое представлено в [8, с.154]: «Совокупность средств производства продукта транспорта и способов их использования, а также научное описание процедур создания качественного продукта с учетом условий перевозок, свойств носителей ресурсов, предпочтений субъектов и существующих регламентаций транспортного процесса». Вызывает сомнение факт включения в определение транспортных технологий средств производства, а также непонятным является место и роль транспортного процесса. В другом источнике упоминаются отдельные технологические процессы [3, с.218]: «Все технологические процессы транспортной технологии...». К числу таких процессов авторы относят: заказ на перевозку, подготовка транспортного средства, подача транспортного средства и другое. Здесь особо отметим, что авторы [3, с.218] под технологическими процессами транспортной технологии подразумевают технологические процессы перевозок, хотя в явном виде это не выделено.

Исследуя подробно вопросы транспортных процессов и их соотнесение с транспортными технологиями, можно прийти к выводу, что существует определенная двойственность в указанных понятиях. В большей степени это касается именно понятия транспортный процесс. Так, согласно [3, с.218]: «Транспортный процесс можно рассматривать в двух проекциях: с позиции исследования процедур с подвижным составом (транспортными средствами) и

процедур, которые включают элементы грузовых и соответствующих им информационных операций, а также технологических процессов»; согласно [7, с.67]: «Циклический транспортный процесс можно рассматривать двояко – с точки зрения операций с подвижным составом (транспортными средствами) и операций с предметами перевозок (грузами)». При этом в работе [7, с.68] операции с подвижным составом относятся к «перевозочному процессу» и рассматриваются в рамках «цикла перевозок». В этой части можно согласиться с автором. Однако другой довод является спорным, особенно при комплексном рассмотрении с определением «транспортный процесс», которое приведено в [9, с.8]. Рассмотрим это наглядно в табл. 1.

Таблица 1. Подходы к рассмотрению транспортного процесса

Согласно [7, с.68]	Согласно [9, с.8]
«Перевозочный процесс, включающий операции с подвижным составом, следует рассматривать как составную часть транспортного процесса»	«Транспортный процесс – это перемещение товара (груза) от места его производства к месту потребления, а для пассажирского транспорта – перемещение людей между какими-либо пунктами». «Транспортный процесс, как всякий производственный процесс, состоит из отдельных последовательно выполняющихся частей (элементов): погрузки грузов в подвижной состав (посадки пассажиров) в пунктах отправления; перемещения грузов и пассажиров между пунктами отправления и назначения; выгрузки грузов из подвижного состава (высадки пассажиров)»

Если рассматривать определение «транспортного процесса» и состав перевозочного процесса (согласно [7, с.68] – это подача транспортного средства, простой при погрузке и др.), то можно говорить о различных целях этих процессов, а точнее – о различных целях участников процессов. Рассмотрим реализацию

перемещения груза (людей) в условиях, когда перемещение осуществляется сторонней организацией (на условиях аутсорсинга) – рис. 1.



Рис. 1 Схема стыковки транспортных и перевозочных процессов (предлагается)

Согласно приведенной схеме (рис. 1)

перевозочный процесс соподчинен транспортному процессу, но не является его составляющей. Другими словами перевозочный процесс переплетается по отдельным операциям с транспортным процессом, при этом имеет отдельные операции, которые слабозависимы от операций транспортного процесса (например, подача транспортного средства). Из всего вышеуказанного можно сделать вывод, что транспортный процесс и перевозочный процесс относятся к

различным системам. Транспортный процесс можно отнести к системам перемещения, а перевозочный процесс к перевозочной системе. Под системами перемещения можно подразумевать производственные системы, распределительные системы и др. В качестве основного отличия таких систем можно выделить следующее: основным объектом управления в системах перемещения являются товары (грузы), а в перевозочных системах – транспортные средства.

Подтверждением целесообразности отделения транспортного процесса от перевозочного можно считать существование в литературе такого класса систем, как перевозочная система. Согласно [10, с.46]: «Перевозочная система в ее первичном звене может рассматриваться как группа механизмов (автомобилей, погрузчиков т.п.), обслуживаемых операторами (водители, экскаваторщики, крановщики и т.д.)». В данной работе авторами дается противоположное понимание сути процесса перевозки и транспортного процесса в равнении с работами [7, 9]. Приведем ряд определений – табл. 2.

Таблица 2. Определения процессов на транспорте (согласно [10, с.185-186])

Процесс перевозки	Процесс перемещения	Транспортный процесс
Совокупность операций от момента подготовки груза к отправлению до момента получения груза грузополучателем, связанных с перемещением груза в пространстве без изменения геометрических форм, размеров и физико-химических свойств груза	Совокупность погрузочных операций в пункте погрузки, перегрузочных операций в пунктах передачи груза с одного вида транспорта на другой, промежуточного хранения груза, транспортирования и разгрузочных операций в пункте разгрузки	Совокупность операций погрузки в погрузочном и перегрузочном пунктах, транспортирования, разгрузочных операций в пунктах передачи груза с одного вида транспорта на другой и пункте разгрузки и подачи подвижного состава под погрузку

Согласно приведенных данных процесс перевозки в [10, с.185] соответствует процессу доставки в [7, с.68], а транспортный процесс в [10, с.186] соответствует перевозочному процессу в [7, с.68]. Если не учитывать промежуточное хранение, то процесс перемещения в [10, с.185] соответствует транспортному процессу в [9, с.8]. В работе [9, с.8] автор включает перевозочный процесс в транспортный процесс, а судя по материалам в работе [10, с.184-186], транспортный процесс включается в процесс перевозки. Такие несоответствия наблюдаются и в других источниках. Например, в [11, с.10] «автотранспортный процесс также включает в себя все подготовительные и заключительные операции: подготовку грузов, их погрузку и выгрузку, приемку грузов, подачу транспортных средств и др.». Причиной такой ситуации можно считать стремление авторов к интеграции производственных процессов транспортных и нетранспортных предприятий (участников перемещения грузов или людей).

Напрашивается вывод о необходимости упорядочения существующих терминов, так как существующее положение дел затрудняет рассмотрение

транспортных технологий как объектов диагностирования.

Принимая во внимание, что производственный процесс любого предприятия состоит из основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, предлагается следующая схема закрепления понятий, связанных с перемещением грузов (людей) – рис. 2.

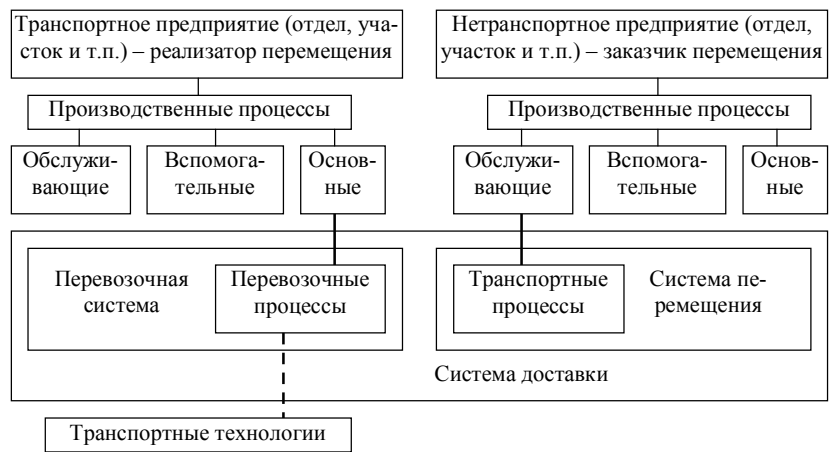


Рис. 2. Схема соотношения понятий о процессах и системах при перемещении грузов (людей) (предлагается)

В соответствии с приведенной схемой, транспортный процесс – это один из обслуживающих процессов, который выполняется с грузом (товаром) или людьми (выполняется транспортом). Перевозочный процесс – это основной процесс, который выполняется участником транспортной системы, который направлен на перемещение предметов перевозки (груза или людей). В рамках перевозочной системы следует рассматривать транспортные средства и обслуживающих операторов (водители, экспедиторы и др.). Следовательно, составляющими транспортных технологий являются перевозочные процессы, которые касаются транспортных средств и обслуживающих операторов.

