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

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях"

№ 70(1043)2013

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2013

Вісник Національного технічного університету "ХПІ"
Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ „ХПІ» – 2013р. - №70(1043) –192 с.

Державне видання
Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України
КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

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

Координаційна рада:
Л. Л. Товажнянський, д-р техн. наук, проф. **(голова);**
К. О. Горбунов, канд. техн. наук, доц. **(секретар);**
А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. Є. Александров, д-р техн. наук, проф.; А. В. Бойко, д-р техн. наук, проф.; Ф. Ф. Гладкий, д-р техн. наук, проф.; М. Д. Годлевський, д-р техн. наук, проф.; А. І. Грабчснко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриєнко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.; П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Клепіков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; В. М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.; М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф., Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф., М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:
Відповідальний редактор: Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.
Відповідальний секретар: А. І. Бондаренко, доцент, К.О. Костик, канд.техн. наук.
Члени редколегії: Л. Л. Брагіна, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Т. Долбня, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Заруба, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Клепіков, д-р техн. наук, проф.; Б. В. Кліменко, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; Г. І. Львов, д-р техн. наук, проф.; Н. Н. Олександров, д-р техн. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; М. І. Погорелов, канд. екон. наук, проф.; Л. Г. Раскін, д-р техн. наук, проф.; Р. Д. Ситнік, д-р техн. наук, проф.; В. Я. Терзіян, д-р техн. наук, проф.; В. І. Тошинський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Шустіков, д-р техн. наук, проф.

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

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ"
Протокол № 10 від « 22 » листопада 2013 р.

©Національний технічний університет „ХПІ", 2013

УДК 621.43.052

Ф. И. АБРАМЧУК, д-р техн. наук, зав. каф., ХНАДУ, Харьков;
А. Н. КАБАНОВ, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков;
Н. В. ПЕТРОВ, ассистент, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,. Якутск, Россия

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ В АВТОМОБИЛЬНОМ БИОГАЗОВОМ ДВС

Представлена уточнённая методика расчёта процесса сгорания в биогазовом ДВС. Приведены результаты расчёта процесса сгорания с использованием полученной методики в сравнении с результатами эксперимента.

Ключевые слова: биогаз, автомобильный двигатель, процесс сгорания, характеристика тепловыделения.

Введение. Биогаз является одним из наиболее перспективных моторных топлив. Данное обстоятельство вызвано не только тем, что биогаз – возобновляемое топливо, но и тем, что метан – основной компонент биогаза – является одним из наиболее чистых углеводородных топлив [1].

Оптимизация показателей мощности, экономичности и токсичности биогазового двигателя только экспериментальным путем нуждается в очень больших затратах материальных ресурсов, поэтому при решении этой задачи целесообразно использовать математическую модель процесса сгорания, которая позволяла бы получить эти показатели расчётным путём.

Анализ литературы. Существует несколько подходов к расчёту процесса сгорания в ДВС с искровым зажиганием. Условно их можно объединить в следующие группы: CFD-модели [2], полуэмпирические модели, основанные на скорости распространения пламени (трёхзонные модели) [3] и полуэмпирические модели, основанные на законе распределения относительной плотности эффективных центров реакции [4].

Первый тип моделей позволяет рассчитать распределение физико-химических параметров рабочего тела в течение рабочего процесса, однако отличается от остальных сложностью и громоздкостью. Такие модели целесообразно использовать при анализе влияния формы деталей камеры сгорания, впускных и выпускных каналов на процесс сгорания.

Второй тип моделей позволяет описать процессы, происходящие в пламени, однако, как показали исследования, точность расчёта экологических показателей с использованием двухзонной и трёхзонной моделей практически не отличаются, так как в трёхзонной модели существует проблема точности расчёта толщины и скорости распространения фронта пламени.

В настоящее время в мире наиболее эффективным методом расчета процесса сгорания признана методика Вибе, которая относится к третьему типу моделей. Благодаря удачному сочетанию простоты и эффективности, данная методика получила признание как у отечественных, так и у зарубежных исследователей.

© Ф. И. АБРАМЧУК, А. Н. КАБАНОВ, Н. В. ПЕТРОВ, 2013

К недостатку данной модели можно отнести усреднение температур в цилиндре двигателя в процессе сгорания, что снижает точность расчёта показателей токсичности. Данный недостаток можно устранить дополнением методики Вибе двухзонной расчётной моделью, которая, как показывают исследования, позволяет достаточно точно рассчитать показатели токсичности двигателя с искровым зажиганием [5].

Цель работы. Исходя из вышесказанного, целью исследования является адаптация методики И.И Вибе для исследования процесса сгорания биогазового двигателя с искровым зажиганием.

Адаптация методики И.И. Вибе. В методике Вибе для расчёта характеристики тепловыделения используется уравнение

$$x = 1 - \exp\left(-6{,}908 \cdot \left(\frac{\varphi - \varphi_0}{\varphi_z} \right)^{m+1} \right), \qquad (1)$$

где x – доля выгоревшего топлива в момент φ; φ – текущий угол поворота коленчатого вала, град. п.к.в.; φ_0 – угол начала сгорания, град. п.к.в.; φ_z – угол, который отвечает продолжительности сгорания, град. п.к.в.; m – показатель сгорания Вибе.

Рис. 1 – Экспериментальный стенд для исследования автомобильного биогазового ДВС

Исследования в [6, 7] показали, что показатель сгорания m изменяется в процессе сгорания, и если это не учитывать – снижается точность расчётов [7].

Для получения уравнения переменного показателя сгорания для биогазового двигателя было выполнено экспериментальное исследование на моторном стенде, созданном на базе малолитражного биогазового ДВС (рис. 1). Последний был получен переводом на биогаз малолитражного автомобильного двигателя МеМЗ-307. В результате исследования были получены индикаторные диаграммы для 80 режимов работы двигателя.

Рис. 2 – Диалоговое окно программы обработки индикаторных диаграмм

Обработка индикаторных диаграмм с целью получения характеристики тепловыделения производилась с помощью методики, описанной в [7]. На рис. 2 приведено диалоговое окно программы обработки индикаторных диаграмм, созданной с использованием данной методики.

Значение переменного показателя сгорания И. И. Вибе было получено из

экспериментальных характеристик тепловыделения с использованием следующей методики [7]

$$m_i = -1 - \log_{\bar{\varphi}_i} \frac{-6.908}{\ln(1 - x_i)}, \quad (2)$$

где $\bar{\varphi}$ – относительный угол поворота коленчатого вала.

За основу эмпирической зависимости было взято уравнение изменения переменного показателя сгорания Вибе в процессе сгорания для малолитражного газового двигателя с искровым зажиганием, полученное учёными ХНАДУ [8]

$$m_{\text{var}i} = 10.639 \cdot \bar{\varphi}_i \cdot (\alpha + 0.00025) \cdot \frac{\theta + 18}{40} \cdot \frac{\eta_v - 0.25}{0.8} \cdot \frac{\varepsilon + 1}{11} \cdot \frac{n + 500}{5000} - \ldots$$

$$\ldots - 28.025 \cdot \bar{\varphi}_i^2 + 98.045 \cdot \bar{\varphi}_i^3 - 156.86 \cdot \bar{\varphi}_i^4 + 86.88 \cdot \bar{\varphi}_i^5, \quad (3)$$

где ε – степень сжатия; $\bar{\varphi}_i$ – относительный угол сгорания, $\bar{\varphi}_i$ = 0…1; n – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$; α – коэффициент избытка воздуха; η_v – коэффициент наполнения; θ – угол опережения зажигания, град. пкв до ВМТ.

Продолжительность сгорания также рассчитывалась с помощью эмпирической зависимости, полученной на тех же экспериментальных данных и при тех же условиях, что и уравнение (3)

$$\varphi_z = 31 \cdot (0{,}812 \cdot \alpha - 0{,}045 \cdot \theta + 4{,}223 \cdot 10^{-4} \cdot n - 0{,}1258 \cdot \eta_v + 0{,}107). \quad (4)$$

Обработка экспериментальных данных показала, что влияние состава биогаза на переменный показатель сгорания выражается следующим уравнением

$$m_{\text{var}} = m_{\text{var}0} + \bar{\varphi}_i \cdot 0{,}09 \cdot r_{\text{CO2}}, \quad (5)$$

где r_{CO2} – объёмная доля CO_2 в биогазе, %; $m_{\text{var}0}$ – значение m_{var}, полученное с помощью зависимости (3).

Также было получено уравнение для расчёта продолжительности сгорания

$$\varphi_z = \varphi_{z0} + 1{,}24 \cdot r_{\text{CO2}}. \quad (6)$$

На рис. 3 приведены экспериментальные зависимости для переменного показателя сгорания m_{var} для режима максимального крутящего момента (n = 3600 мин$^{-1}$; η_v = 0,79; α = 1,05; θ = 32 град. пкв до ВМТ) для различного содержания CO_2 в биогазе.

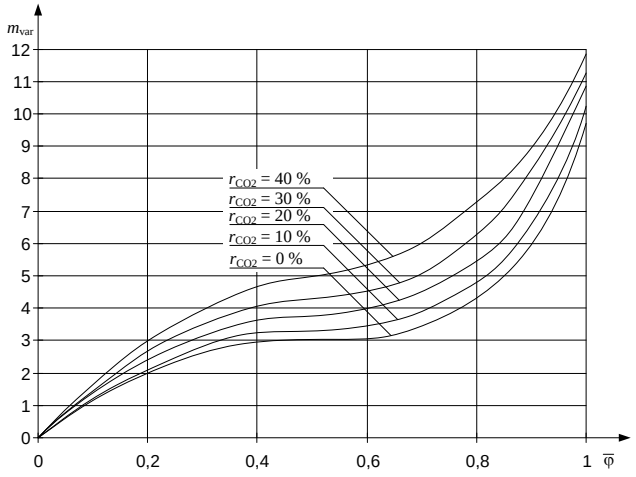


Рис. 3 – Зависимость показателя m_{var} от содержания CO_2 в биогазе

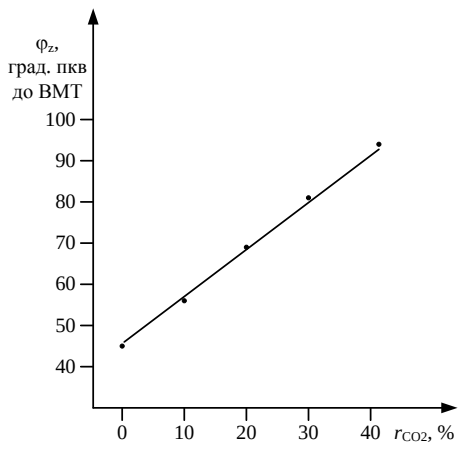


Рис. 4 – Зависимость продолжительности сгорания φ_z от содержания CO_2 в биогазе

На рис. 4 приведена экспериментальная зависимость продолжительности сгорания на данном режиме от содержания CO_2 в биогазе.

Проверка модели выполнялась сравнением с экспериментальными данными на 22 режимах работы биогазового ДВС, отличных от тех, по которым были получены эмпирические зависимости (5) и (6).

Проверка показала, что максимальная погрешность расчёта среднего индикаторного давления p_i при использовании зависимостей (3)…(6) в сравнении с постоянным значением показателя сгорания увеличилась с 11,6 % до 4,2 %.

Описание двухзонной модели процесса сгорания. Известно, что распределение температур в цилиндре двигателя с искровым зажиганием в процессе сгорания очень неоднородно – температура сгоревших газов превышает температуру несгоревшей смеси, как правило, в несколько раз [3].

Вследствие этого методика И.И. Вибе имеет принципиальный недостаток – она позволяет рассчитывать только среднюю термодинамическую температуру в цилиндре ДВС. Вследствие приведенных выше обстоятельств использование данной температуры недопустимо для расчётов показателей токсичности отработавших газов.

Для устранения этого недостатка уточнённая методика расчёта процесса сгорания биогазового двигателя была дополнена двухзонной моделью процесса сгорания, описанной в [8].

Двухзонная модель процесса сгорания подразумевает разделение зоны цилиндра на сгоревшую и несгоревшую смесь, границей которым служит поверхность фронта пламени. Также в этой модели предполагаются следующие допущения: смесь в каждой зоне гомогенная и имеет одинаковые физико-химические свойства во всём объёме зоны; давление в каждой точке надпоршневого пространства одинаково в определённый момент времени; толщина фронта пламени бесконечно мала; газы в надпоршневом пространстве считаются идеальными; потери рабочего тела в надпоршневом пространстве за счёт прорыва газов через кольцевые уплотнения камеры сгорания не учитываются. Исходя из этих допущений, предлагается следующая методика.

Масса рабочего тела в надпоршневом пространстве согласно закону сохранения массы неизменна и подчиняется соотношению, кг

$$m = m_u + m_b, \tag{7}$$

где m_u – масса несгоревшей смеси; m_b – масса сгоревшей смеси.

Объём рабочего тела в надпоршневом пространстве, м^3

$$V = V_u + V_b, \tag{8}$$

где V_u – объём несгоревшей смеси; V_b – объём сгоревшей смеси.

Давление p и средняя термодинамическая температура T в надпоршневом пространстве рассчитываются при помощи методики Вибе.

Так как нам известны масса и давление смеси в надпоршневом пространстве, а также состав рабочей смеси в сгоревшей и несгоревшей зонах, можно, используя простые соотношения термодинамики, определить температуры сгоревшей и несгоревшей зон.

В несгоревшей зоне температура рабочей смеси увеличивается исключительно за счёт адиабатного сжатия. Следовательно, температура смеси в несгоревшей зоне, К

$$T_{u_{i+1}} = T_{u_i} \cdot \left(\frac{p_{i+1}}{p_i} \right)^{\frac{k_u - 1}{k_u}}, \quad (9)$$

где T_u – температура несгоревшей смеси, К; p – давление в цилиндре, Па; n_u – показатель политропы сжатия несгоревшей смеси; i – порядковый номер элемента в массиве.

Показатель политропы сжатия несгоревшей смеси

$$n_u = 1 + \frac{R_u}{C_{vu}}, \quad (10)$$

где R_u – характеристическая газовая постоянная несгоревшей смеси, Дж/(кг·К); C_{vu} – изохорная теплоёмкость несгоревшей смеси.

Температура сгоревшей смеси рассчитывается с использованием уравнения состояния

$$p_i V_{bi} = m_b R_b T_{bi}, \quad (11)$$

где R_b – характеристическая газовая постоянная сгоревшей смеси, Дж/(кг·К); T_{bi} – температура сгоревшей смеси, К.