На начальном этапе предлагается не включать погрузочно-разгрузочные работы в состав перевозочных процессов. Здесь не следует путать с погрузочно-разгрузочными процессами. Другими словами время простоя под погрузкой входит в состав перевозочного времени, но работы по погрузке не относятся к работам, которые выполняются перевозчиком. Хотя при рассмотрении ряда транспортных технологий такое возможно (например, при использовании автомобиля-самопозвучика).

Опираясь на определение термина «технология процесса перевозки груза» (работы - [10, с.177; 12, с.125]), предлагается следующее определение транспортной технологии – способ реализации людьми перевозочного процесса путем разделения его на систему последовательных взаимосвязанных этапов и операций. В отличие от существующего подхода к рассмотрению перевозочного процесса только как элементов, связанных с транспортным средством, предлагается включать элементы времени, которые связаны с операторами (водители, экспедиторы и др.). Например, время обеда водителя, краткосрочный отдых и др. Предпосылкой к этому может служить, прежде всего, практика учета работы водителей при международных перевозках.

Для построения модели транспортной технологии как модели объекта диагностирования необходимо выделить группы факторов, которые оказывают влияние на объект. Предлагается выделить следующие группы факторов:

$$OD^{TT} = f^{TT}(TS^{TT}, OP^{TT}, OB^{TT}, S^{TT}, TR^{TT}), \quad (1)$$

где  $OD^{TT}$  - объект диагностирования (транспортная технология);  $f^{TT}$  - функция транспортной технологии;  $TS^{TT}, OP^{TT}, OB^{TT}, S^{TT}, TR^{TT}$  - группы факторов соответственно транспортных средств, обслуживающих операторов (водители, экспедиторы и т.п.), обслуживающих процессов перевозчика (диспетчерское управление, техническое обслуживание и т.п.), внешних условий (дорожные условия, погодные условия и т.п.), требований заказчика на перемещение груза (людей) (время обслуживания, надежность обслуживания и др.).

## 5. Выводы

1. В современной литературе вопросам классификации и структурирования транспортных технологий уделяется недостаточно внимания. Существуют определенные противоречия по соотнесению отдельных процессов на транспорте при описании работы транспорта. 2. Впервые предложено разделять перевозочные процессы и транспортные процессы, как процессы, которые относятся к системам с различными целевыми установками, а также с различной иерархической подчиненностью в рамках производственных процессов. 3. Получило дальнейшее развитие описание система доставки, как система, включающая в себя перевозочную систему и систему перемещения. 4. Впервые предложено включать в состав транспортных технологий элементы времени, которые относятся к обслуживающим операторам в рамках перевозочной системы (водители, экспедиторы и др.). 5. Впервые выделены группы факторов модели транспортной технологии как объекта диагностирования.

**Список литературы:** 1. *Горяинов, А.Н.* Проблемы определения объектов диагностирования на транспорте [Текст] / А.Н. Горяинов // Вісник НТУ «ХПІ». Зб.наук.пр. Тем.вип.: Нові рішення в сучасних технологях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. - №57. – С.251-258. 2. *Горяинов, А.Н.* Классификация систем транспорта с учетом диагностического подхода [Текст] / А.Н. Горяинов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - Харьков: Технологический центр, 2011. - Вып.1/3 (49). – С.4-10. 3. *Транспортні технології в системах логістики* [Текст]: підручник / М.Ф. Дмитриченко, П.Р. Левковець, А.М. Ткаченко та ін. – Київ: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. – 676 с. 4. *Вінніков, В. В.* Формування морського транспортного потенціалу в системі інтеграційних процесів [Текст]: монографія / В. В. Вінніков. — Одеса: Фенікс, 2004. — 222 с. 5. *Лукинский, В. С.* Транспортировка в логистике [Текст]: учеб. пособие / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, И. А. Пластунок, Н. Г. Плетнева. - СПб.: СПбГИЭУ, 2005. - 139 с. 6. *Троицкая Н.А.* Транспортно-технологические схемы перевозок отдельных видов грузов [Текст]: учеб. пособие / Н.А. Троицкая, М.В. Шилимов. — М.: КНОРУС, 2010. - 232с. 7. *Воркут А. И.* Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А. И. Воркут. — 2-е изд., перераб. и доп.— К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986.— 447 с. 8. *Хабутдінов Р.А.* Концептуальна характеристика транспортної системи та її інтегративної властивості [Текст] / Р.А. Хабутдінов // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Наук.журн. Гол.ред. Дмитриченко М.Ф. Вип.3. – К.: НТУ, 2006. – С.153-157. 9. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок [Текст]: учеб.пособие / Л.А. Александров, А.И.Мальшев, А.П.Кожин и др. ; под ред. Л.А.Александрова. – 2-е изд.перераб и доп. – М.: Высш.шк., 1986. – 336 с. 10. Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: учебник / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 560с. 11. *Николин В.И.* Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. – Омск: Изд-во «Вариант-Сибирь», 2004. – 480с. 12. *Смирнов І.Г.* Транспортна логістика [Текст]: навч.пос. / І.Г. Смирнов, Т.В. Косарева. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 224с.

*Поступила в редколлегию 21.11.2011*

УДК 662.769.2 : 656.073

*Н.В. ВНУКОВА*, канд. геогр. наук, доц., ХНАДУ, Харьков

## **ПРОБЛЕМА МОБІЛЬНОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДНЮ**

В статті розглядаються питання застосування водню в енергетичних цілях, як палива. Проблеми та методи його збереження в зв'язаному стані і транспортуванні. Надано характеристику п'яти видів паливних елементів.

**Ключові слова:** водень, паливний елемент, зв'язаний стан.

В статье рассматриваются вопросы использования водорода в энергетических целях, как топлива. Проблемы и методы его сохранения в связанном состоянии и при транспортировке. Дана характеристика пяти видов топливных элементов.

**Ключевые слова:** водород, топливный элемент, связанное состояние.

In the article the questions of the use of hydrogen are examined in power aims, as a fuel. Problems and methods of its preservation in the bound state and during transportation. Characteristics of five types of fuel cells.

**Keywords:** hydrogen, fuel element, a bound state .

### **1. Вступ**

Напрямок сучасних розробок щодо застосування водню в енергетичних цілях, що найбільш динамічно розвивається, є електрохімічні генератори енергії – паливні елементи (ПЕ). У ПЕ здійснюється подача палива й окислювача на розділені електролітом електроди, в результаті чого електрохімічно реалізується процес окислення, з виробленням електроенергії.

Водневий паливний елемент (електрохімічний генератор) – пристрій, який перетворює хімічну енергію палива, в даному випадку водню, в електричну. В процесі електрохімічної реакції прямо, на відміну від традиційних технологій, при яких використовується спалювання твердого, рідкого і газоподібного палива. Пряме електрохімічне перетворення палива дуже ефективно і привабливо з погляду екології, оскільки в процесі роботи виділяється мінімальна кількість забруднюючих речовин, а також відсутні сильні шуми і вібрації.

### **2. Постановка завдання**

Проблеми охорони навколишнього середовища, зростання попиту на енергію та збільшення ціни на паливо змушують світові спільноту звернути увагу на пошук нових енергетичних та паливних технологій. Використання водню як паливного елементу може стати одним з способів вирішення цього питання.

### **3. Аналіз останніх досліджень**

Останніми роками багато уваги приділяється розробці і використанню в автомобільному транспорті водню як палива для двигунів. Зазначена проблематика відображена в роботах таких вчених та спеціалістів як: Кавтарадзе

Д.М., Каніло П.М., Лаврик А.М., Абрамчук Ф.І., Куценко А.С., Лушпа А.І., Тарасов Б.П. та ін.

#### **4. Формування цілей та викладення основного матеріалу**

У найпростішому паливному елементі, де використовуються чистий водень і чистий кисень, на аноді під дією каталізатора відбувається розкладання водню і його іонізація. З молекули водню утворюються два іони водню і два електрони. На катоді водень з'єднується з киснем і виникає вода.

На відміну від гальванічних елементів реагенти в паливних елементах не сполучені з електродами, а зберігаються окремо і підводяться до них по мірі протікання хімічних реакцій. Самі електроди в реакцію не вступають, але є каталізаторами цих реакцій. Їх функція – відбір електронів від відновлювача і передача їх окислювачеві. У паливних елементах протікає реакція окислення палива, у підсумку утворюється електроенергія, продукти окислення палива і теплота.

При використанні чистого водню як паливо продуктами реакції крім електричної енергії є тепло і вода (або водяна пара), тобто в атмосферу не викидаються гази, що викликають забруднення повітряного середовища або викликають парниковий ефект.

В залежності від виду електроліту, який використовується в паливному елементі, їх можна умовно розділити на п'ять груп:

– Лужні ПЕ (в англійській літературі застосовується абревіатура AFC), використовується 35 – 50 % водний розчин лугу як електроліт і експлуатується при температурі до 100-120 °С (ПЕ на концентрованих, до 85 %, розчинах лугу використовується при температурах до 250 °С). ПЕ даного типу є найбільш відпрацьованими, зокрема, вони широко застосовуються в автономних енергосистемах, таких як системи в космонавтиці і військово-морському флоті. Їх основним недоліком є неприпустимість наявності CO<sub>2</sub> як у паливі, так і в окислювачі.

– ПЕ з електролітом на основі полімерної іонообмінної мембрани з протонною провідністю (PEMFC). Мембрана являє собою тонку плівку на основі фторованих кислотних полімерів з нанесеним по обидві сторони електрокаталізатором (метали платинової групи). Мембрана розташовується між газопроникними електродами, аналогічно виконанню електролізерів із твердим полімерним електролітом. Робоча температура ПЕ даних типів складає 60-80 °С. Хоча використання таких ПЕ допускає наявність CO<sub>2</sub> у паливі або окислювачі (це, зокрема, обумовлює можливість їх тривалої роботи з використанням в якості окислювача атмосферного повітря), присутність інших домішок (оксид вуглецю, сполуки сірки) є небажаним. Крім цього, паливо або окислювач які подаються повинні бути зволожені, оскільки висихання мембрани призводить до її виходу з ладу.

– ПЕ з фосфорнокислим електролітом (PAFC). В якості електроліту використовують концентровану (100 %) фосфорну кислоту, якою просочена несуча матриця на основі карбиду кремнію. Ці паливні елементи працюють в діапазоні температур від 150 до 220 °С. В даний час такі ПЕ витісняються паливними елементами інших типів, які перевершують їх за експлуатаційними

характеристиками, ефективністю й економічністю.

– Електролітна частина ПЕ на основі розплавів карбонатів (MCFC) являє собою керамічну матрицю ( $\text{LiAl}_2$ ), просочену розплавом суміші карбонатів лужних металів (літію, натрію, калію). ПЕ даного типу працюють при температурі 600–700 °C, не вимагаючи для своєї роботи застосування електрокаталізаторів. За своїми робочими характеристиками даний вид ПЕ аналогічний фосфорнокислим. В силу своєї потенційної дешевини, його планують застосовувати в майбутньому для створення стаціонарних енергоустановок, поряд з розглянутими нижче ПЕ на основі твердооксидних електролітів.

– Твердооксидні ПЕ (SOFC) використовують як електроліт кераміку на основі оксиду цирконію. Даний вид ПЕ працює при температурі 900–1000°C та є найбільш перспективним для роботи в складі великих стаціонарних енергоустановок. В високотемпературних ПЕ (MCFC і SOFC) використовують в якості окислювача атмосферне повітря та як паливо – водень, метан і багато інших палив. Єдиним недоліком даних видів ПЕ є небажаність частих пусків та зупинок.

Останнім часом провідні фірми світу одна за іншою демонструють моделі, в яких двигун внутрішнього згоряння замінено на паливні елементи. Наполегливий інтерес до них легко пояснюється: такі установки не тільки забезпечують нешкідливий «вихлоп», але і дозволяють різко скоротити споживання вуглеводного палива, запаси якого аж ніяк не безмежні. Ні акумуляторні електромобілі, ні малотоксичні ДВЗ не вирішують екологічну проблему настільки радикально.

За оцінкою фахівців, масове застосування паливних елементів буде можливо, якщо їх вартість складе 1–2,5 тис. дол. за кВт. В даний час ряд компаній–виробників вже оголосили про можливе швидке досягнення таких показників.

Центральним агрегатом «воднемобіля» є блок паливних елементів або електрохімічний генератор. Він являє собою контейнер з безліччю осередків (власне паливних елементів), де з'єднуються водень (з балона) та кисень (з атмосферного повітря), в наслідок цієї реакції утворюється вода і виникає електричний струм, що обертає мотор.

Основними пріоритетами нових розробок в області ПЕ є підвищення їх ресурсу роботи і ККД, а також зниження вартості.

Однією з основних проблем, що перешкоджають широкому застосуванню водню в енергетику, є проблема його мобільного збереження і транспортування, оскільки жоден з існуючих в даний час способів збереження водню не задовольняє техніко-експлуатаційним вимогам, що пред'являються [1, 2].

В даний час в якості найбільш компактного і безпечного способу розглядається збереження водню в зв'язаному стані: з використанням гідрид утворюючих металів і сплавів, воднесорбуючих матеріалів з високою питомою поверхнею, металогідрид-вуглецевих і амід-імідних композитів, металів і гідридів, що гідролізуються, органічних сполук, що оборотно гідрируються. Передбачається, що такий підхід дозволяє, при варіюванні складу водень-акумулюючих матеріалів, створювати пристрої – генератори водню, що відповідають конкретним технологічним вимогам споживача.



Основними перевагами металогідридних систем збереження зв'язаного водню є висока об'ємна щільність водню, прийнятний інтервал робочих тисків і температур, сталість тиску при гідруванні і дегідруванні, можливість регулювання тиску і швидкості виділення водню, компактність і безпека в роботі. Разом з тим є й істотні недоліки: висока чутливість до хімічно активних газових домішок, недостатньо висока швидкість «зарядки» і «розрядки» акумулятора, проблеми тепло- і масообміну, висока теплота утворення гідридної фази, необхідність охолодження для швидкого заправлення і нагрівання для швидкого виділення водню.

## **5. Висновки**

Подальші зусилля повинні бути спрямовані на пошук нових водень-акумуляуючих матеріалів, які поглинають водень при температурі навколишнього середовища і тиску до 35 МПа. Крім того, в останні роки активно використовуються легкі композитні метал-полімерні балони, до яких можна помістити низькотемпературні водень-акумуляуючі матеріали. Така гібридна система може наблизитися за своїми техніко-експлуатаційними характеристиками до сучасних вимог, які висуваються до мобільних систем збереження водню.

**Список літератури:** 1. *Тарасов Б.П.* Проблемы и перспективы создания материалов для хранения водорода в связанном состоянии [Текст] / Б.П. Тарасов // *Альтернативная энергетика и экология.* – 2006. – № 2. – С. 11-17. 2. *Тарасов Б.П.* Методы хранения водорода и перспективы использования гидридов для аккумуляирования водорода [Текст] / Б.П. Тарасов, М.В. Лотоцкий, В.А. Яртысь // *Российский химический журнал.* –2006. – № 6. – С. 34-48.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

УДК 614.89:537.868

**Н.П.КУНДЕНКО**, канд. техн. наук, доц., ХНТУСХ им. П. Василенко,  
Харьков

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МИКРОПОТОКОВ ПРИ НАЛИЧИИ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ**

Получены выражения для среднего значения по времени скоростей микропотоков вблизи границы биологических объектов. Эти результаты являются основой для моделирования процесса массопереноса частиц крио – консервирующей среды к поверхности биологических объектов при наличии акустических колебаний.