Исходя из (7), массы сгоревшей и несгоревшей смеси в любой момент процесса сгорания мы можем рассчитать следующим образом

$$m_{bi} = m_i \cdot x_i, \quad (12)$$

$$m_{ui} = m_i \cdot (1 - x_i). \quad (13)$$

В уравнении (11), кроме T_b, присутствует вторая неизвестная – V_b. Чтобы её исключить, приведём уравнение (11) к виду

$$p(V - V_u) = m_b R_b T_b, \quad (14)$$

или

$$pV - pV_u = m_b R_b T_b. \quad (15)$$

Исходя из уравнения состояния

$$p V_u = m_u R_u T_u. \quad (16)$$

Подставив уравнения (11), (12), (13) и (16) в (14), получим температуру сгоревшей смеси, К

$$T_b = \frac{p \cdot V - m \cdot R_u \cdot T_u \cdot (1 - x)}{x \cdot m \cdot R_b}. \quad (17)$$

Выводы. В результате выполненных исследований предложен метод адаптации к условиям автомобильного биогазового ДВС методики расчёта характеристики тепловыделения И.И. Вибе. Данная методика дополнена двухзонной моделью процесса сгорания. Сравнение расчётных результанов, полученных с помощью данной методики, с экспериментальными, показало, что за счёт данной адаптации погрешность расчёта среднего индикаторного давления p_i снизилась с 11,6 % до 4,2 %.

Список литературы: **1**. Comparison of transport fuels: Final Report / [*T. Beer, T. Grant, G. Morgan and oth.*]: edited by *T. Beer*. – Melbourne, Australia: The University of Melbourne, 2002. – 463 p. **2**. *Lammle C.* Numerical and Experimental Study of Flame Propagation and Knock in a Compressed Natural Gas Engine: diss. for the degree of Doctor of Technical Sciences: Swiss Federal Institute of Technology / *C. Lammle*. Zurich, 2005. – 169 pp. **3**. *Третьяков Н. П.* Метод математического моделироания процесса сгорания в двигателях с искровым зажиганием / *Н. П. Третьяков* // Двигателестроение. – 1983. – № 7. – С. 7-9. **4**. *Вибе И. И.* Новое о рабочем цикле двигателей / *И. И. Вибе.* – М.: Машгиз, 1962. – 270 с.**5.** *Karim G. A.* Some Considerations of Cyclic Variations in Spark Ignition Engines Fueled

with Gaseous Fuels / *Karim G. A., Al-Alusi Y. H.* – Calgary, CA: Univercity of Calgary, 1984. – 12 p. – (Preprint / Univercity of Calgary: SAE № 840232). **6.** *Филипковский А. И.* Совершенствование рабочего процесса дизелей типа ЧН 32/32 на основе физического и математического моделирования: дис. канд. техн. наук: 05.04.02 / *Филипковский Алексей Игоревич*. – Х., 1988. – 193 с. **7.** *Кабанов А. Н.* Снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами транспортных дизелей путём конвертирования их в газовые двигатели: дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / *Кабанов Александр Николаевич*. – Х., 2007. – 206 с. **8.** *Кабанов О. М.* Двозонна модель процесу згоряння малолітражного газового двигуна з іскровим запалюванням / *Ф. І. Абрамчук, О. М. Кабанов, А. П. Кузьменко* та ін. // Вісник Національного транспортного університету. – 2011. – № 23. – С. 56-65.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 621.43.052

Методика расчёта процесса сгорания в автомобильном биогазовом ДВС / Абрамчук Ф. И., Кабанов А. Н., Петров Н. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.3-8 . – Бібліогр.: 8 назв.

Представлено уточнену методику розрахунку процесу згоряння у біогазовому ДВЗ. Наведено результати розрахунку процесу згоряння з використанням одержаної методики в порівнянні з результатами експерименту.

Ключові слова: біогаз, автомобільний двигун, процес згоряння, характеристика тепловиділення.

Corrected method of combustion process calculation in a biogas engine is presented. Results of combustion process calculation using the obtained method in comparison with experimental results are shown.

Keywords: biogas, automotive engine, combustion process, heat release rate.

УДК 621.785.53

К. О. КОСТИК, канд. техн. наук, доц., НТУ«ХПІ»

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ПРЕС-ФОРМ ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ МЕТОДОМ БОРУВАННЯ З НАНОПАСТ

Запропонована нова проста для використання та енергетично доцільна технологія борування виробів з вуглецевих та легованих сталей, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості прес-форм лиття під тиском.

Ключові слова: прес-форма, борування, сталі, структура, дифузійні шари.

Вступ. Найбільші затрати при литті під тиском відносяться до виготовлення прес-форм. Ці затрати складають 50–70 % від загальної собівартості виготовлення виливків методом лиття під тиском. На теперішній час доцільним є підвищення зносостійкості деталей прес-форм.

Конструктивні деталі прес-форм (плити, обойми та ін.) виготовляють з конструкційних сталей 35, 40, 45, 50. Вони піддаються поліпшувальній термообробці, а твердість їх поверхні становить HRC 30–34.

Деталі, що працюють в умовах зносу (виштовхувачі, замки повзунів, напрямні втулки і колонки тощо) виготовляють зі сталей У8А і У10А, 5ХНМ з твердістю HRC 48–52.

Одним з найбільш ефективних методів підвищення стійкості виробів є хіміко-термічна обробка, при якій здійснюється зміцнення. Серед різних процесів дифузійного насичення все більше привертає увагу борування завдяки забезпеченню високої твердості, зносостійкості, теплостійкості і корозійної стійкості поверхневого шару. Особливо незаперечна перевага боровмістких покриттів й, зокрема

© К. О. КОСТИК, 2013

двофазного борування, перед іншими видами хіміко-термічної обробки проявляється при зміцненні деталей, що працюють в умовах абразивного зношування.

Анализ публикаций. Існує багато різних за технологією способів борування. Вибір методу диктується його технологічністю, обладнанням, яке є на виробництві, конфігурацією, розмірами, умовами роботи і ступенем досягнутого підвищення стійкості зміцнюваних виробів. У масовому виробництві обробка нескладних, середніх за розмірами виробів переважно здійснюється електролізним і газовим боруванням. При обробці дрібних складних за конфігурацією виробів доцільніше використовувати рідкий або порошковий методи борування. Порошковий метод більш прийнятний, якщо зміцнені вироби не вимагають подальшої термообробки. Крупногабаритні вироби, особливо при необхідності їх місцевого борування або поєднання борування з термічною обробкою, доцільно насичувати в обмазках (в пастах).

Мета роботи. Метою роботи є розробка простої для використання та енергетично доцільної технології борування деталей зі сталей, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості прес-форм лиття під тиском.

Методика експерименту. Борування здійснювали у нанодисперсній пасті, яку наносили на підготовлені зразки [1]. Процес борування вивчали при пічному нагріванні. Температура дорівнювала 850 °С, видержка варіювалася від 15 до 120 хв. Після борування проводили гартування від температури хіміко-термічної обробки з наступним низьким відпуском для часткового зняття внутрішніх напружень [2].

Обговорення результатів. Після борування при пічному нагріванні утворюються дифузійні шари, що включають боридну і перехідну зони.

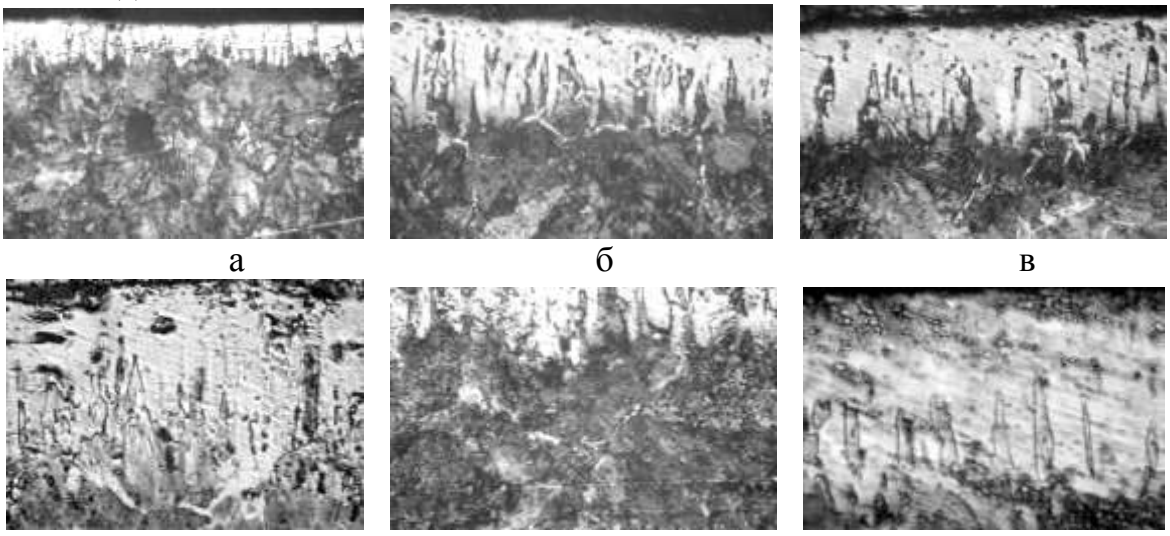
Розчинність бору в залізі при температурі 1000 °С не перевищує 0,008 % [3]. При насиченні сталі бором понад цю межу утворюються хімічні сполуки бора з залізом FeB і Fe_2B. Від поверхні вглиб металу проростають окремі голкоподібні кристали бориду Fe_2B (рис. 1, а). Поступово ці кристали зливаються в суцільний шар. Твердість борида становить до 18 ГПа. По мірі подальшого насичення бором на поверхні утворюється ще один шар з боридів FeB (рис. 1, б–е). Твердість його досягає до 22 ГПа. Незважаючи на таку високу твердість, бориди мають меншу крихкість, ніж карбіди і нітриди.

Під боридною зоною далі розташовується перехідна зона (рис. 1, д), що являє собою твердий розчин бора в залізі. Характерним явищем при боруванні є утворення під шаром боридів зони з підвищеним вмістом вуглецю. Бор, проникаючи в поверхню, як би "відтискає" вуглець углиб. Завдяки підвищеному вмісту вуглецю в цій зоні утворюється перлітна структура. Глибина такої зони може в кілька разів перевищити глибину самого боридного шару. У загальному випадку товщина і структура перехідної зони визначається хімічним складом сталі та насичувального середовища, швидкістю охолодження з температури процесу.

В процесі формування боридного шару сталі 5ХНМ відбувається перерозподіл легувальних елементів як між боридними фазами, так і між боридним шаром та перехідною зоною (рис. 2).

За експериментальними даними отримано залежність товщини боридів від тривалості борування для сталей 50 та 5ХНМ (рис. 3). Для вуглецевої сталі, як і для легованої, спостерігається активне зростання боридів при зміні тривалості

борування до 60 хвилин. При подальшому збільшенні часу ХТО швидкість зростання боридів зменшується. Це відбувається за рахунок наявності карбідів у перехідній зоні, які гальмують ріст боридного шару. Товщина боридного шару в сталі 5ХНМ менше, ніж у сталі 50. Це пов'язано з формуванням спеціальних боридів і карбідів легувальних елементів сталі 5ХНМ, що гальмують дифузійні процеси проникнення атомарного бору вглиб сталі при насиченні. Зміна часу борування приводить до збільшення глибини дифузійного шару до 100 мкм для сталі 5ХНМ та до 145 мкм для сталі 50.



а б в

г д е

Рис. 1 – Мікроструктури борованої сталі 50 при пічномунагріванні до 850 °С: а – тривалість 10 хв.; б – 30 хв.; в – 60 хв.; г – 90 хв.; д – мікроструктура перехідної зони за 90 хв.; е – 120 хв.; х 200

а б в г

Рис. 2 – Мікроструктури борованої сталі 5ХНМ при пічному нагріванні до 850 °С: а – тривалість 15 хв.; б – 30 хв.; в – 60 хв.; г – 90 хв.; х 200

Для проведення поверхневого дифузійного насичення виробу необхідно створити направлений дифузійний потік атомів насичувального елементу з поверхні вглиб виробу, що можливе за умови одночасного протікання трьох основних процесів:

1. Утворення вільних атомів насичувального елементу на поверхні виробу, що піддається дифузійному насиченню.
2. Адсорбції атомів

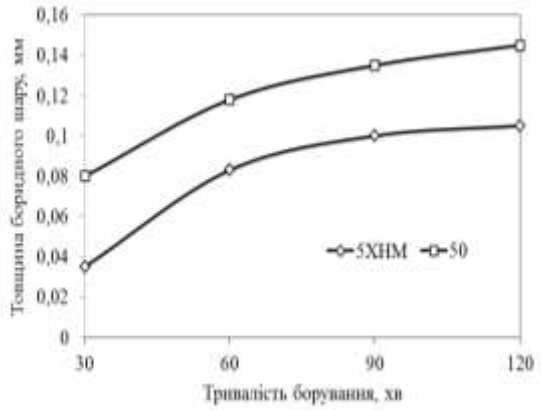


Рис. 3 – Залежність товщини боридного шару від тривалостіборування сталей

насичувального елементу виробом.

3. Дифузії адсорбованих атомів вглиб виробу.

Найвірогіднішим і легко з'ясовним є вакансійний механізм. Відомо, що реальний кристал містить певне число вакантних вузлів решіток. Ці вакансії відкривають шлях для легкого здійснення дифузії. Елементарним стрибком при дифузії по цьому механізму служить перескок атома в сусідню вакансію. В результаті стрибка атом і вакансія просто обмінюються місцями [4].

Атом дифундує по кристалу в результаті ряду обмінів місцями з різними вакансіями, які час від часу виявляються поблизу нього. Аналіз діаграми стану залізо-бор [5] показав, що дифузійні шари на залізі легко формуються з тими елементами, які на діаграмі стану утворюють явно виражену замкнуту γ-область поблизу температурної осі заліза. Виникнення фазового перетворення під дією зміни температури і концентрації бору в сталі пояснює голкоподібне зростання боридних дифузійних шарів на поверхні сталі. Формування дифузійного шару можливе і у разі відсутності розчинності в результаті хімічної взаємодії атомів насичувального елемента (B) і основи (Fe).

Тут дифузія пов'язана з утворенням нових фаз (хімічних з'єднань), які виникають в результаті реакцій, що відбуваються в твердій фазі. Така дифузія називається реакційною. Коефіцієнт дифузії бору в загальному вигляді можна записати:

$$D_B = D_O \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

Згідно з даних [4–5] температурна залежність коефіцієнта дифузії бору в α- і γ-залізі описується наступними формулами:

$$D_B^{\alpha} = (7,9 \pm 2,3) \cdot 10^{-5} \exp\left(-\frac{67 \pm 5}{RT}\right), \text{ см}^2/\text{с}$$

$$D_B^{\gamma} = (5,7 \pm 1,8) \cdot 10^{-3} \exp\left(-\frac{23 \pm 4}{RT}\right), \text{ см}^2/\text{с}$$

Експериментальні значення коефіцієнтів дифузії бору визначали по формулі:

$$D_B = \frac{h^2}{4 \cdot \tau}$$

На основі цих даних було побудовано графік зміни коефіцієнту дифузії бору в обох сталях залежно від часу (рис. 4) та отримані залежності коефіцієнта дифузії бору в вуглецевій та легованій сталях при використанні нанодисперсної пасти. З підвищенням температури, коефіцієнт дифузії зростає. Як і очікували, коефіцієнт дифузії бору більше у вуглецевій сталі, ніж у легованій. Це явище пов’язано з наявністю легувальних елементів, які гальмують процес насичення, утворюючі сполуки з бором.