**Ключевые слова:** микропоток, диффузия, акустика, биологический объект.

Отримано залежність для середнього значення за часом швидкостей мікропотоків поблизу границі біологічних об'єктів. Дані результати є основою для моделювання процесу масопереносу часток крио – консервуючого середовища, до поверхні біологічних об'єктів при наявності акустичних коливань.

**Ключові слова:** мікропотік, дифузія, акустика, біологічний об'єкт.

Expressions are derived for the mean time-velocity microflows close to the boundary of biological objects. These results are the basis for modeling the mass transfer of particles cryo - preserving the environment to the surface of biological objects in the presence of acoustic oscillations.

**Key words:** microflows, diffusion, acoustics, biological object.

#### **1. Введение**

Известно [1], что одним из основных механизмов диффузии частиц крио-консервирующей среды к поверхности биологического объекта (эмбрион, спермий) являются микропотоки, возникающие под действием акустических колебаний. Наличие этих микропотоков означает отличие от нуля среднего по времени потока массы. Одним из определяющих факторов при определении скорости микропотоков [1] является колебательная скорость частиц среды в окрестности граничной поверхности биологического объекта. Однако, на практике геометрические размеры биологического объекта могут быть значительно (на несколько порядков) меньше длины звуковой волны. Величина постоянной составляющей скорости (предполагается, что при отсутствии акустических колебаний крио – консервирующая среда покоилась) микропотока меньше амплитуды колебательной скорости в акустической волне. Это обстоятельство позволяет в качестве математической модели, описывающей микропотоки вблизи поверхности биологического объекта, использовать уравнения гидродинамики вязкой сжимаемой жидкости [2].

#### **2. Методика исследований**

Будем предполагать, что в состоянии покоя (акустические колебания отсутствуют) крио – консервирующая среда является вязкой сжимаемой жидкостью с параметрами:  $\rho_0$  - плотность,  $P_0$  - статическое давление,  $\eta$  - коэффициент динамической вязкости.

Теория микропотоков основывается на уравнениях гидродинамики вязкой сжимаемой жидкости. В векторной формуле в эйлеровых координатах эти уравнения имеют следующий вид [3]

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V}, \nabla) \vec{V} \right] = \vec{F}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{V}) = 0, \quad (2)$$

где  $\rho_0$  - плотность среды,  $\vec{V}$  - вектор скорости,

$$\vec{F} = -\Delta P + \eta \nabla \nabla \vec{V} + \frac{\eta}{3} \nabla \operatorname{div} \vec{V}, \quad (3)$$

$P$  - давление,  $\nabla$  - оператор Гамельтона:  $\nabla \varphi = \operatorname{grad} \varphi$ , и  $\Delta$  - оператор Лапласа:  $\Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ .

Наша ближайшая цель – получить с помощью (1) – (3) уравнения описывающие микропотоки. Легко видеть, что уравнения (1), (2) являются нелинейными дифференциальными уравнениями.

Поэтому непосредственное решение этих уравнений сопряжено со значительными математическими трудностями. Одним из наиболее эффективных приближенных методов решения этих уравнений является метод возмущений [4] Обоснование возможности применения этого метода для построения решений уравнений (1), (2) дано в [4].

Известно [4], что для медленных микропотоков (величина колебательной скорости значительно превосходит скорость микропотока) отношение скорости микропотока к амплитуде колебательной скорости имеет порядок  $M\Phi$ , где  $M = V_0/c_0$  - акустическое число Маха ( $V_0$  - амплитуда колебательной скорости,  $c_0$  - скорость звука в невозмущенной жидкости);  $\Phi$  – геометрический фактор, пропорциональный безразмерному масштабу микропотока.

Даже при максимально высоких уровнях акустических колебаний, полученных в настоящее время числа Маха не превосходят  $\sim 5 \cdot 10^{-2}$ . Из условия  $M\Phi \ll 1$  следует, что по мере увеличения  $M$  микропотоки перестают быть медленными в случае крупномасштабных (экартовских) потоков. Поскольку нас интересуют микропотоки в окрестности биологических объектов (эмбрион, спермий), имеющих незначительные геометрические размеры, то естественно предположить, что для рассматриваемой задачи  $M\Phi \ll 1$ . Этот факт является основанием для применимости метода возмущений при построении решений уравнений (1), (2).

На основании выше изложенного, будем искать решение уравнений (1), (2) в виде разложения в ряд.

А именно, представим плотность  $\rho$ , давление  $P$  и скорость  $\vec{V}$  в виде следующих рядов :

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_0 + \rho_1 + \rho_2 + \dots, \\ P &= P_0 + P_1 + P_2 + \dots, \\ \vec{V} &= \vec{V}_1 + \vec{V}_2 + \dots, \end{aligned} \quad (4)$$

где индекс указывает порядок малости соответствующей переменной величины.

В разложении (4) величины 1-го порядка малости  $(\rho_1, p_1, \vec{v}_1)$  зависят периодически от времени и являются акустическим полем в линейном приближении.

Величины 2-го порядка малости  $(\rho_2, p_2, \vec{v}_2)$ , наряду с членами, периодически зависящими от времени и меняющимися с удвоенной частотой акустических колебаний, могут иметь постоянные составляющие. Получим уравнения относительно этих составляющих.

Подставим (4) в (1), (2), (3) и группируя члены одного порядка малости, получим бесконечную цепочку уравнений. Ограничиваясь уравнениями 1-го и 2-го приближений будем иметь :

уравнения 1-го приближения

$$\rho_0 \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \nabla p_1 - \eta \left[ \frac{4}{3} \nabla \operatorname{div} \vec{v}_1 - \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{v}_1 \right] = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \rho_0 \operatorname{div} \vec{v}_1 = 0, \quad (6)$$

Уравнения 2-го приближения

$$\rho_0 \frac{\partial \vec{v}_2}{\partial t} + \eta \left[ \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{v}_2 - \frac{4}{3} \nabla \operatorname{div} \vec{v}_2 \right] + \nabla p_2 = - \vec{F}_1 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \rho_2}{\partial t} - \rho_0 \operatorname{div} \vec{v}_2 = - \operatorname{div} (\rho_1 \vec{v}_1), \quad (8)$$

$$\vec{F}_2 = \frac{\partial (\rho_1 \vec{v}_1)}{\partial t} + \rho_0 \vec{v}_1 \operatorname{div} \vec{v}_1 + \rho_0 (\vec{v}_1, \nabla) \vec{v}_1 \quad (9)$$

Уравнения (5), (6) описывают периодически зависящее от времени акустическое поле в линейном приближении.

Как следует из (7) – (9), уравнения 2-го приближения имеют ненулевую правую часть, которая полностью определяется решением уравнений 1-го приближения.

Для теории медленных микропотоков достаточно построить решения уравнений 2-го приближения [4]. При этом следует исключить из рассмотрения процессы установления.

С этой целью необходимо усреднить уравнения (7) – (9) по времени, тогда будем иметь

$$\eta \overline{\left( \operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{v}_2 - \frac{4}{3} \nabla \operatorname{div} \vec{v}_2 \right)} + \overline{\nabla p_2} = - \vec{\Phi}_2, \quad (10)$$

$$\overline{\operatorname{div} \vec{v}_2} = - \frac{1}{\rho_0} \overline{\operatorname{div} (\rho_1 \vec{v}_1)}, \quad (11)$$

$$\vec{\Phi}_2 = - \rho_0 \overline{\left[ \vec{v}_1 \operatorname{div} \vec{v}_1 + (\vec{v}_1, \nabla) \vec{v}_1 \right]}, \quad (12)$$

а черта обозначает операцию усреднения по времени.