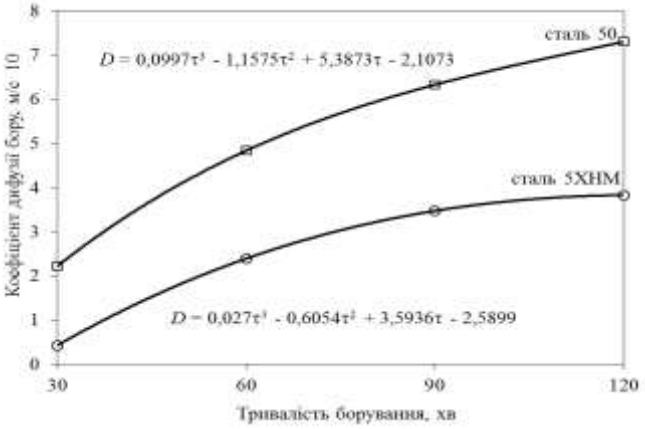


Рис. 4 – Зміна коефіцієнту дифузії бору в сталях 50 та 5ХНМ

Завдяки запропонованого складу пасти швидкість дифузійних процесів

підвищується в 2–3 рази в порівнянні з існуючими методами борування при печному нагріванні. Збільшення швидкості росту боридних шарів пояснюється високим вмістом атамарного бору (85 %) і великою поверхнею нанодисперсних частинок суміші, що інтенсифікує протікання хімічних реакцій та дифузійних процесів.

Висновки. Розроблена проста для використання та ефективна технологія борування деталей зі сталей, яка скорочує тривалість хіміко-термічної обробки у 2–3 рази при одержанні високоякісних боридних шарів, які значно підвищують зносостійкість деталей прес-форм лиття під тиском.

Список літератури: **1**. Патент України №33654, МПК8 с 23 с 8/00. Склад для борування сталевих виробів / *О. О. Павлюченко, В. О. Костик, К. О. Костик*. – Заявка №u200800226. Заявл. 04.01.08, надрук. 10.07.08, Бюл. № 13. **2.** *Костик В. О., Сапуцкая О. В., Костик Е. А.* Формирование микроструктуры борированного слоя на поверхности углеродистой конструкционной и инструментальной сталях из обмазок при печном нагреве // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков. –№ 5/1 (17), 2005. – С. 63–68. **3.** *Поляк М. С.* Технология упрочнения / М. С. Поляк. – Т. 2. – М. : Машиностроение ; Л. В. М. – СКРИПТ, 1995. – 688 с. **4.** *Райцес В. Б.* Химико-термическая обработка деталей / *В. Б. Райцес, В. М. Литвин*. – К. : Техніка, 1980. – 152 с. **5.** *Лахтин Ю. М.* Химико-термическая обработка металлов : учебное пособие [для вузов] / *Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов*. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с.2.

Надійшла до редколегії 17.11.2013

УДК 621.785.53

Підвищення зносостійкості деталей прес-форм лиття під тиском методом борування з нанопаст/ К. О. Костик // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.8-12 . – Бібліогр.: 5назв.

Предложена новая простая в использовании и энергетически целесообразная технология борирования изделий из углеродистых и легированных сталей, направленная на сокращение длительности химико-термической обработки при получении высококачественных борированных слоев, которые обеспечивают необходимые эксплуатационные свойства пресс-форм литья под давлением.

Ключевые слова: пресс-форма, борирование, сталь, структура, диффузионные слои.

A new easy-to-use and energy-appropriate technology of boriding parts from carbon and alloyed steels, which aims to reduce the duration of chemical-thermal processing upon receipt of high-quality boriding layers that provide the necessary operational properties of pressure die casting press-forms.

Keywords: a press-form, борирование, steel structure, diffusion layers.

УДК 621.165

Т. Н. ФУРСОВА, канд. техн. наук, доц.,УИПА, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЕЛОЧНЫХ ХВОСТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

С помощью программного комплекса ANSYS проведен анализ напряженно – деформированного состояния многоопорного елочного хвостового соединения рабочих лопаток паровых турбин

Ключевые слова: напряженно – деформированное состояние, хвостовое соединение, рабочая лопатка, паровая турбина

Введение. Период развития турбостроения 60 – 90 – х годов XX столетия характеризуется бурным ростом единичных мощностей агрегатов. В подавляющем большинстве случаев повышение мощности агрегатов определяется максимально

© Т. Н. ФУРСОВА, 2013

достижимой торцевой площадью последней ступени, увеличением длины и среднего диаметра ее рабочей лопатки. Следствием этого является повышение центробежной силы лопатки и высокий уровень напряжений растяжения в ее активной части.

Для крепления на диске лопаток, центробежная сила которых достигает 1000000 Н (для турбин на 3000 об/мин) и 2000000 Н (для турбин на 1500 об/мин) используются хвостовые соединения, конструкция которых обеспечивает их длительную и надежную работу. Наибольшее распространение в турбинах большой мощности различных турбостроительных фирм получили конструкции хвостовых соединений вильчатого и елочного типов.

Наиболее перспективной с точки зрения надежности, высокой несущей способности, технологичности и удобства сборки следует рассматривать елочное хвостовое соединение.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Многоопорное хвостовое соединение елочного типа работает в условиях сложнонапряженного состояния, характеризуемого местной и общей неравномерностями распределения напряжений. Общая неравномерность напряженого состояния определяется неравномерностью распределения нагрузки по зубцам и зависит от конфигурации соединения, условий силового взаимодействия сопрягаемых деталей, свойств материалов деталей соединения при рабочей температуре.

Местная неравномерность напряженого состояния определяется коэффициентами концентрации напряжений и зависит от радиусов закруглений, плавности линий сопряжений.

Результаты исследований напряженно – деформированного состояния (НДС) елочных хвостовых соединений изложены в ряде работ [1 - 7]. Однако сегодня, с учетом развития современных средств расчетно – экспериментальных исследований, могут быть пересмотрены вопросы прочности ответственных деталей и подходы к ресурсу эксплуатации паровых турбин. Во многих случаях численные исследования, например, с помощью программного комплекса ANSYS на базе метода конечных элементов (МКЭ), позволяют получить картину, близкую к экспериментальным исследованиям, а в ряде случаев – и заменить их (хотя их значение сохраняется в качестве средства интегральной проверки картины НДС и, в некоторых случаях, уточнения граничных условий).

Главным достоинством получивших распространение в настоящее время численных методов расчета на ЭВМ, в отличие от традиционных (основанных на положениях сопротивления материалов и теории упругости), является возможность проводить подробное исследование общего НДС и характера распределения местных напряжений в двухмерной и объемной постановке задач при значительном сокращении времени исследования.

Целью работы является исследование нагрузочных и деформационных характеристик елочных хвостовых соединений рабочих лопаток паровых турбин с помощью численного расчета на ЭВМ для установления достоверной картины НДС.

Исследование напряженно – деформированного состояния елочного хвостового соединения. Хвостовик лопатки размещен в пазу диска и подвержен радиальной нагрузке от центробежных сил активной части лопатки и собственных центробежных сил хвостовика. Значительная протяженность хвостовика в направлении оси турбины (0,18 м) по сравнению с размерами поперечных сечений, а также результаты исследования объемного напряженного состояния хвостовика (не

выявившие существенной неравномерности силовых линий в осевом направлении) позволяют с достаточной степенью достоверности рассматривать двухмерную постановку задачи.

Исследование НДС елочного хвостового соединения проводилось с помощью программного комплекса ANSYS. При построении конечно-элементной модели использован элемент PLANE 82, хорошо описывающий тела сложной формы.

Обсуждение результатов. Характер распределения напряжений в хвостовом соединении при контакте по всем опорным поверхностям, представленный на рис.1, показывает, что наибольшие напряжения возникают в зоне верхнего зубца (до 1340 МПа).

Величины полученных максимальных напряжений превышают значения пределов текучести лопаточных сталей (для 15Х13, например, - 450 МПа, для 15Х11МФ - 680 МПа) [8], что приводит к образованию незначительной по глубине зоны пластического деформирования металла, зависящей от величины коэффициента концентрации и уровня средних напряжений. Следует отметить, что в деталях, подверженных статическим нагрузкам, такой характер распределения напряжений не приводит к снижению их работоспособности.

Из рис. 1 следует, что зона максимальных напряжений весьма незначительна.

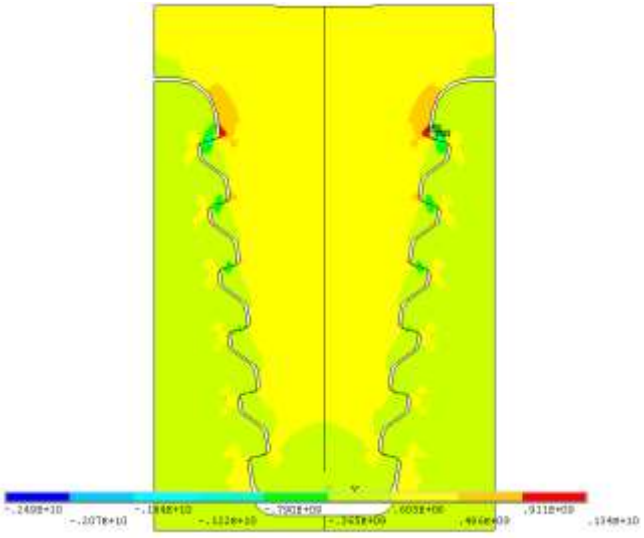


Рис. 1 – Распределение напряжений в елочном хвостовом соединении

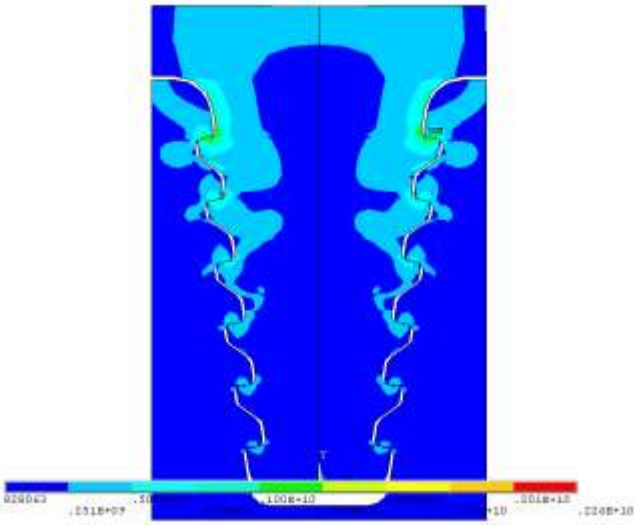


Рис. 2 – Распределение эквивалентных напряжений в елочном хвостовом соединении

Общее напряженное состояние хвостового соединения характеризуемое эквивалентными напряжениями (напряжения по Мизесу), представлено на рис. 2.

Программный комплекс ANSYS позволяет получить величины контактных напряжений на опорных поверхностях зубцов хвостовика (рис. 3.)

Зная величины контактных напряжений (брались средние напряжения эпюры) и размеры площадки контакта, можно определить действующие реактивные усилия на зубцах хвостовика. Они соответственно равны: P_1= 221760 Н, P_2= 136080 Н, P_3= 105600 Н, P_4= 105600 Н, P_5= 87840 Н, P_6 = 58560 Н (от верхнего зубца).

Величина относительного усилия, действующего на каждый зубец хвостовика определялась как $P_{0i} = \frac{P_i}{P}$, i = 1, 2, … n при n = 6, где $P = \frac{1000000}{12} = 83333$ Н).

Распределение нагрузки по зубцам, полученное расчетным путем, представлено на рис. 4. Величины реактивных усилий постепенно снижаются от верхней пары зубцов хвостовика.

Для дальнейшего анализа НДС были выбраны сечения по опорным площадкам зубцов хвостовика.. Как видно из рис. 5, для верхней пары зубцов максимальные напряжения в расчетном сечении составляют 815 МПа и средние – 340 МПа.

В условиях эксплуатации турбомашин большинство разрушений хвостовых соединений носит усталостный характер, при котором развитие трещин начинается в зонах с максимальным уровнем напряжений из - за их концентрации.

Теоретический коэффициент концентрации напряжений является функцией геометрических параметров детали, и для наиболее часто встречающихся типов концентраторов (отверстия, выточки, угловые переходы и т.д.) значения этих коэффициентов широко представлены в справочной литературе [9]. Однако для конструктивных форм, характеризуемых сложной геометрией, справочные данные не дают достоверной оценки величины и характера изменения местных напряжений.

Представление о влиянии различных факторов на НДС конструкции можетбыть получено с помощью

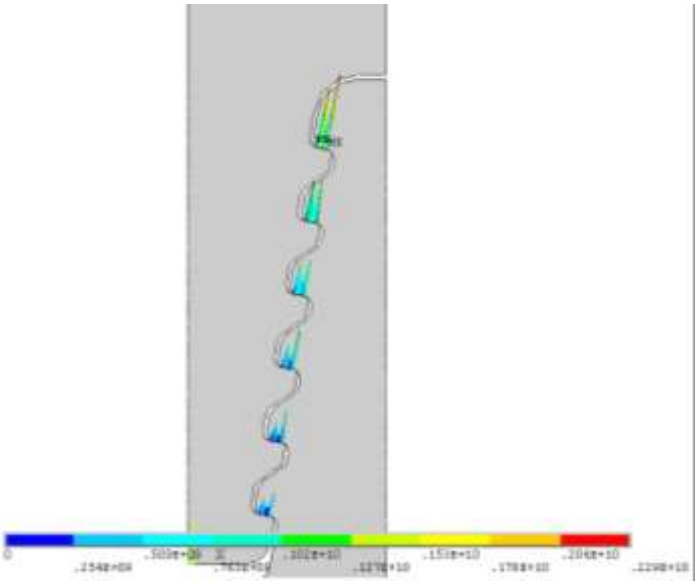


Рис. 3 – Контактные напряжения на опорах зубцов хвостовика

Рис. 4 – Распределение нагрузки по зубца, полученное с помощью программного комплекса ANSYS

Рис. 5 – Распределение средних и максимальных напряжений в сечениях хвостовика

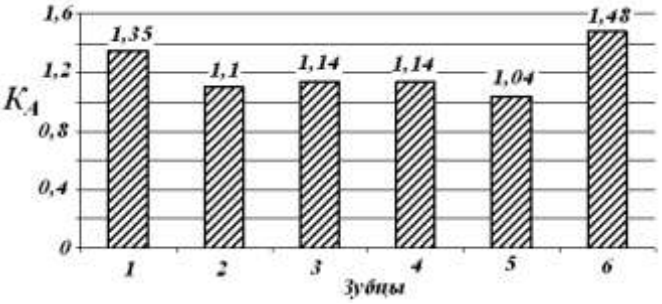


Рис. 6 - Эффективные коэффициенты концентрации напряжений

эффективных коэффициентов концентрации.