Уравнения (10) – (12) являются исходными для теории медленных стационарных микропотоков. Это уравнения движения вязкой жидкости  $(\eta \neq 0)$  под действием внешних объемных сил : средней по времени объемной силы  $\vec{\Phi}_2$ , определяемой по формуле (12). Кроме уравнений (10), (11), следует

сформулировать условия на границе биологического объекта и вдали от нее. Вдали от границы будем считать

$$\vec{V}_2 = 0, \quad (13)$$

а на границе биологического объекта нормальная компонента скорости микропотока совпадает с колебательной скоростью акустических колебаний, а касательные компоненты обращаются в нуль (эффекты связанные с вязкостью крио – консервирующей среды).

### 3. Выводы

Таким образом, задача решена в определении скорости микропотока  $\vec{V}_2$  в окрестности биологического объекта на. Разработана математическая модель, описывающая микропотоки частиц крио – консервирующей среды у граничной поверхности биологического объекта возникающие под действием акустических волн. Эти результаты являются основой для моделирования процесса массопереноса частиц крио – консервирующей среды к поверхности биологических объектов при наличии акустических колебаний.

**Список литературы:** 1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике [Текст] / Бергман Л. – М.: ИЛ, 1956. – 726 с. 2. Физика и техника мощного ультразвука. Физические основы ультразвуковой технологии. Под редакцией проф. Л.Д. Розенберга. – М.Наука, 1970. – 687 с.3 . Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1974. – 758 с.4. Физика и техника мощного ультразвука. Физические основы ультразвуковой технологии. Под редакцией проф. Л.Д. Розенберга. [Текст] / Л.Д. Розенберг. – М.: Наука, 1970. – 687 с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 621.396.931**

**А.И. ФИЛИПЕНКО**, докт. техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков

**Б.А. МАЛИК**, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков

**Н.П. СЕЛЕНКОВА**, асп., ХНУРЭ. Харьков

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАСКАДНЫХ ВОЛОКОН**

Рассмотрены вопросы согласования оптоволоконных компонентов с различными оптическими и геометрическими параметрами. Предлагается использовать поперечную интерференцию для определения геометрических параметров каскадных соединений волокон.

Розглянуті питання узгодження оптоволоконних компонентів з різними оптичними та геометричними параметрами. Пропонується використовувати поперечну інтерференцію для визначення геометричних параметрів каскадних з'єднань волокон.

Questions of the coordination of fibre-optical components with various optical and geometrical parameters are considered. It is offered to use a cross-section interference for definition of geometrical parameters of cascade connections of fibres.

При реализации оптоволоконных линий связи часто возникает задача согласования оптоэлектронных компонентов и волокон с различными поперечными сечениями излучающей и принимающей области и различными числовыми апертурами. Вариантом такой задачи может быть соединение одномодового и многомодового волокон или излучателей и фотоприемников с волокнами различных типов [1].

Например, при использовании лазерного диода для передачи мощности или

сигнала через одномодовое волокно необходимо согласование полей, генерируемых диодом и возникающих в связанном с ним одномодовом волокне. Приходится согласовывать параметры электромагнитных колебаний и, следовательно, геометрических параметров элементов.

Одним из вариантов системы для согласования полей могут быть так называемые каскадные волокна, в которых приемное волокно специальной формы и участки градиентных многомодовых волокон (МВ) интегрированы в одномодовое волокно (ОВ) (рис.1).

В каскадном волокне, каждая область МВ имеет свою определенную функцию, такую как фазовое преобразование, преобразование размера, преобразование профиля (рис.2).

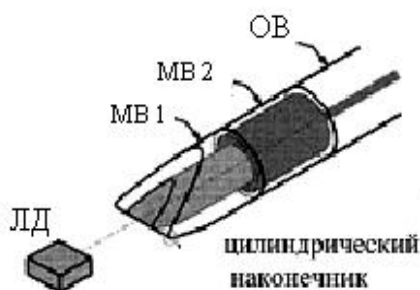


Рис.1 Каскадное волокно, содержащее клинообразный наконечник+ МВ1+ МВ2+ ОВ

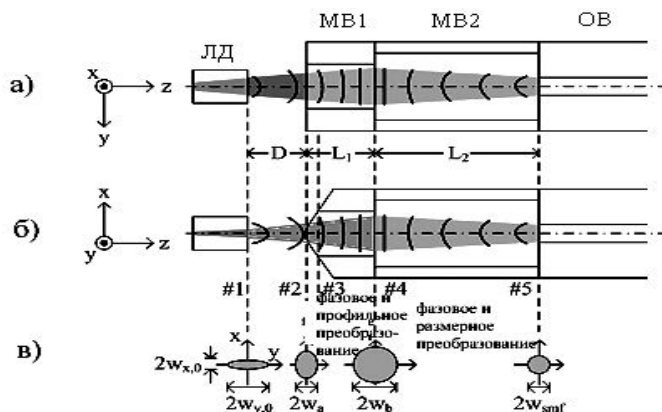


Рис. 2 Функции МВ

Точность длины каждого раздела МВ очень важна для полного преобразования с высоким КПД. При ошибках в длине какого-либо участка МВ первоначально рассчитанная производительность не будет достигнута. Каждый участок нужно контролировать с точностью до 1 микрометра, что позволит уменьшить дополнительные потери связи различных компонентов.

Если каскадное волокно с двумя или более МВ секциями интегрировано в ОВ, то потери связи накапливаются из-за неточности длины каждой секции МВ.

Таким образом, точность местоположения соединительной плоскости между двумя секциями волокна очень важна. Общий процесс изготовления каскадного волокна включает скалывание торцов ОВ и МВ, соединение МВ и ОВ, контроль соединяющей плоскости  $P$  между волоконными участками, скалывание МВ к длине  $L$  относительно плоскости  $P$ , где  $L$  – длина, которая дает желаемый эффект соединения (рис. 3). После этих четырех процедур получается каскадное волокно.

В настоящее время соединяющие потери могут составлять 0,03 дБ. Для нахождения соединительной плоскости в волокне необходимо использовать микроскопы с высоким разрешением. В исследовании Хайбара, для оценки местоположения соединительной плоскости наблюдения проводятся под микроскопом с увеличением 360X. Однако расстояние между волокном и объективом в микроскопах высокого разрешения очень мало. В производстве каскадного волокна, процедура скалывания требует большого пространства, в котором расстояние между волокном и линзой устройства контроля должно быть



Рис. 3 Процесс производства каскадного волокна

В реальности темные линии в МВ составляют около 3 мкм, что зависит от плоскости фокусировки и расположения, а темные линии в ОВ, как правило, составляют около 1 мкм. Таким образом, можно просто использовать темные линии в ОВ и МВ, чтобы определить соединительную плоскость, если разрешение контрольного оборудования больше ширины темной линии в 1 мкм. Как правило, ПЗС-датчики с 8-кратным увеличением линзы могут иметь разрешение изображения выше, чем 1 мкм. Этого достаточно для контроля.

При больших рабочих расстояниях явление световой интерференции влияет на изображение, что делает наблюдения темных линий затруднительным. Интенсивности и количество интерференционных полос в этих двух секциях волокна будут различными. Таким образом, соединительную плоскость можно найти путем наблюдения существенных различий в интерференции между двумя участками волокна.

Интерференционная картина моделируется на основе параметров интерференционных полос [3]. Для нахождения положения полос используется метод трассировки лучей. Световые лучи проходят через МВ и ОВ разделы слева направо вдоль оси  $x$  (рис.5).