Для их определения воспользуемся формулой, предложенной Нейбером (рис. 6) [10]:

$$K_A = 1 + \frac{K_t - 1}{1 + \frac{\pi}{\pi - \omega}\sqrt{\frac{A}{R}}},$$

где A = 0,092 мм – постоянная материала по Нейберу; K_t - теоретический коэффициент концентрации напряжений; R – радиус закругления у основания выреза; ω – входящий угол выреза в виде V – образного паза, выражающийся в радианах.

Следует отметить, что значения эффективных коэффициентов концентрации уменьшаются с возрастанием угла раствора ω более 90º. Это может быть использовано для уменьшения эффективных коэффициентов концентрации напряжений и усовершенствования конструкции елочного хвостового соединения.

Выводы. В ходе проведенных исследований была получена общая картина НДС и величины контактных напряжений на опорных поверхностях хвостового соединения, выявлены наиболее напряженные зоны конструкции; установлено распределение реактивных усилий по зубцам хвостовика; получены эффективные коэффициенты концентрации напряжений в расчетных сечениях хвостового соединения.

Список литературы: **1.** *Лейкин, А. С.* Напряженность и выносливость деталей сложной конфигурации [Текст] / *А. С. Лейкин* - М.: Машиностроение, 1968. – 371 с. **2.** *Мустафин, Ч. Г.* Исследование влияния зазоров между опорными поверхностями зубьев на распределение нагрузки в елочных хвостовых соединениях рабочих лопаток турбин: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. тех. наук: спец. 05.05.16 «Турбомашины и турбоустановки» [Текст] / *Ч. Г. Мустафин*. – Л., 1963. – 20 с. **3**. Прочность элементов паровых турбин [Текст] / под ред. *Л. А. Шубенко-Шубина*. – М.; К.: ГНТИ машиностроит. лит - ры, 1962. – 568 с. **4.** *Сухинин, В. П.* Расчет нагрузочных и деформационных характеристик елочных хвостовых соединений рабочих лопаток паровых турбин [Текст] / *В. П. Сухинин* // Проблемы машиностроения. - 2005. – Т. 8, №1. – С. 38 - 46. **5.** *Гиацинтов, Е. В.* Влияние некоторых конструктивных параметров на распределение усилий в замковых соединениях елочного типа [Текст] / *Е. В. Гиацинтов* // Труды Моск. технол. ин-та. – М., 1959. – Вып. 37. – С. 350 - 357. **6.** *Мустафин, Ч. Г.* К расчету елочных хвостовых соединений рабочих лопаток турбин [Текст] / *Ч. Г. Мустафин* // Вестник машиностроения. – 1962. - №7. – С. 13-17. **7**. Напряжения и деформации в деталях паровых турбин [Текст] / под ред. *А. Н. Подгорного*. – К: Наукова думка, 1978. – 276 с. **8.** *Михайлов – Михеев, П. Б.* Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения [Текст] / *П. Б. Михайлов – Михеев*. – М.; Л.: ГНТИ машиностроит. лит - ры, 1961. – 838 с. **9.** *Савин, Г. Н.* Справочник по концентрации напряжений [Текст] / *Г. Н. Савин, В. И. Тульчий*. – К.: Вища школа, 1976. - 412 с. **10.** *Хэйвуд, Р. Б.* Проектирование с учетом усталости [Текст] / *Р. Б. Хейвуд*. – М.: Машиностроение, 1969. – 504 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 621.165

Исследование напряженно – деформированного состояния елочных хвостовых соединений рабочих лопаток паровых турбин / Фурсова Т. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.12-17 . – Бібліогр.: 10 назв.

За допомогою програмного комплексу ANSYS проведений аналіз напружено – деформованого стану багатоопорного ялинкового хвостового з'єднання робочих лопаток парових турбін

Ключові слова: напружено – деформований стан, хвостове з'єднання, робоча лопатка, парова турбіна

With the help of ANSYS software analyzes the stress - strain state multisupporting root joint rotor blades of a compound steam turbines

Key words: stress - strain state, root joint, rotor blade, the steam turbine

УДК 669.1.002.5:621.78

В. Г. ЛЯСОВ, Директор прокатного департамента, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;
А. В. МАМАЕВ, менеджер, ПАО «Арселор Миттал Стил Кривой Рог»;
П. А. ЖИТНИКОВИЧ, старший мастер, ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог»;
С. О. МАЦЫШИН, аспирант, Металлургический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ПРОКАТА НА КОМПЛЕКС СТРУКТУРНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

В статье описаны технология производства термоупрочненной арматуры с прокатного нагрева и результаты проведенного ускоренного охлаждения и термического упрочнения арматурного проката Ø 12 мм на класс А500С из стали Ст3ТРпс в потоке мелкосортного стана 250-4 ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог». Установлено, что у поверхности микроструктура металла состоит из отпущенного мартенсита, за ободком со структурой отпущенного мартенсита следует переходная зона со структурой нижнетемпературного бейнита с участками троостита.

Ключевые слова: термоупрочненная арматура, ускоренное охлаждение, термическое упрочнение, отпущенный мартенсит, нижнетемпературный бейнит, троостит.

Введение. Арматурный прокат является основным видом армирования железобетонных конструкций, объемы и применение которых в Украине и за рубежом неуклонно возрастают.

Анализ последних исследований и литературы. Основным объектом исследований является наиболее массово применяемый в современном строительстве арматурный прокат класса А500С. Производство проката класса А500С, широко применяемого за рубежом, потребовало проведения комплекса научно-исследовательских работ, направленных на обеспечение внедрения арматурного прока по ДСТУ 3760-98(2006) в строительную практику Украины [1].

Непрерывное наращивание объемов производства арматурной стали не всегда является целесообразным. Актуальное значение приобретает необходимость экономного расходования стали в качестве армирующего материала, что в первую очередь может быть достигнуто путем увеличения его прочности.

Упрочнение проката в потоке станов путем его интенсивного охлаждения с прокатного нагрева дает возможность при низкой стоимости передела существенно повысить прочностные свойства стали данного химического состава или получить требуемые свойства при пониженном содержании в стали легирующих элементов [2].

При термическом упрочнении стержневой арматуры в потоке непрерывного стана методом прерванной закалки по сечению изделия формируются слои, обладающие различной структурой. Конечный комплекс свойств арматуры

© В. Г. ЛЯСОВ, А. В. МАМАЕВ, П. А. ЖИТНИКОВИЧ, С. О. МАЦЫШИН, 2013

определяется соотношением толщин структурных слоев, зависящих от режимов охлаждения, марки стали, степени горячей деформации.

Поскольку непосредственно в процессе самого термического упрочнения и на последующих этапах производства проката (арматуры) или переработки исходные структуры стали могут подвергаться тепловому воздействию (самоотпуску, отпуску, нагреву при сварочном цикле, электронагреву и т.д.), то окончательные свойства продукции будут определяться конечным структурным состоянием. Поэтому термически упрочненная арматурная сталь после повторного нагрева должна сохранять механические свойства, соответствующие тому классу прочности, по которому она была изготовлена на металлургическом заводе.

Цель работы. Целью является исследование работы линии ускоренного охлаждения и термического упрочнения в потоке мелкосортного стана 250-4 ПАО «Арселор Миттал Кривой Рог» с целью выработки рекомендаций по организации энергосберегающих режимов охлаждения и режимов прерывистого охлаждения во избежание образования мартенситной структуры.

Материалы исследований. Разработка технологии термомеханического упрочнения проката на МС 250-4.

Обсуждение результатов. На мелкосортном стане 250-4 осуществляется прокат арматуры диаметром 12 мм из стали марки Ст3ТРпс на класс 460 (BS 4449 спецификация британского стандарта на сортовой прокат из углеродистой стали для армирования бетона), А400С и А500С.

Линия ускоренного охлаждения (ЛУО) и термического упрочнения проката (рис. 1) расположена между последней чистовой клетью прокатного стана и холодильником.

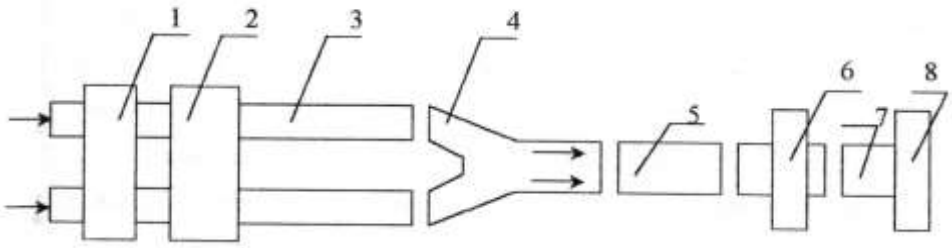


Рис. 1 – Линия ускоренного охлаждения МС 250-4 СПЦ-2 ПАО «АМКР»: 1 - отсечка противоточная, 2 – форсунка, 3 – камера охлаждения первая (L=3,2 м), 4 – «сводка» (L=1,5 м), 5 – камера охлаждения вторая (L=1,2 – 1,5 м), 6 – отсечка ((L=3,0 – 2,2 м), 7 – камера охлаждения холостая, 8 – отсечка воздушная

Технология производства термоупрочненной арматуры с прокатного нагрева в условиях МС 250-4 характерна для так называемого Темпкор-процесса, разработанного в начале 70-х годов в Бельгии и независимо разработанного в СССР для производства термоупрочненной арматуры класса Ат- III [3].

Название «Темпкор» принято для процесса по принципу, на котором он основан: отпуск предварительно закаленного поверхностного слоя под воздействием тепла, поставляемого сердцевиной изделия.

Процесс протекает в четыре стадии. Первая стадия – быстрое охлаждение по всем ступеням ЛУО, начинающееся сразу же после выхода прутка из последней чистовой клети. В течении этой стадии осуществляется закалка поверхностного слоя на некоторую глубину. В конце этой стадии пруток имеет аустенитную сердцевину, окруженную приповерхностным слоем, который состоит из мартенсита. Продолжительность первой стадии должна зависеть от температуры конца прокатки, возрастая с ее увеличением, диаметра арматуры и марки стали.

На второй стадии процесса пруток покидает зону быстрого охлаждения водой

и охлаждается на воздухе. В момент прекращения водяного охлаждения коэффициент теплоотдачи окружающей среде очень мал из-за низкой температуры поверхности (150-250 °С), а температурный градиент по сечению прутка, наоборот, очень высокий. Поэтому тепло из сердцевины начинает быстро поступать к поверхности, нагревая ее. К концу этой стадии происходит выравнивание температуры по сечению с установлением среднемассовой температуры, которую принимают за температуру самоотпуска. Во время второй стадии происходит отпуск образовавшегося в приповерхностном слое мартенсит. Сердцевина прутка продолжает оставаться в аустенитном состоянии. Длительность этого периода определяется диаметром прутка и условиями охлаждения на первой стадии.

Третья стадия процесса наступает, когда пруток оказывается уже на холодильнике. Эта стадия представляет собой квазиизотермическое превращение аустенита центральных зон прутка. Продуктами этого превращения могут быть либо смесь феррита и перлита, либо смесь феррита, перлита и бейнита в зависимости от таких факторов, как состав стали, диаметр прутка, температура конца прокатки, эффективность и длительность охлаждения на первой стадии.

Четвертая стадия – охлаждение прутка на холодильнике до температуры окружающей среды после завершения в металле структурных превращений [3].

Ускоренное охлаждение и термическое упрочнение арматурного проката Ø 12 мм на класс А500С в потоке МС 250-4 осуществляется при следующих параметрах прокатки:

- давление охлаждающей воды перед форсункой: до 2,5 МПа;
- скорость прокатки: 13,0 – 13,6 м/с;
- температура конца прокатки: 1050 – 1100 °С;
- температура охлаждающей воды перед форсункой: 20 – 45 °С.

В результате металлографических исследований поперечных микрошлифов проб арматурного проката стали Ст3ТРпс класса А500С диаметром 12 мм было установлено, что на всех пробах имеет место темнотравящийся ободок глубиной от 1,4 мм до 1,8 мм.

В результате микроисследования установлено, что у поверхности микроструктура металла состоит из отпущенного мартенсита. За ободком со структурой отпущенного мартенсита следует переходная зона со структурой нижнетемпературного бейнита с участками троостита.

Формирование подобной микроструктуры объясняется на основании результатов, полученных при моделировании процесса ускоренного охлаждения и термоупрочнения арматурного проката.

Поверхность прутка охлаждается со скоростью более 1000°С/с, в результате чего аустенит поверхностной зоны претерпевает мартенситное превращение. Температура начала аустенитно-мартенситного превращения для стали марки Ст3ТРпс была принята равной Мн = 500°С. Область температур начала промежуточного (бейнитного) превращения от 550 °С до Мн [4].

Аустенит средних слоев проката охлаждается со скоростью 380 – 850 °С/с до 550 °С/с без каких-либо фазовых превращений. Аустенит центральной зоны претерпевает охлаждение от температуры конца прокатки до т. Ar1 (≈ 727 °С) со скоростью 150 – 380 °С/с.

Таким образом, на выходе из последней ступени линии ускоренного охлаждения по сечению проката образуются участки со следующей

микроструктурой (рис. 2, 3).

Участок 1: поверхностный слой глубиной 1,4 – 1,8 мм с температурным полем от tпов = 125- 130 °С до Мн = 500 °С со структурой аустенитно-мартенситного превращения.

Участок 2: переходная зона со структурой аустенита, охлажденного ниже температуры бейнитного превращения.Участок 3: средняя часть со структурой переохлажденного аустенита ниже т. Ar1.

Участок 4: средняя часть прутка со структурой аустенита в интервале температур от Ar3 до Ar1 .

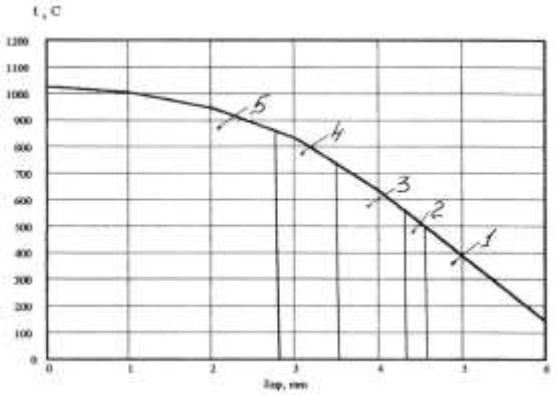


Рис. 2 – Распределение участков с различной микроструктурой по радиусу проката в конце процесса охлаждения водой

Участок 5: сердцевина прутка со структурой аустенита при температуре выше т. Ar3 (≈ 860 °С).

ободок переходная зона ½ радиуса

Рис. 3 – Микроструктура металла

Участки 2, 3, 4 и 5 не успевают претерпеть каких-либо превращений аустенита вследствие больших скоростей охлаждения.

Таким образом, после прекращения ускоренного охлаждения внутри проката находится слой толщиной ¾ Rпр в аустенитном состоянии. При дальнейшем охлаждении на воздухе в течении ≈ 1,75 с за счет тепла сердцевины происходит выравнивание температур по сечению с установлением температуры самоотпуска в пределах 500 – 550 °С. Это происходит к разогреву закаленного поверхностного слоя с образованием структуры отпущенного мартенсита (сорбита отпуска) и переходной зоны со структурой нижнетемпературного бейнита.

Дальнейшее охлаждение на воздухе со скоростью 4 – 6°С/с от температуры самоотпуска до температуры окружающей среды приводит к образованию в основном сечении прутка мелкой феррито-цементитной смеси, называемой троститом [4].

Для возможности прогнозирования механических свойств готового проката были обработаны экспериментальные данные с целью выявления количественной связи между объемами образующихся фаз структуры и механическими свойствами. Это было сделано на том основании, что простое линейное соотношение между

свойствами (особенно) прочности и объемной долей фаз часто сводится к идеализированному закону смешания, что практически вполне приемлемо [5].

Таким образом, прочностные свойства стали, как природного композита, рассчитывали по правилу смесей [6,7 14,15].

$$\sigma = \sigma_м \cdot V_м + \sigma_{тр} \cdot V_{тр},$$

где $\sigma_м, \sigma_{тр}$ - прочностные характеристики мартенсита и троостита, МПа;

$V_м, V_{тр}$ - объемные доли фаз.

При этом долей образующегося нижнетемпературного бейнита пренебрегали, объединяя ее с долей троостита.

Выводы. Промышленные испытания подтвердили возможность ускоренного охлаждения и термического упрочнения арматурного проката диаметром 12 мм на класс А500С из стали марки Ст3ТРпс в потоке стана 250-4 .

Список литературы: **1.** *Шеремет, В. А.* Научные исследования, современное состояние, перспективы развития производства и применение арматурного проката для железобетонных конструкций [Текст] / *В. А. Шеремет, А. В. Кекух, Н. П. Жильцов и др.* //Теория и практика металлургии. – 2004. - №3-4. – С. 121-127. **2.** *Узлов, И. Г.* Термическая обработка проката [Текст] / *И. Г. Узлов, В. Я. Савенков, С. Н. Поляков.* – Киев: Техника, 1981. – 159 с. **3.** *Кугушин, А. А.* Высокопрочная арматурная сталь [Текст] / *А. А. Кугушин, И. Г.Узлов, В. В. Калмыков, С. А Мадатян, А. В. Ивченко.* – М.: Металлургия, 1986. – 272 с. **4.** *Самохоцкий, А. И.* Металловедение [Текст] / *А. И. Самохоцкий, М. Н. Кунявский, Т. М. Кунявская, Н. Г. Парфеновская, Н. А. Быстрова.* – М.: Металлургия, 1990. – 416 с. **5.** *Пикеринг, Ф. Б.* Физическое металловедение и разработка сталей: Перев. с англ. [Текст] / *Ф. Б. Пикеринг.* – М.: Металлургия, 1982. – 184 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 669.1.002.5:621.78

Исследование влияния технологии термомехани-ческого упрочнения проката на комплекс структурных составляющих и прогнозирование механических свойств / Лясов В. Г., Мамаев А. В., Житникович П. А., Мацышин С. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.17-21 . – Бібліогр.: 5назв.

В статті описані технологія виробництва термозміцненної арматури з прокатного нагріву та результати проведеного прискоренного охолодження та термічного зміцнення арматурного прокату Ø 12 мм на класс А500С зі сталі Ст3ТРпс в потоці дрібно сортового стану 250-4 ПАО «Арселор Міттал Кривий Ріг». Встановлено, що у поверхні мікроструктура металу складається з відпущеного мартенситу, за ободком зі структурою відпущеного мартенситу знаходиться перехідна зона зі структурою низькотемпературного бейніту з ділянками троститу.

Ключові слова: термозміцнень арматура, прискорене охолодження, термічне зміцнення, відпущений мартенсит, низькотемпературний бейніт, троостит.

In article are described the production technology of the thermostrengthened fittings from rolling heating and results of the carried-out accelerated cooling and thermal hardening of rebar of Ø 12 mm on the class A500C from St3trps steel in a stream of a light section mill 250-4 PJSC "Arselor Mittal Krivoi Rog". It is established that at a surface the microstructure of metal consists of the released martensite, the rim with structure of the released martensite is followed by a transitional zone with structure of lowtemperature bainite with parts of troostite.

Keywords: the thermostrengthened fittings, the accelerated cooling, the thermal hardening, the released martensite, lowtemperature bainite, troostite.

УДК 62-752+62-755:641.514.7-83:006.354

Г. Б. ФИЛИМОНИХИН, д-р техн. наук, проф., Кировоградский национальный технический университет;
В. В. ГОНЧАРОВ, канд. физ.-мат. наук, доц., Кировоградский национальный технический университет

СТЕНД ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СОКОВЫЖИМАЛКИ С АВТОБАЛАНСИРОМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ АВТОБАЛАНСИРА

На основе центробежной соковыжималки отечественного производства создан стенд, предназначенный для проведения много- и полнофакторных экспериментов с целью поиска оптимальных значений параметров автобалансира. Излагается методика по наладке и тестированию стенда. Оценивается эффективность работы автобалансира.

Ключевые слова: стенд, центробежная соковыжималка, дисбаланс, автобалансир, уравновешивание.

Введение. В процессе работы электрических центробежных соковыжималок (СВ) с цилиндрическим фильтром-ситом (ситом) [1, 2], выпускаемых в соответствии с ДСТУ 3141-95 (ГОСТ 18199-95) и рассчитанных на непрерывную переработку большого количества сырья, отжатая масса (мезга) неравномерно распределяется по ситу, вследствие чего возникает значительный дисбаланс и появляются вибрации корпуса СВ. Последнее приводит к снижению производительности СВ и быстрому износу ее деталей.

Один из способов борьбы с вибрациями СВ заключается в использовании шаровых автобалансиров (АБ) разной конструкции [3 – 6]. Эти устройства предназначены для автоматического уравновешивания на ходу быстровращающихся роторов.

В работе [7] нами предложены разные технические решения по модернизации широкого класса СВ отечественного и зарубежного производства, рассмотрен принцип роботы АБ на СВ. Модернизация состоит в замене серийной платформы, на которой устанавливается сито, платформой, совмещенной с шаровым АБ.

Цель работы. В данной работе описывается стенд, созданный на основе СВ отечественного производства СВПП-201, предназначенный для проведения много- и полнофакторных экспериментов с целью поиска оптимальных значений параметров АБ. Излагается методика по наладке и тестированию стенда.

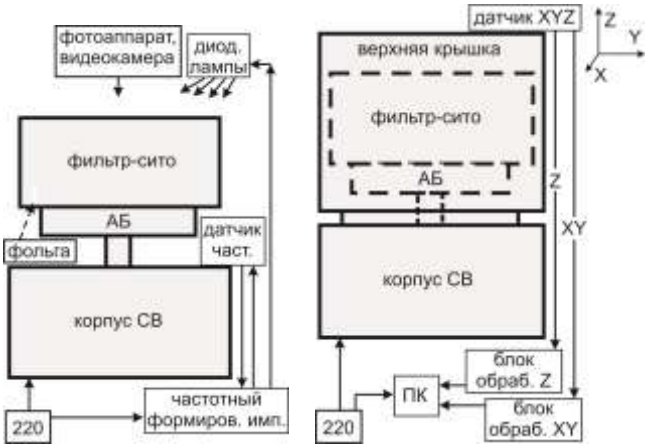
Описание стенда. На рис. 1 показаны принципиальные схемы двух конфигураций стенда СВ с АБ. Стенд в первой конфигурации (рис. 1 а) предназначен для доводки корпуса АБ и изучения относительного движения шаров в стробоскопическом свете, стенд во второй конфигурации (рис. 1 б) - для исследования эффективности работы АБ по виброусворениям. На рис. 2 показаны соответствующие фотографии данных конфигураций стенда, а на рис. 3 - увеличенные фотографии некоторых составляющих натурного стенда СВ с АБ.

Стенд состоит из таких элементов: корпус СВ с приводом 1, корпус АБ 2, шары 3, сито 4, датчик частоты (HOA1405-2 O423) 5, фольга 6, частотный-формирователь импульсов (ЧФВ-001) 7, диодные лампы 8, фотоаппарат-кинокамера (CANON PoverShot SX30 IS) 9 на штативе 10, крышка СВ 11,

© Г. Б. ФИЛИМОНИХИН, В. В. ГОНЧАРОВ, 2013

трехосевой датчик виброускорений (MMA6231Q 2AX, диапазон 0–10g) 12, два блока обработки сигналов датчика виброускорений (аналогово-цифровая плата осциллографа ADXL202EB–232A) 13; персональный компьютер (DELL VOSTRO 1540) 14; дисбаланс, моделируемый пластилином.

Для стенда была спроектирована и изготовлена универсальная модель шарового АБ (рис. 4). Благодаря своей конструкции она может быть использована в трех разных вариантах: как обычный однорядный шаровой АБ (рис. 4, а, где 1 – корпус АБ, 2 – шары АБ); как АБ с подвижными перегородками (рис. 4, б), благодаря использованию съемной втулки 3 з перегородками; как АБ с неподвижными перегородками (рис. 4, в), благодаря установлению на крышке 4 с оргстекла четырех болтов 5. При этом крышка 4 может закрывать беговую дорожку в корпусе АБ герметично, что дает возможность заполнять ее маслом. Разведение масла керосином позволяет менять силы вязкого сопротивления, препятствующие относительному движению шаров. Разработанный АБ (без перегородок) имеет такие параметры: масса АБ $m = 200$ *г*, радиус беговой дорожки $r = 41{,}6$ *мм*, высота беговой дорожки $h = 14$ *мм*.



а б

Рис.1 - Принципиальные схемы конфигураций стенда СВ с АБ: а – для доводки АБ и исследования относительного движения шаров в стробоскопическом свете; б – для исследования эффективности работы АБ по виброускорениям

а б

Рис. 2 - Фотографии конфигураций стенда СВ с АБ: а – для доводки АБ и исследования относительного движения шаров в стробоскопическом свете; б – для исследования эффективности работы АБ по виброускорениям

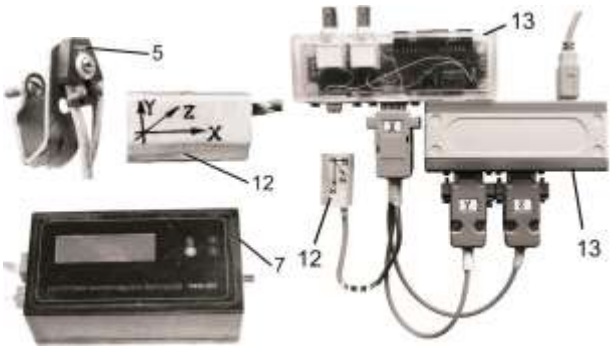


Рис.3 – Фотографии оборудования, применяемого в стенде СВ с АБ

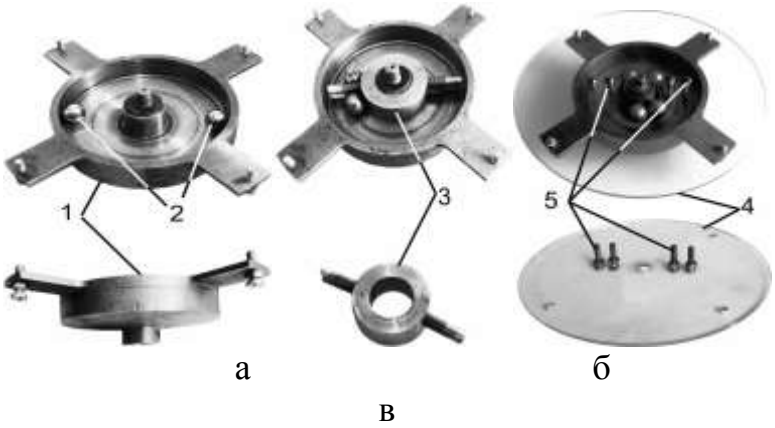
Стенды позволяют:

- изменять: дисбаланс сита - величину от 0 до 10 *гр* и положение от днища сита до его верхней кромки; диаметр шаров от 0 до 14 *мм*; количество шаров (при заполнении ими не больше половины беговой дорожки) от 1 до 7 при максимальном диаметре шаров (14 *мм*) и в значительно большем диапазоне при малых диаметрах шаров; балансировочную емкость АБ от 0 до S_b*=1900 г·мм г·мм*

(последняя достигается при наличии в АБ 7 шаров диаметра 14 *мм*); величину силы сопротивления относительному движению шаров (в широких пределах);

- наблюдать за движением шаров относительно корпуса АБ благодаря стробоскопическому свету;

- определять частоту вращения сита;



а б в

Рис. 4 – Использование модели шарового АБ как: а – обычного АБ; б – АБ с подвижными перегородками; в – АБ с неподвижными перегородками

-получать осциллограммы трех составляющих (в трех взаимно перпендикулярных направлениях) виброускорения корпуса СВ; по ним

программным путем можно находить стандартные характеристики работы СВ – значения модуля мгновенных виброускорения и виброскорости, их средние значения за время работы СВ и др.)

Наладка стенда.

1. *Предварительная доводка АБ* – проверка биений беговой дорожки АБ после его установки на вал ротора. Проверка проводится согласно методике [8, 9] и в соответствии с ГОСТ 1940-1-2007 [10]. Если биения выходят за допустимые пределы (не должны превышать 0,01 *мм*), то выполняется правка беговой дорожки АБ.

2. *Проверка наличия дисбаланса СВ и корпуса АБ с ситом в сборке*. Наличие дисбаланса и его величина определяются и устраняются согласно методике [8, 9] по относительным положениям двух шаров в АБ на стенде в первой конфигурации. При наличии дисбаланса (при установившемся движении шары располагаются несимметрично относительно корпуса АБ) он устраняется забором лишней массы с «тяжелой» стороны корпуса АБ - выпиливанием или высверливанием.

Тестирование стенда. Тестирование проводится на стенде в первой конфигурации на экспериментах, качественные результаты которых известны заранее.

Тест 1. При отсутствии «модельного» и статичного дисбаланса.

В этом случае при разном количестве одинаковых шаров и наступлении автобалансировки центры шаров должны занять такие положения: два шара – диаметрально противоположные положения; три - образовать равносторонний треугольник; четыре – прямоугольник.

а б в

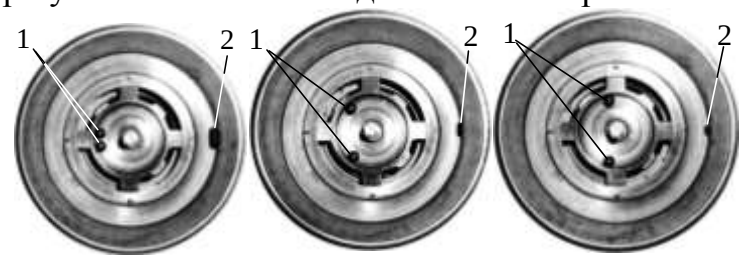
Рис. 4 – Автобалансирующие положения шаров при отсутствии дисбаланса и разном количестве шаров в АБ: а – два шара; б – три шара; в – четыре шара

Результаты тестирования для разного количества шаров показаны на рис. 4.