Все лучи света начинаются с одной начальной плоскости (точка  $a$ ) и, наконец, достигают фокальной плоскости (точка  $d$ ). После выхода из начала плоскости, лучи света будут оставаться параллельными, пока они не коснутся внешнего края волокна.

более 4 см. Следовательно, метод определения положения соединительной плоскости с большим рабочим расстоянием ( $> 40$  мм) и с низким увеличением ( $< 8X$ ) контрольной системы является ключом к улучшению процесса изготовления каскадных волокон [2]. Предлагаемый метод контроля позволяет осуществить нахождение положения соединительной плоскости. Для наблюдения соединительной плоскости используется косвенный метод с применением явления интерференции для определения плоскости соединения. Последующие расчеты и моделирование позволяют идентифицировать местоположение стыка.

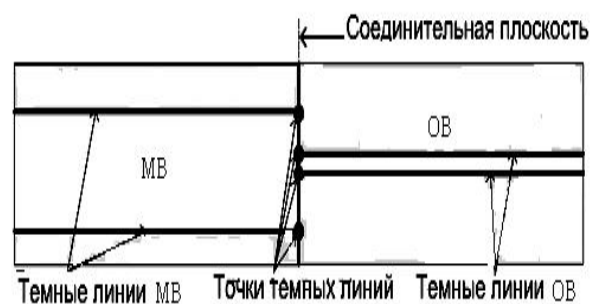


Рис. 4 Темные линии в одномодовом и многомодовом волокнах для определения соединительной плоскости

Тогда лучи, которые проходят через волокна будут иметь разные значения  $y$  и углов  $\theta_l$ . Поэтому, если два различных луча достигнут фокальной плоскости в одной точке ( $Y_d$ ), интерференционные полосы будут генерироваться, то есть положение полосы ( $Y_d$ ) будет в пересечении двух лучей на фокальной плоскости.

Тогда, интенсивность света ( $I$ ) интерференционных полос может быть вычислена по формуле

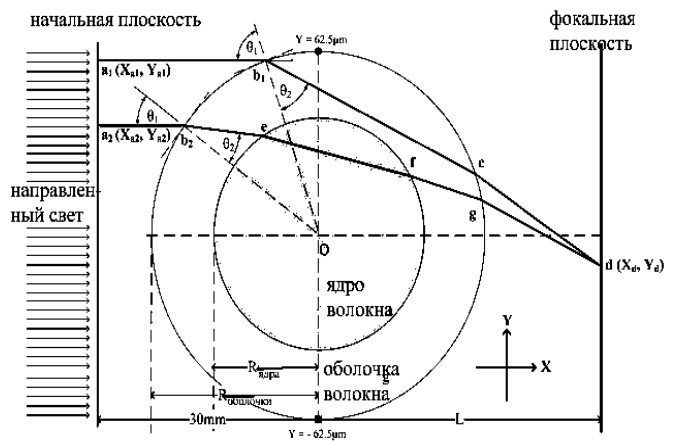


Рис. 5 Оптические части лучей, проходящих через волокно. Показаны  $abcd$  и  $abefgd$  части

$$I = 4 \cdot I_0 \cdot \cos^2\left(\frac{\delta}{2}\right), \quad (1.1)$$

где  $I_0$  – начальная интенсивность света,

$\theta$  – разность фаз между двумя интерференционными лучами, которые также могут быть выражены

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot D, \quad (1.2)$$

где  $\lambda$  – длина волны источника света,

$D$  – оптическая разность хода.

Разница в оптической длине пути ( $L$ ) двух лучей.

$$D = L(a_2) - L(a_1). \quad (1.3)$$

Длина пути  $L$  луча начинается от точки  $a$  до точки  $d$  на фокальной плоскости. Согласно различным положениям  $Y_a$  в начале плоскости, лучи света проходят через волокна по двум различным оптическим путям. Один проходит только через оболочку волокна, а другой проходит через оболочку волокна и сердцевину волокна.

Таким образом,  $L$  может быть выражена

$$L(abcd) = ab + bc \cdot N_{обол.} + cd, \quad (1.4)$$

$$L(abefgd) = ab + be \cdot N_{обол.} + ef \cdot N_{ядра} + fg \cdot N_{обол.} + gd, \quad (1.5)$$

где  $N_{обол}$  и  $N_{ядра}$  являются показателями преломления оболочки волокна и сердцевины соответственно.

В результате выполненных исследований установлено, что с помощью интерференционных полос и их различия можно однозначно определить местоположение соединяющих плоскостей. При небольшом увеличении оптической системы датчика ПЗС расстояние между объектом наблюдения (каскадным волокном) и первой линзой оптической системы может составлять более 4 см. Это дает возможность свободно проводить работу по скалыванию оптического волокна.

**Список литературы:** 1. *Мировицкая, С.Д.* Контроль геометрических и оптических параметров



волокон [Текст] / С.Д. Мировицкая, Л.П. Лазарев – М.: Радио и связь, 1988 – 280 с. 2. Засецкий, А.В. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. [Текст]: / А.В. Засецкий – Желдориздат, 2001 – 250с. 3. Невлюдов І.Ш. Інформаційні оптоволоконні мережі зв'язку банківських систем . [Текст]: / Невлюдов І.Ш., Малик Б.О., Омаров М.А., Цимбал О.М.– Харків: ХНУРЕ, 2004. – 236 с.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

**УДК 678.63.664:541.64**

**В. В. ТРАЧЕВСЬКИЙ**, канд. хім. наук, доц., НАУ, Київ  
**О. В. КОЖЕМЯКА**, студ., НАУ, Київ  
**Ю.О. БОНДАРЕНКО**, студ., НАУ, Київ

## **ПЛАЗМОХІМІЧНА ГІДРОФІЛІЗАЦІЯ ПОЛІХЛОРВІНІЛОВИХ ПЛІВОК**

У статті проведено оцінку впливу низькотемпературної плазми на поліхлорвінілову плівку, як основного методу модифікації поверхневих властивостей полімерів. Плазмохімічна модифікація поліхлорвінілової плівки в низькотемпературному газовому розряді у повітряній атмосфері, призвела до гідрофілізації поверхні плівки, за рахунок збільшення кількості полярних груп, що забезпечують високі адгезійні властивості модифікованих поверхонь.

**Ключові слова:** поліхлорвінілова плівка, плазмохімічна модифікація, низькотемпературний газовий розряд у повітряній атмосфері.

В статье проведена оценка влияния низкотемпературной плазмы на полихлорвиниловую пленку, как основного метода модификации поверхностных свойств полимеров. Плазмохимическая модификация полихлорвиниловой пленки в низкотемпературном газовом разряде в атмосфере воздуха, привела к гидрофилизации поверхности пленки, за счет увеличения количества полярных групп, которые обеспечивают высокие адгезионные свойства модифицированных поверхностей.

**Ключевые слова:** полихлорвиниловая пленка, плазмохимическая модификация, низкотемпературный газовый разряд в атмосфере воздуха.

In the article the estimation of influence of low temperature plasma is conducted on tape of polyvinylchloride, as a basic method of modification of superficial properties of polymers. Plasma-chemical modification of tape of polyvinylchloride in a low temperature gas digit in the atmosphere of air, resulted in desensitizing of surface of tape, due to the increase of amount of arctic groups that provide high adhesive behaviors of the modified surfaces.

**Keywords:** tape of polyvinylchloride, plasma-chemical modification, low temperature gas digit in the atmosphere of air.

### **Вступ**

В даний час у промисловому виробництві не очікується поява нових полімерних матеріалів, отриманих традиційним шляхом. Тому модифікація існуючих промислових полімерів із задалегідь заданим поліпшеним комплексом експлуатаційних властивостей є актуальною та висувається на провідне місце в хімічній промисловості.

Як правило, полімерні матеріали характеризуються низькими значеннями поверхневої енергії, погано змочуються розчинниками, погано склеюються, мають низьку адгезію до напилених шарів металів і т. п. Одним з найбільш

перспективних і сучасних методів модифікації поверхні полімерів є дія низькотемпературної плазми.