Тест 2. При наличии дисбаланса.

2.1. *Дисбаланс при фиксированном положении, но разной массе.* Этот тест проводится с двумя шарами в АБ. При уменьшении массы дисбаланса шары должны расходиться – меньшей массе дисбаланса соответствует большее расстояние между шарами.

На рис. 5 показаны положения двух шаров 1 (D=12,7 мм, m=8,42 гр, при наступлении автобалансировки в зависимости от массы дисбаланса 2 расположенного на дне сита: $m_d = 5{,}6$ - рис. 5а; $m_d = 2{,}8$ - рис. 5 б; $m_d = 1{,}4$ - рис. 5 в.

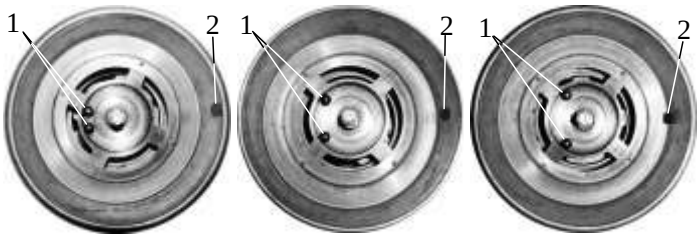


а б в

Рис. 5. Автобалансирующие положения шаров в двухшаровом АБ в зависимости от массы дисбаланса: а – $m_d = 5{,}6$; б – $m_d = 2{,}8$; в – $m_d = 1{,}4$

Оценка эффективности работы АБ. Изучение величины остаточного моментного дисбаланса. Дисбаланс фиксированной массы последовательно располагается на боковой поверхности сита на разной высоте. Этот эксперимент проводится с двумя шарами в АБ. Сначала подбирается масса дисбаланса возле верхней кромки сита, при которой два шара в установившемся движении почти сходятся. Затем при опускании дисбаланса шары должны расходиться (чем ниже находится дисбаланс тем больше расстояние между шарами).

На рис. 6 показаны положения двух шаров 1 ($D = 12{,}7$ *мм*, $m = 8{,}42$ *гр*) при наступлении автобалансировки в зависимости от положения дисбаланса 2 ($m_d = 3{,}8$ *гр*) на сите: возле кромки сита - рис. 5 а: посредине сита - рис. 5 б; на дне сита - рис. 5 в.



а б в

Рис. 6 – Автобалансирующие положения шаров в двухшаровом АБ в зависимости от положения дисбаланса на сите: а – возле кромки сита; б – посредине сита; в – на дне сита

На стенде во второй конфигурации проводим два типа экспериментов: один – при отсутствии шаров в АБ, а второй – при их наличии для разных дисбалансов (по величине и положению) и разном количестве и массе шаров в АБ.

Результаты экспериментов показаны в таблице 1. В колонках 4-6 указано среднее интегральное значение мгновенного модуля виброускорения (среднее значение виброускорения) корпуса СВ:

$$A = \frac{1}{T}\int_0^T \sqrt{[x(t)]^2 + [y(t)]^2 + [z(t)]^2}\,dt,$$

где T - время работы СВ; $x(t), y(t), z(t)$ - текущие значения компонент выброускорения корпуса СВ. В скобках указана эффективность АБ - во сколько раз наличие шаров в АБ уменьшает среднее значение виброускорения корпуса СВ

(отношение значения в первой строчке к значению в соответствующей клетке). Из табл. видно, что эффективность АБ изменяется в пределах $5{,}3 \div 10{,}2$.

Таблица – Эффективность коэффициентов АБ

№ п/п	диаметр шара	кол-во шаров	Среднее значение виброускорения корпуса СВ (*мВ*) при различном расположении дисбаланса на сите		
			снизу	посредине	сверху
1	шаров нет		1066,2	1105,3	1133,8
2	12,7	2	135,4 (7,9)	177,6 (6,2)	213,9 (5,3)
3		3	134,8 (8,0)	143,5 (7,7)	155,7 (7,3)
4		4	124,3 (8,6)	136,8 (8,1)	149,3 (7,6)
5	9,5	5	107,7 (9,9)	141,3 (7,8)	161,8 (7,0)
6		7	105,6 (10,2)	126,1 (8,8)	156,0 (7,3)
7		9	138,1 (7,7)	150,7 (7,4)	159,5 (7,1)

Выводы

1. На стенде в первой конфигурации можно:

- проводить предварительную доводку корпуса АБ - устранять биения беговой дорожки и дисбаланс СВ с корпуса АБ и ситом в сборке

- наблюдать в стробоскопическом свете за разбегом и выбегом шаров, а также за их выходом на автобалансирующее положение;

- производить фото и видеосъемку.

2. На стенде во второй конфигурации можно исследовать эффективность работы АБ при автобалансировке, а также проводить много- и полнофакторные эксперименты с целью поиска оптимальных значений параметров АБ.

3. Работающий АБ, в зависимости от расположения дисбаланса по высоте сита, уменьшает среднее значение виброускорения контрольной точки корпуса СВ в 5,3÷10,2 раз.

Список литературы: **1.** *Летаев, Д. А.* Бытовые электроприборы для кухни. Справ. пособие / *Д. А. Летаев.* – Москва: Легпромбытиздат, 1992. – 96 с. **2.** *Партала, О. Н.* Справочник по ремонту бытовых электроприборов / *О. Н. Партала.* - СПб: Наука и техника, 2010. – 400 с. **3.** *Гусаров, А. А.* Автобалансирующие устройства прямого действия / *А. А. Гусаров*– М.: Наука, 2002. – 119 с. **4.** *Філімоніхін, Г. Б.* Зрівноваження і віброзахист роторів автобалансирами з твердими коригувальними вантажами / *Г. Б. Філімоніхін* – Кіровоград: КНТУ, 2004. – 352 с. **5.** *Нестеренко, В. П.* Автоматическая балансировка роторов приборов и машин со многими степенями свободы / *В. П. Нестеренко.* – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1985. – 84 с. **6.** *Rodrigues, D. J.* Automatic two-plane balancing for rigid rotors / *D. J. Rodrigues, A. R. Champneys, M. I. Friswell, R. E. Wilson* // International Journal of Non-Linear Mechanics vol. 43 issue 6 July, 2008. p. 527-541. **7.** Електрична центрифужна напівавтоматична соковижималка: Патент 77192 України, МПК G01M 1/32 / *Г. Б. Філімоніхін, В. В. Гончаров;* власник патенту Кіровоградський нац. техн. університет. – № u201203340; заявл. 20.03.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл.№3. - 4 с. : іл. **8.** *Філімоніхін, Г. Б.* Експериментальне дослідження зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / *Г. Б. Філімоніхін, В. В. Яцун* // Всеукраїнський н.–т. журнал „Вібрації у техніці та технологіях". – 2007. №2 (47), с. 26–32 **9.** *Яцун, В. В.* Експериментальне дослідження ефективності зрівноваження крильчаток осьових вентиляторів пасивними автобалансирами / *В. В. Яцун, Г. Б. Філімоніхін* // Загальнодержавний міжвідомчий н.-т. збірник "Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин". – 2008, вип. 38, с. 100–105. **10.** ГОСТ 1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Способ списания. – Взамен ГОСТ 22061-76. Срок действия с 01.07.08. Ограничение срока действия снято. – Группа Г02.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 62-752+62-755:641.514.7-83:006.354

Стенд центробежной соковыжималки с автобалансиром для определения оптимальных значений параметров автобалансира / Филимонихин Г. Б., Гончаров В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.22-27 . – Бібліогр.: 10 назв.

На основі відцентрової соковижималки вітчизняного виробництва створений натуральний стенд, призначений для проведення багато- и повнофакторних експериментів з метою знаходження оптимальних значень параметрів автобалансира. Запропонована методика по наладці і тестуванню стенда. Оцінюється ефективність роботи автобалансира.

Ключові слова: стенд, відцентрова соковижималка, дисбаланс, автобалансир, зрівноваження.

On the basis of centrifugal juicer with a cylindrical filter-sieve set up a stand designed for multi-and full-factorial experiments in order to find the optimal values of the parameters of autobalancer. Were purposed the technique for setting up and testing of the stand. Were evaluated the effectiveness of the auto-balancer.

Keywords: stand, centrifugal juicer, imbalance, auto-balancer, balancing

УДК 629.017

В. П. САВЧУК, канд. техн. наук, доц., Херсонская государственная морская академия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ MACPHERSON НА ПРИМЕРЕ АВТОМОБИЛЕЙ СЕМЕЙСТВА ВАЗ 2110

В статье приведены результаты моделирования движения элементов конструкции подвески MacPherson переднеприводных автомобилей семейства ВАЗ 2110 при наезде на кочку. Приведены значения линейного перемещения, скорости и ускорения элементов подвески в зависимости от жесткости амортизатора.

Ключевые слова: подвеска, амортизатор, жесткость, модель.

Введение. В связи со стремительным развитием автомобильного транспорта, и повышением требований к комфорту и безопасности движения появляется необходимость исследования для правильной комплектации подвески необходимыми амортизаторами.

На один и тот же автомобиль по желанию водителя можно установить множество разнообразных видов амортизаторов, отличающихся не только по качеству, но и по техническим характеристикам. При покупке автомобиля одной и той же модели, разный покупатель предпочтет более мягкую подвеску для комфортной езды, или более жесткую, для агрессивной.

На сегодняшний день, одной из самых распространенных типов подвесок переднеприводных автомобилей особо малого, малого и среднего классов является подвеска MacPherson или «качающаяся свеча».

Постановка проблемы. Анализ литературных источников [1-5], описывающих характеристику и выбор упругих и гасящих элементов подвески, показал отсутствие инженерных методов расчета и подбора их характеристик.

В работе [1] приводятся требования, которым должна удовлетворять подвеска автомобиля, для обеспечения плавности хода. Подвеска должна обеспечивать определённый закон изменения вертикальной реакции на колесо R_z в зависимости от величины прогиба подвески f. В некотором диапазоне изменения нагрузок, близком

© В. П. САВЧУК, 2013

статической $R_{zст}$, характеристики подвески легковых автомобилей должны обеспечивать оптимальную частоту колебаний 0,8…1,2 Гц.

В работе [2] приводится методы расчетов упругих элементов подвески автомобилей, но отсутствуют методы расчета демпфирующих.

Оснащение современных автомобилей амортизаторами с переменными характеристиками [6,7] частично позволяют решать данную проблему, но их высокая стоимость не всегда позволяет их применить на автомобилях малого и среднего классов. Важной задачей при выборе элементов подвески является адаптация их к условиям эксплуатации. Наличие на дорожном полотне как бугорков так и выбоин, а зачастую и эксплуатация транспортных средств по насыпным и грунтовым дорогам приводит к пробоям подвески и снижению устойчивости автомобилей на дорогах.

Для изучения влияния характеристик подвески на колебания кузова автомобиля целесообразно использование программных комплексов твердотельного моделирования [8,9], которые позволяют с минимальными материальными затратами произвести в кратчайшие сроки расчет параметров упругих и демпфирующих элементов подвески. Полученные результаты позволят упростить выбор жесткости пружин и амортизаторов.

Целью этой работы является определение зависимости между упругими и динамическими параметрами подвески MacPherson переднеприводных автомобилей с учетом условий эксплуатации.

Создание твердотельной модели подвески. Основными исходными данными данного моделирования являются усилие на штоке амортизатора, заводские параметры амортизатора приведены в табл. 1. Жесткость пружины, жесткость колеса, массогабаритные показатели неподрессоренных масс [10].

Амортизатор **(**каталожный номер 2110-2905002/003), двухтрубного типа, гидравлический, диаметр штока 22 мм, наружный диаметр резервуара 52 мм, длинна в сжатом положении $L_{сж}$ = 361,9 мм, ход штока H = 167,4 мм, длинна в растянутом состоянии $L_р$ = 529,3 мм

Таблиця 1 – Заводские параметры жесткости амортизатора

Усилие сопротивления, Н (при скорости поршня м/с)			
Сжатие		Растяжение	
Дроссельный режим	Клапанный режим	Дроссельный режим	Клапанный режим
94 (0,105)	153 (0,314) 487 при 1м/с	612 (0,105)	752 (0,314)

При данных исследованиях применялась жесткость амортизатора k_x = 0,487 Н/(мм/с) поскольку целью исследования является исследование процесса наезда на кочку, а также в связи с невозможностью задать двухстороннюю характеристику амортизатора, принят параметр жесткости, как на сжатие, так и на растяжение.

Основные характеристики *пружины* приведены в табл. 2.

Массы рычагов и прочих неподрессоренных элементов, были получены в процессе твердотельного моделирования**.**

На автомобиле ВАЗ 2110 на стальной диск 2J-13H2, (вылет 35 мм, крепежные отверстия 4×98×58,5) устанавливается шина 175/70R13.

Таблиця 2 – Характеристики пружины

Параметр	Значение
Каталожный номер	2108-2902712
Диаметр прутка до навивки, мм	12,9±0,05
Внутренний диаметр пружины, мм	124,8±1,0
Толщина покрытия, мм	0,1±0,05
Полное число витков	7±0,05
Число рабочих витков	5,5
Высота пружины в свободном состоянии, мм	383,5
Контрольная нагрузка, Н	3188±118
Высота пружины при контрольной нагрузке, мм	211
Жесткость пружин, Н/м	18620±590

При разработке модели допускаем определенные упрощения, которые помогут сократить время счета модели.

Выполненная модель подвески, состоит из основных элементов, таких как стойка амортизатора, поворотного кулака, тормозного диска, рычагов подвески, рычага рулевого управления (рис. 1), шарниров и винта, которым фиксируется резинометаллический шарнир. Они зафиксированы между собой и имитируют кузов автомобиля. К ним будет добавлен сам вес автомобиля (на модели представлен в форме куба массой 3188 Н). Также вводим в дополнительную деталь вес не учитываемых элементов, таких как: суппорт (3,0 кг), тормозные колодки (1,0 кг), защитный кожух (0,1 кг) колесные винты и прочие метизы (0,15 кг), шарнир равных угловых скоростей ШРУС (1,9 кг) в размере 6,15 кг.

Рис. 1 – Твердотельная модель подвески (передняя левая стойка)

Подвижность данного объекта обеспечивается посредством цилиндрических и сферических шарниров. В качестве основного упругого элемента выступает пружина, она закреплена на модели между двумя стаканами на штоке и цилиндре амортизатора.

Крепление модели производим при помощи специальных «стаканов». Цилиндрические шарниры заменяют парой сопряжений: «концентричность и совпадение», оставляя только одну степень подвижности элементу (вращение вокруг своей оси) сферические шарниры в модели обеспечена при помощи условия концентричности двух сферических поверхностей (оставляя шарниру 3 степени подвижности).