Екологічно чисті сучасні плазмохімічні методи значно виграють в порівнянні з хімічною модифікацією, при якій використовуються такі агресивні реагенти, як кислоти, гідроксиди, лужноземельні метали тощо.

Дія низькотемпературної плазми на поверхню полімерних плівок дозволяє змінювати, в основному, його контактні властивості (змочування, адгезію до тонких шарів металу, що наносяться як за допомогою вакуумного розпилення, так і іншими методами, здібність до склеювання, адгезію використовуваних при друці фарбників і т.п.) Як правило, поліпшення адгезійних властивостей поверхні полімерних плівок під впливом низькотемпературної плазми пов'язане не тільки з очищенням поверхні від різного роду забруднень, але і з утворенням гідрофільних або гідрофобних груп різної хімічної природи, що забезпечують високі адгезійні властивості модифікованих поверхонь. Склад, структура і властивості таких полярних груп залежить як від природи поверхні полімерних плівок, так і від властивостей плазми і природи плазмоутворюючого газу [1].

### **Матеріали та методи дослідження**

Метою даної роботи є розробка методів гідрофілізації поверхні полімерних плівок в низькотемпературному газовому розряді зі зберіганням її структури і фізико-механічних властивостей.

Плазмохімічній модифікації в низькотемпературному газовому розряді піддавали пористі поліхлорвінілові плівки (ПВХ). Використовували ПВХ плівки марки "Ставролен" (Росія) з  $M_w = 1,7 \times 10^5$ ,  $M_w/M_n = 4 - 5$  і  $T_{пл} = 132^\circ \text{C}$ . Товщина пористих плівок становила 14 мкм, загальна пористість 40%, розмір наскрізних пор 100 – 300 нм.

Ефективність обробки плівок ПВХ оцінювали по змінам контактних кутів змочування, котрі вимірювали за п'ятьма рідинами (вода, етиленгліколь, йодистий метилен, формамід, бромнафталін) на приладі «Contact Angle Meter», («Zeiss», Німеччина). Хімічні зміни у поверхні оцінювалися по ІЧ-спектрах БППВВ (багаторазово порушеного повного внутрішнього відбиття) на ІЧ – спектрометрі «Nicolet Impact 400 FTIR (США).

### **Експериментальна частина**

Гідрофобність ПВХ і висока проникність пористих плівок по газах дозволяють застосовувати цей матеріал для видалення газів з води. Однак гідрофобність таких плівок призводить до низької проникності по воді, що обмежує їх застосування в такій галузі промисловості, як очищення води [2].

Тому для вирішення ряду практичних завдань необхідно модифікувати поверхню ПВХ, тобто гідрофілізувати. Це може бути зроблено за допомогою хімічних і фізичних методів впливу, наприклад, обробки сильними окиснювачами (азотна кислота, перманганат калію) і холодною плазмою.

Модифікація пористих плівок ПВХ являє собою складну задачу, однак її рішення дозволить серйозно розширити можливості застосування цих плівок і композитів на їх основі. Було виявлено, що після обробки сильними окиснювачами пористі плівки ПВХ втрачають свої механічні властивості. Це можна пояснити тим, що в першу чергу окисненню піддаються міжкристалічні

прохідні і тримаючи навантаження ланцюги. Руйнування зразка відбувається раніше, ніж досягається відчутний ефект модифікації поверхні.

Дана проблема може бути вирішена, якщо піддавати обробці тільки самий тонший поверхневий шар матеріалу, що досягається плазмохімічною модифікацією в низькотемпературному газовому розряді поліхлорвінілової плівки.

Модифікацію низькочастотною плазмою здійснювали у повітряній атмосфері при тиску 26 Па, потужності 60 Вт, частоті 13,56 МГц; об'єм реактора 0,062 м<sup>3</sup>.

Як показує рис.1, обробка в низькотемпературному газовому розряді в атмосфері повітря (кисню) призводить до гідрофілізації поверхні плівок.

На рис.2 представлено зміну кута змочування залежно від часу модифікування ПВХ плівки в низькотемпературному газовому розряді [3]

Як видно з рисунку, контактний кут змочування по воді знижувався при збільшенні тривалості дії низькотемпературного газового розряду в повітряній атмосфері (кисень), що обумовлено збільшенням полярної компоненти.

Як бачимо, із збільшенням тривалості модифікації в низькотемпературному газовому розряді поліхлорвінілових плівок гідрофільність поверхні плівки ПВХ збільшується, тому спостерігаємо зменшення кута змочування вихідної плівки ПВХ від 86° до 40°.

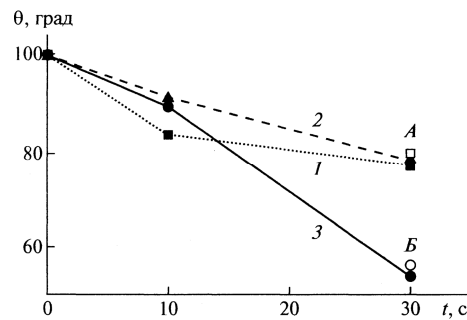


Рис.1. Контактний кут змочування водою плівок ПВХ, модифікованих в низькотемпературному газовому розряді потужністю 10 (1), 20 (2) і 30 Вт (3) в кисні в динамічних умовах

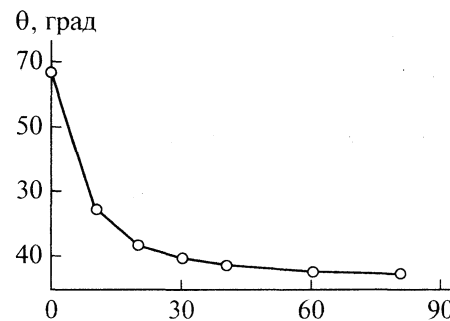


Рис.2. Залежність крайового кута змочування плівки ПВХ від тривалості оброблення.

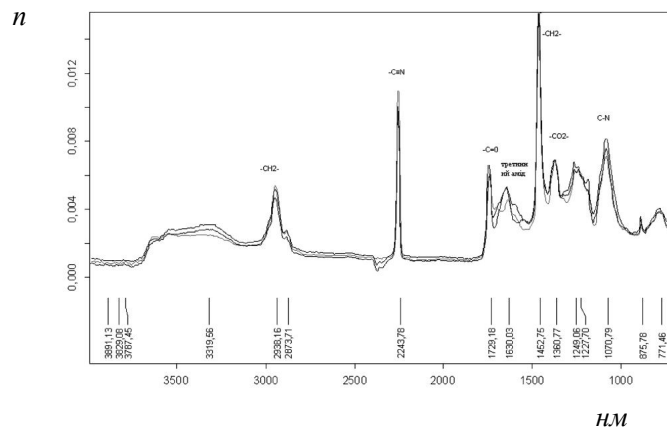


Рис. 3. ІЧ-спектри модифікованої в низькотемпературному газовому розряді поліхлорвінілової плівки: 1 – вихідна; 2 – час модифікування 10 с; 3 – час модифікування 20 с.

Для точного визначення хімічної природи груп, що утворюються на поверхні плівки та відносну зміну їх кількості застосували метод ІЧ-спектроскопії [4] (рис. 3).

### **Висновки**

1. Проведено плазмохімічну модифікацію в низькотемпературному газовому розряді поліхлорвінілових плівок у повітряній атмосфері при тиску 26 Па, потужності 60 Вт, частоті 13,56 МГц; об'єм реактора 0,062 м<sup>3</sup>, що призвело до гідрофілізації поверхні плівок. Гідрофілізацію поліхлорвінілової плівки досліджували за допомогою визначення контактного кута змочування. Контактний кут змочування по воді знижувався при збільшенні тривалості дії низькотемпературного газового розряду в повітряній атмосфері (кисень), що обумовлено збільшенням полярної компоненти.