Модель кочки представляет укатанную выпуклость на дороге, высотою 50 мм, с радиусом 1625мм, с радиусами окружности 1000 мм на участке ровного дорожного полотна (рис. 2).

Взаимодействия колеса с дорогой моделируем через параметр «контакт» позволяющие моделировать взаимодействие тел. Задаем свойства контактирующих элементов:

– свойства упругости: ν_k = 10,16 мм/с; μ_k = 0,8;

– статическое трение: v_s = 0,10 мм/с; μ_s = 0,8;
– свойства упругости: жесткость8000 Н/мм; показатель жесткости 2; максимальное демпфирование 1,47 Н/(мм/с); проникновение 0,10 мм.

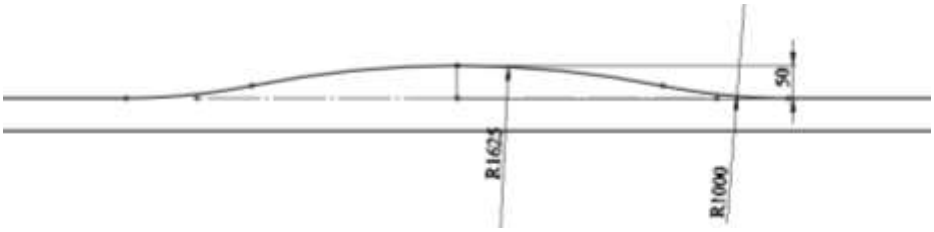


Рис. 2 – Геометрические параметры кочки

Задаем основные значения силы: сила гравитации (параллельно оси *Y*), коэффициент ускорения свободного падения 99806,65 мм/с^2.

Также для быстрого набора скорости модели задаем линейный двигатель модели (к крепежным стаканам, выполняющим роль кузова) со скоростью перемещения 16,67 м/с и двигатель, вращающий колесо.

Пружина заменена условием «линейная пружина» с соответствующей линейной жесткостью, принимая значения пружины класса *A*, и клапана внутри амортизатора заменена металлическим кубом, с соответствующей массой. Принимаем значение демпфера стойки амортизатора k_x = 0,487 Н/(мм/с).

Исследование проведем при условии работы амортизатора в одностороннем клапанном режиме. В связи с большой скоростью перемещения автомобиля результаты будут просчитываться с периодичность в 300 кадров в секунду.

Выполнив расчет, получаем траекторию движения конструкции. Данный расчет проводим при различных параметрах жесткости амортизатора (табл. 3).

Таблиця 3 – Значение жесткости амортизатора

№ п.п	Значение жесткости амортизатора k_x, Н/(мм/с)
1	0,327
2	0,407
3	0,487
4	0,567
5	0,647

Результаты динамического исследования подвески

Основными результатами данной работы является влияние жесткости амортизатора, на линейное перемещения, скорость и ускорение штока амортизатора относительно цилиндра, а также кузова автомобиля относительно дорожного покрытия.

Визуальное отображение поведение элементов подвески представлено на рис. 3. Опишем процессы, протекающие в модели, при помощи полученных графиков при номинальных характеристиках подвески.

Отобразим графики происходящего в момент преодоления неровности, а именно перемещения скорость и ускорения движений штока амортизатора (для определения движения не подрессоренных масс) и движения кузова относительно (для определения комфорта движения автомобиля)

На графике изображены зависимости линейного перемещения поступательной скорости и поступательного ускорения штока амортизатора относительно его

цилиндра, в зависимости от времени, при котором автомобиль совершает наезд на препятствие (кочку). Рассмотрим более подробно временные отрезки (рис. 4, 5).

Участок 1-2 соответствует равномерному движению автомобиля по ровной дороге. В т. 2 наблюдается наезд на препятствие, при этом происходит резкое увеличении скорости вертикального движения элементов подвески. Некоторую плавность дополнительно обеспечивает шина, упруго деформируясь под воздействием веса автомобиля. Точка 3 соответствует наибольшей скорости перемещения. Точка 4 соответствует потере контакта колеса с дорогой. Точка 5 указывает на максимальную величину сжатия амортизатора после потери контакта колеса с дорогой, в связи с тем, что неподрессоренные массы благодаря инерции продолжают движение вверх. Именно этот фрагмент напрямую зависит от силы на штоке амортизатора. Точка 6 соответствует приземлению автомобиля на дорогу. Отрезок 6…7 демонстрирует работу подвески после снижения автомобиля, момент сжатия стойки амортизатора, последующие движение происходит по синусоидальному закону, с постепенным угасанием.

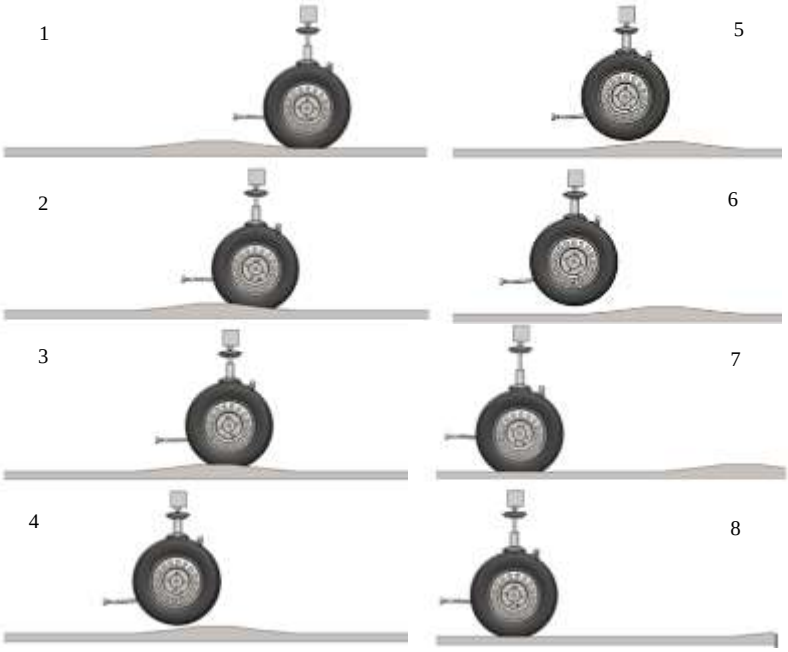


Рис. 3. Преодоление автомобилем неровности дороги (исходный вариант настройки подвески)

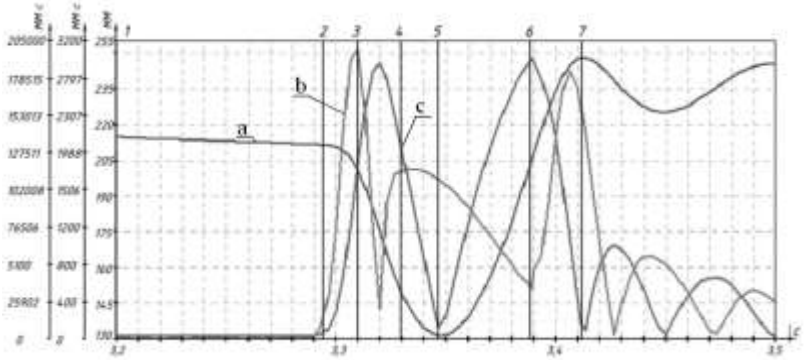


Рис. 4 - График линейного перемещения скорости и ускорения движения штока амортизатора: *a* – перемещение; *b* – скорость; *c* – ускорение

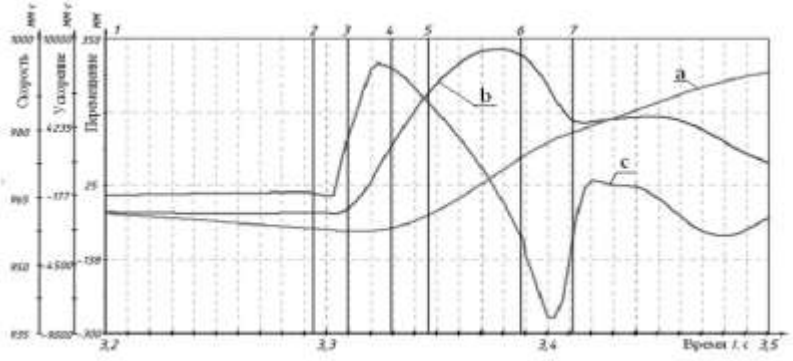


Рис. 5 – График линейного перемещения, скорости и ускорения движения кузова относительно дорожного покрытия: *a* – перемещение; *b* – скорость; *c* – ускорение

На рис. 5 изображены зависимости линейного перемещения поступательной скорости и поступательного ускорения кузова автомобиля относительно дорожного покрытия, в зависимости от времени, при котором автомобиль совершает наезд на препятствие (кочку). Временные точки соответствуют предыдущему графику.

При проведении эксперимента значения параметров для вышеуказанных точек занесены в табл. 3 – 8.

Таблиця 4 – Величина перемещения цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,287	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	213	186	150	129	205	251
0,407	213	201	149	130	206	249
0,487	213	200	149	131	207	246
0,567	213	200	149	133	208	246
0,647	213	200	149	134	209	245

Таблиця 5 - Скорость перемещения цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	2895	2144	92	3196	6
0,407	0	1875	2048	173	3095	489
0,487	0	1847	2003	241	2978	500
0,567	0	1869	1971	307	2832	88
0,647	0	1862	1922	360	2725	82

Таблиця 6 - Ускорение цилиндра амортизатора относительно штока

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	81842	108774	109006	41499	163149
0,407	0	201101	112446	107564	44586	183330
0,487	0	199693	115624	105912	47436	103523
0,567	0	198124	118442	104005	47048	131850
0,647	0	196407	121031	101911	38581	124862

Таблиця 7 - Скорость перемещения кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,41
0,327	0	22	92	223	325	184
0,407	0	24	103	236	314	174
0,487	0	25	115	249	290	163
0,567	0	24	127	265	296	152
0,647	0	23	139	275	287	142

Таблиця 8 - Ускорение кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,29	3,31	3,33	3,35	3,39	3,413
0,327	0	2853	7149	5566	-1858	-1628
0,407	0	3329	7597	5413	-3063	-1366
0,487	0	3735	8027	5225	-5185	-1400
0,567	0	4187	8375	4961	-4616	-1670
0,647	0	4616	8703	4713	-5064	-1658

Таблиця 9 - Величина перемещения кузова относительно дорожного покрытия

Сила на штоке, Н/(мм/с)	Время, с					
	3,20…3,29	3,31	3,33	3,35	3,9	3,41
0,327	960	960	960	963	975	981
0,407	958	958	959	962	974	980
0,487	957	957	958	961	974	979
0,567	956	956	957	961	974	979
0,647	955	956	957	961	974	979

Анализ данных позволяет выявить большее перемещение штока амортизатора при меньших силах демпфирования, это связано с тем что после потери контакта кочки с дорогой не подрессоренные массы продолжают благодаря силе инерции, движение вверх, сопротивляясь только с силой на штоке амортизатора и жесткостью пружины.

Визуализация движения подвески дает нам понимания, о том, что происходит с неподрессоренными массами, и четко указывает на потерю контакта колеса с дорогой. На это указывает время снижения скорости движения амортизатора, в связи с касанием колеса с дорогой.

Четко выражена зависимость между жесткостью амортизаторов комфортом движения автомобиля, при большей жесткости амортизатора отчетливей заметны удары и перепады нагрузок,

Результаты указывают на повышение нагрузки на верхний шарнир крепления стойки амортизатора, явно выражение резким ростом скорости движения кузова вверх. Это особенно заметно на «жестких» амортизаторах. Также стоить отметить противоположную сторону – «мягкие» амортизаторы. Данные исследования демонстрируют более плавные увеличения скорости, что указывает на более комфортное движение автомобиля. Также недостатком таких амортизаторов является то, что колесо на больший период времени, по сравнению с более жесткими, теряло контакт с дорожным покрытием.

Выводы. Подбор параметров упругих и демпфирующих элементов конструкции подвески есть сложная и трудоемкая задача. К такому роду исследований предъявляют жесткие требования, связанные с обеспечением надежного контакта колес автомобиля с дорожным покрытием и обеспечением комфортной езды. Условия движения транспортных средств по дорогам Украины требуют нахождения компромисса между этими требованиями.

С целью обеспечения наглядности и снижения трудоемкости подбора характеристик подвески MacPherson, разработана твердотельная её модель и исследованы динамические параметры данной подвески при наезде на препятствие.

Получены графические и аналитические зависимости позволяющие определить динамические характеристики кузова при различной жесткости амортизатора.

Список литературы: **1.** *Осепчугов, В. В.* Автомобиль: анализ конструкции, элементы расчета: Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / *В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин.* — М.: Машиностроение, 1989. — 304 с. **2.** *Кузнецов, В. А.* Конструирование и расчет автомобиля. Подвеска автомобиля: Учебное пособие [Текст] / *В. А. Кузнецов, И. Ф. Дьяков*. — Ульяновск: УлГТУ, 2003. —64 с. **3.** *Дербаремдикер, А. Д.* Гидравлические амортизаторы автомобилей [Текст] / *А. Д. Дербаремдикер.* — М.: Машиностроение, 1969. — 236 с. **4.** *Лукин, П. П.* Конструирование и расчет автомобиля [Текст] / *П.*

П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. — М.: Машиностроение, 1984. — 386 с. **5.** *Раймпель, Й.* Шасси автомобиля [сокр. пер. I тома 4 нем. изд. В.П. Агапова; Под ред. И.Н. Зверева] / *Й. Раймпель.* — М.: Машиностроение, 1983. — 365 с. **6.** *Мешков, А.* Автомобильные амортизаторы [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://catalog.autodela.ru/article/view/3428. **7.** Современные технологии амортизаторов, подвесок Bilstein [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://amortizator.in.ua/stati-pro-amortizatory/25-sovremennye-tehnologii-amortizatorov-podvesok-bilstein.html. **8.** *Алямовский, А. А.* SolidWorks/CosmosWorks 2006-2007. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / *А. А. Алямовский* — М.: ДМК, 2007. — 784 с. **9.** *Алямовский, А. А.* SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / *А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарев*. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 1040 с. **10.** ВАЗ-2110, -2111, -2112 с двигателями 1,5, 1,5i, 1,6i. Устройство, обслуживание, диагностика ремонт. Иллюстрированное руководство. — М.: ООО «книжное издательство «За рулем», 2012. —296 с.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 629.017

Моделирование движения элементов подвески Macpherson на примере автомобилей семейства ВАЗ 2110/ В. П. Савчук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.27-34 . – Бібліогр.: 10назв.

В статті приведено результати моделювання руху елементів конструкції підвіски MacPherson передньопривідних автомобілів сімейства ВАЗ 2110 при наїзді на купину. Приведені значення лінійного переміщення, швидкості та прискорення елементів підвіски в залежності від жорсткості амортизатора.

Ключові слова: підвіска, амортизатор, жорсткість, модель.

Compliance with the stiffness of the suspension to the operating conditions ultimately has an impact not only on the technical and economic performance of vehicles, and for their safety. The solution to such problems as soon as possible for the front wheel drive cars, use suspension MacPherson, possibly with the use of solid modeling program set.