2. Зміни в хімічній структурі поверхні плівок ПВХ після їх обробки плазмою були досліджені методами ІЧ-спектроскопії. Спектри, отримані методом ІЧ-спектроскопії в режимі БППВВ, показують появу в обробленій плазмою плівці слабого сигналу 1700-1750 см<sup>-1</sup>, відповідного карбонільним групам, а також смуги 1632 см<sup>-1</sup>, що відповідає зв'язку C = O в карбонільній групі, і смуги 1275 см<sup>-1</sup> зв'язку O-C-O в карбоксильній групі.

3. Таким чином, модифікування в низькотемпературному газовому розряді поліхлорвінілових плівок дає можливість керовано збільшувати або зменшувати гідрофобність та олеофільність поверхні поліхлорвінілових плівок та отримувати плівки з наперед заданими поверхневими характеристиками.

**Список літератури:** 1. Пархоменко В.Д., Сорока П.И., Краснокутский Ю.И. // Плазмохимическая технология. — Новосибирск: Наука. Сиб отд-ние, 1991. — 392 с. — (Низкотемпературная плазма. Т. 4). 2. Осипов О.А., Словецкий Д.И. // Высокомолекулярные соединения. сер.Б. 1995. Т.37. № 4. С.715. 3. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. М.: Химия. — 1986. — 216 с. 4. Дехант И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. // Инфракрасная спектроскопия полимеров. — М: Химия. 1976.

*Поступила в редколлегию 23.11.2011*

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Р.В.Левченко, Р.Г.Пузырь</b>	3
Расчет размеров листовой заготовки для ободьев колес транспортных средств	
<b>Р.Г.Пузырь, О.В.Троцко</b>	8
Анализ напряженного состояния цилиндрической оболочки при наложении кольцевой нагрузки	
<b>М.Г. Ефименко, О.М. Ляпунов</b>	12
Наплавочный материал для упрочнения рабочих кромок штампового инструмента	
<b>М.К. Князев, Я.С. Жовноватюк, В.Ю. Беспалый, М. Мараи</b>	17
Электрогидроимпульсная штамповка глубоких листовых деталей с локальными элементами большой кривизны	
<b>А.В. Коробко</b>	23
К вопросу о выборе марки волокон для упрочнения листовых металлокомпози́тов, формируемых импульсным методом	
<b>І.В. Пітак, А.Ю. Масікевич, В.Ф. Моїсеєв</b>	27
Використання масообмінного контактного елемента для очищення газових викидів в вугільній промисловості	
<b>І.П. Петік, Ф.Ф. Гладкий, З.П. Федякіна, Л.М.Філенко</b>	31
Вплив компонентного складу основи нейтралізуючого розчину на його характеристики	
<b>В.З. Маслош, И.А. Островерхова, О.В. Маслош, Н. Н. Алексеева</b>	35
Особенности материальных расчетовполиэфирных смол	
<b>А.П. Мельник, С.О. Крамарев</b>	39
Вплив каталізатора на реакцію одержання алкілімідазолінів з ріпакової олії	
<b>А.П. Мельник, Т.В. Матвєєва, Г.В. Григорова</b>	44
Щодо амідування кукурудзяної олії	
<b>А.А. Савус, С.Н. Мольченко, И.Н.Демидов</b>	48
Извлечение жиров из отработанного адсорбентапроизводства пищевых растительных масел перколяционным методом	
<b>Є.М. Семенишин, Р.В. Стадник</b>	51
Механізм та кінетика екстрагування олії замаранту в умовах нерухомого шару	
<b>А.П. Мельник, І.В. Левчук, О.М. Гетманцев</b>	56
Одержання вищих жирних спиртів реакцією амідування рослинного воску	
<b>М.А. Казакова</b>	59
Обобщенная оценка расчета выбросов вредных веществ с учетом неоднородности транспортного потока	
<b>О. В. Рибалова, С. О. Варивода, В. А. Скиба</b>	64
Особливості визначення екологічного ризику забруднення ґрунтів	

<b>Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, А.О. Абрамова</b>	70
Системне оцінювання екологічної безпеки проєктованих промислових об'єктів	
<b>В.В. Березуцкий</b>	76
Расчет затопленной плоской стенки (перегородки), устанавливаемой в реакторной камере электрокоагулятора	
<b>О.В. Сіренко, Е.О. Кучеренко</b>	80
Оцінка гомеостазу організму шляхом визначення метаболічної активності сироватки крові біофізичними методами	
<b>А.А. Новиков, А.С. Лепехина</b>	85
Влияние внешних факторов на структуру иождкости беременных	
<b>Н.А. Семченко</b>	90
Моделирование движения транспортных потоков на перекрестках	
<b>Т.Т. Берестова, Г.С. Красовська</b>	91
Аналіз стану пасажирських перевезень на залізницях України	
<b>Г.М. Сіконенко, Н.О. Нікіфорова</b>	96
Вирішення задачі підвищення транзитності вагонопотоків шляхом уніфікації вагових норм поїздів	
<b>О.А. Малахова, О.В. Тищенко</b>	99
Визначення величини простою составів в очікуванні відправлення на сортувальних станціях	
<b>С.В. Северін, А.В. Супрун, Д.В. Шумик</b>	103
Збільшення швидкості руху пасажирських поїздів напередодні чемпіонату ЄВРО 2012	
<b>Г.В. Івасик</b>	108
Достатня умова скінченності точкового спектру транспортного оператора	
<b>О. В. Касилов, П. С. Медяник</b>	113
Внедрение ВІ решений в CRM системы	
<b>О.Г. Кривоконь, А.І. Бондаренко</b>	116
Особливості та проблеми функціонування автомобільного ринку в Україні	
<b>Г.О. Статюха, А.М. Шахновський, Д.М. Складанний, І.М. Джигирей</b>	122
Досвід впровадження принципів сталого розвитку в підготування фахівців з вищою освітою	
<b>В.В. Поповский, Б.С. Тур, Я.Т. Хуссейн</b>	128
Методы последовательной компенсации искажений в древовидных алгоритмах случайного множественного доступа	
<b>И.Ш. Невлюдов, А.А. Андрусевич, Е.П. Второв</b>	134
Теоретические основы технологического мониторинга монтажных соединений РЭС	
<b>С.В. Сотник, Е.В. Иевлев</b>	140
Особенности формирования показателя качества при изготовлении пластмассовых изделий	

<b>С.В. Хомич</b>	143
Корреляционный метод декодирования таймерных сигнальных конструкций	
<b>А.Н. Горяинов</b>	148
Транспортные технологии как объект диагностирования	
<b>Н.В. Внукова</b>	154
Проблема мобильного збереження та транспортування водню	
<b>Н.П.Кунденко</b>	158
Теоретический анализ микропотоков при наличии акустических колебаний	
<b>А.И. Филипенко, Б.А. Малик, Н.П. Селенкова</b>	161
Определение геометрических параметров каскадных волокон	
<b>В. В. Трачевський, О. В. Кожемяка, Ю.О. Бондаренко</b>	165
Плазмохімічна гідрофілізація Поліхлорвінілових плівок	

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

**Збірник наукових праць**

Тематичний випуск

**"Нові рішення в сучасних технологіях"**

**Випуск №58**

**Науковий редактор докт. техн. наук, проф. Є. І. Сокол**

**Технічний редактор Т.Л. Коворотний**

**Відповідальний за випуск канд. техн. наук І. Б. Обухова**

Обл.-вид. №  
Підписано до друку . Формат 60x84/16. Надруковано на різнографі  
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.  
Наклад 300 прим. 1-й завод 1-100. Зам. № 58. Ціна договірна

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ»  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК33657 від 24.12.2009р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Типографія "Технологічний центр"  
вул. Новгородська, 3а, м. Харків, 61145