The article gives a solid model, and the results of modeling the motion of structural elements of the suspension MacPherson front wheel drive cars VAZ 2110 at hitting a bump. The values of linear displacement, velocity and acceleration of the suspension depending on the damper. These results demonstrate the feasibility of the implementation of optimization based on the stiffness of the suspension of the requirements of security and a comfortable ride.

Keywords: suspension, shock absorber, stiffness, model.

УДК 681.518.54:621.926.3

Р. Б. СКРИП'ЮК, канд. техн. наук, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВАЛКОВОГО МЛИНА AG-MPS 180BK

Розглядається номенклатура вертикальних валкових млинів, які використовуються для помелу вугілля при приготуванні пиловугільної суміші, що є замінником природного газу. Аналізуються розроблені методи діагностування робочих органів стосовно вертикального валкового млина AG-MPS 180BK фірми PFEIFFR: вібраційний метод, заснований на вимірюванні та аналізі вібраційних характеристик процесу помелу вугілля; методи параметричної ідентифікації за перехідною та уточненою перехідною характеристикою млина, а також метод непараметричної ідентифікації. Розглядається методика проведення промислової апробації розроблених методів діагностування стану робочих органів вертикального валкового млина AG-MPS 180BK на ВАТ «Івано-Франківськцемент» та наводяться отримані результати.

Ключові слова: вертикальний валковий млин, методи діагностування, промислова апробація.

© Р. Б. СКРИП'ЮК, 2013

Вступ. В останні роки помітна значна тенденція переходу енергоємних галузей промисловості України (хімічна, металургійна, цементна і ін.) на енергозберігаючі технології, які вимагають використання більш дешевих енергоносіїв, зокрема в цементній промисловості – низьких сортів вугілля, нафтового коксу, органічного осаду очисних споруд, торфу чи замість природного газу в технологічному процесі випалювання клінкеру**,** оскільки доля електроенергії і палива (природного газу) складає 65% собівартості цементу. Низькі сорти вугілля використовуються для приготування пиловугільної суміші, що є замінником природного газу. Приготування пиловугільної суміші є достатньо складним технологічним процесом, реалізація якого вимагає використання цілого ряду технологічного конструктивно-насиченого обладнання та системи управління ним. Зокрема для помелу вугілля та його осушування використовуються, як правило, вертикальні валкові млини. Сьогодні для цих цілей використовується вертикальні валкові млини різних фірм-виробників, кількість яких на світовому ринку є незначною.

Не зупиняючись на аналізі конструктивних особливостей млинів, їх технічних характеристиках відзначимо, що найбільш широкого розповсюдження набули млини типу PFEIFFRAG-MPS фірми «Гебрудер Пфайффер АГ» (Німеччина) [1, 2], млини фірми «Loesche GMBH» (Німеччина), принциповою конструктивною особливістю млинів фірми Loesche в порівнянні з іншими, представленими на ринку вертикальними млинами, є їх модульність [3], млини типу ОК [4], млини серії LM, що випускаються Шанхайським машинобудівним заводом «Шибан» [5], млини типу МВС для помольних установок систем вдування пиловугільного палива (ПВП) доменних печей, що випускаються ВАТ «Важмаш» [6] та млин АТОХ [4]. Основними вузлами вертикального валкового млина є його робочі органи - помольні валки та бігова доріжка помольної чаші. Від їх технічного стану залежить як надійність роботи млина, так і ефективність процесу помелу вугілля та якість вихідного продукту. Не дивлячись на відмічену номенклатуру вертикальних млинів та їх продуктивність питанням надійності та діагностування їх технічного стану в процесі експлуатації не надавалося значної уваги, про що свідчить відсутність наукових публікацій з цього приводу. У зв'язку з цим сьогодні відсутні методи, які дозволяють оцінити фактичний технічний стан робочих органів млина і проводити наплавлення їх зношених поверхонь за потребою. Існуючий метод вимірювання величини зношення робочих органів млина AG-MPS 180BK фірми PFEIFFR вимагає технологічної зупинки млина і, як було показано в [7], є недосконалим, оскільки отримані результати не відповідають реальним. У зв'язку з цим стосовно млина AG-MPS 180BK, який змонтовано на ВАТ «Івано-Франківськцемент», науковцями кафедри комп'ютерних технологій в системах управління та автоматики Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу було розроблено ряд методів діагностування [8 – 11].

Так, в [8] розглянуті теоретичні передумови і запропонований практичний алгоритм реалізації методу контролю зносу робочих поверхонь помольних валків та бігової доріжки на основі вимірювання та аналізу вібраційних характеристик процесу помелу вугілля.

Постановка проблеми. Оскільки характер перехідної характеристики млина залежить від його динамічних характеристик, можна припустити, що зменшення маси помольних валків (ПВ) та бігової доріжки (БД) помольної чаші та обумовленої їх зносом, яке може сягати 600 кг, відобразиться на зміні перехідної характеристики,

тому останню можна прийняти за діагностичну ознаку (ДО) стану ПВ та БД [9]. Виходячи з цього було проведено визначення ДО стану ПВ та БД млина на основі методів параметричної ідентифікації перехідної характеристики. Проведена ідентифікація методом кратних коренів, яка була реалізована в середовищі Matlab у пакеті System Identification Toolbox, показала, що зміна сталої часу із періодом експлуатації млина має випадковий характер і не дозволяє використати цей показник як ДО [9]. В [10] було визначено ДО за уточненою перехідною характеристикою, отриманою шляхом одночасного її вимірювання по двом каналам «напруга на вході електроприводу млина-частота обертання його ротора» та «напруга на вході електроприводу млина-частота обертання привідного вала помольної чаші» з подальшим усередненням, що дозволило уточнити вхідний сигнал системи, яка підлягає ідентифікації. Розраховано, що система 3 порядку, яка підлягає ідентифікації, є оптимальною. З 16 моделей ідентифікації після проведеного їх аналізу були вибрані - P3DU, P3DZU та P3ZU. Згладжування вхідних сигналів методом локальної регресії другого порядку з шириною вікна рівною 30 дозволило підвищити степінь співпадіння розрахункових даних з експериментальними до 90...97%, і, тим самим, підвищити вірогідність визначення параметрів моделі. Проведені результати розрахунків показали, що один із параметрів Тр3 – постійна часу однієї з ланок функції передачі систематично змінюється від менших до більших значень для моделей із затримкою, тому цей параметр було прийнято за діагностичну ознаку зміни технічного стану млина [10].

Враховуючи, що для ідентифікації може бути використана ділянка встановленого режиму перехідної характеристики, яка представлена випадковим процесом, в [11] було використано метод непараметричної ідентифікації для контролю технічного стану ПВ та БД, зокрема метод Уелча (Welch) - метод осереднення модифікованих періодограм. За допомогою функції PSD MatLab 6.5, яка реалізує метод Уелча, були визначені спектри потужності. При цьому використовувалось вікно Хемінга, довжина якого вибрана так, що з урахуванням перекриття 50 % сигнал розділяється на 8 фрагментів. Кількість перехідних характеристик використаних при проведенні ідентифікації стану млина становила 20. В результаті проведених експериментів було встановлено, що амплітуди спектральних складових на частоті 12 Гц і 25 Гц суттєво виділяються на загальному фоні і можуть бути вибрані як ДО стану млина, оскільки їх зміна відповідає зміні величини зношування його робочих органів [11].

Розглянемо результати промислової апробації розглянутих методів діагностування: вібраційного методу, методу параметричної ідентифікації за перехідною характеристикою - параметр *Тр3* моделі P3DZU та полюс моделі авторегресії *П*, а за результатами непараметричної ідентифікації – амплітуди спектральних складових на частоті 12 Гц – A_{f12} і 25 Гц - A_{f25}.

Апробація проводилася на вертикальному валковому млині типу MPS-180 BK відповідно до розробленої, згідно договору з ВАТ «Івано-Франківськцемент» методикою. Методика передбачала:

після проведення наплавлення зношених поверхонь робочих органів проводити періодичне зняття перехідних характеристик за допомогою розробленої мікроконтролерної системи діагностування з подальшим розрахунком значень вибраних діагностичних ознак в середовищі Matlab у пакеті System Identification Toolbox;

проведення запису вібраційного процесу в діапазоні частот 40 – 120 Гц, його аналіз з подальшим розрахунком масової величини зносу робочих органів відповідно до розробленого алгоритму вібродіагностування робочих органів млина, який реалізується розробленою мікроконтролерною системою;

періодичне вимірювання величини зносу робочих органів за стандартною методикою до моменту зупинки млина для проведення наплавлення поверхонь робочих органів.

Апробація проводилася протягом шести місяці. Перехідні характеристики знімалися за допомогою розробленої системи контролю шляхом зупинки млина з подальшим його пуском, після чого проводилося також отримання експериментальних даних для подальшого розрахунку масового зносу робочих органів за їх вібраційними характеристиками.

Так, для прикладу на рис. 1 наведено загальний вигляд вхідного сигналу в часі.

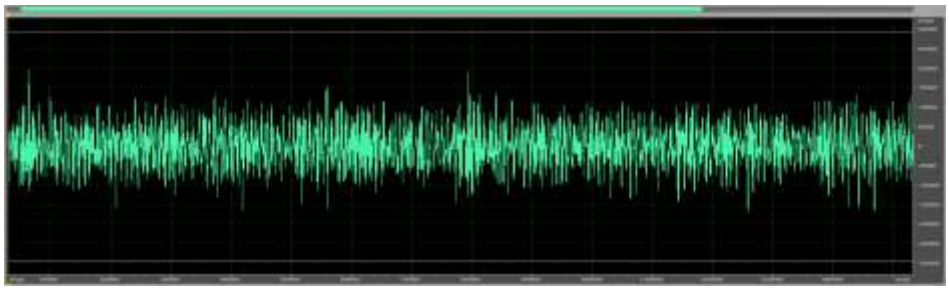


Рис. 1 – Вигляд сигналу, що надходить на вхід мікроконтролерної системи діагностування

Загальний спектральний вигляд вхідного сигналу в часі, наведений на рис. 2. Тут кольором позначена інтенсивність спектральних складових (світлий колір відповідає значній інтенсивності, темний – слабким спектральним складовим). В напрямку осі абсцис відкладений час, в напрямку осі ординат – частота. Детальний спектр робочого сигналу на вході системи діагностування має наступний вигляд (рис. 3):

Рис. 2 – Спектральний вигляд сигналу, що надходить на вхід мікроконтролерної системи діагностування

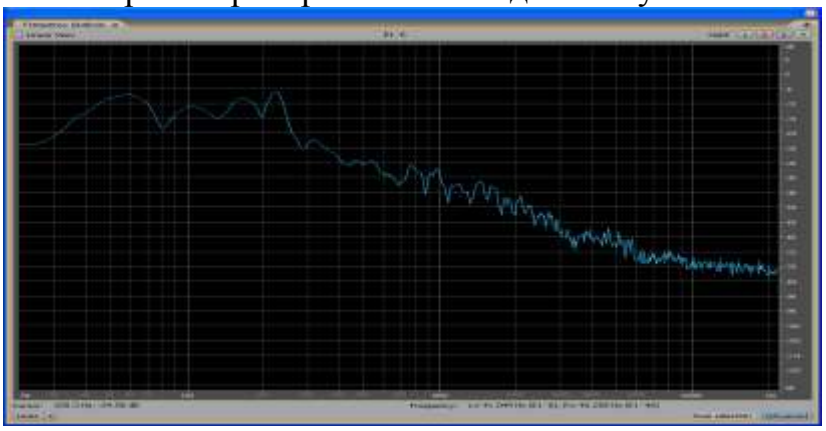


Рис. 3 – Детальний спектр вхідного сигналу в логарифмічному масштабі

Після проходження аналогового фільтра в системі діагностування робочий сигнал набуває вигляду (рис.4):

Спектр отриманого відфільтрованого вхідного сигналу наведено на рисунку 5.

Далі проводилась реалізація алгоритму визначення вагової величини зносу робочих поверхонь з використанням розробленої мікроконтролерної системи діагностування. За отриманими через визначений період контролю, який в середньому складав один тиждень, даними будувався графік (рис. 6).

На цьому ж рис. 6 (а2) наведено графік зміни величини зносу робочих органів ВВМ, отриманих за стандартною методикою (табл.1) з врахуванням поправочних коефіцієнтів для визначення його масової величини.

Як видно з отриманих графіків, отримані значення масової величини зносу за розробленим методом відповідають характеру зміни його фактичних значень.

На рис. 7 – 10 наведені графіки зміни вибраних діагностичних ознак технічного стану млина від періоду експлуатації його (апробації).

Як видно з графіків (рис.7 – 10) тенденція зміни діагностичних ознак

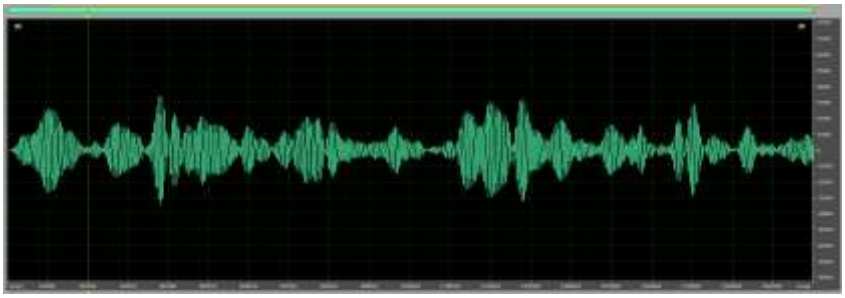


Рис. 4 – Відфільтрований системою діагностування вхідний сигнал

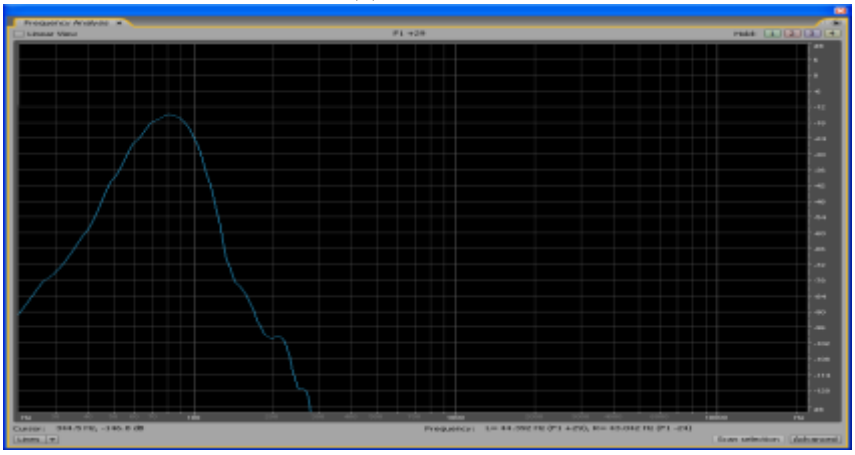


Рис.5 – Спектр фільтрованого сигналу в логарифмічному масштабі

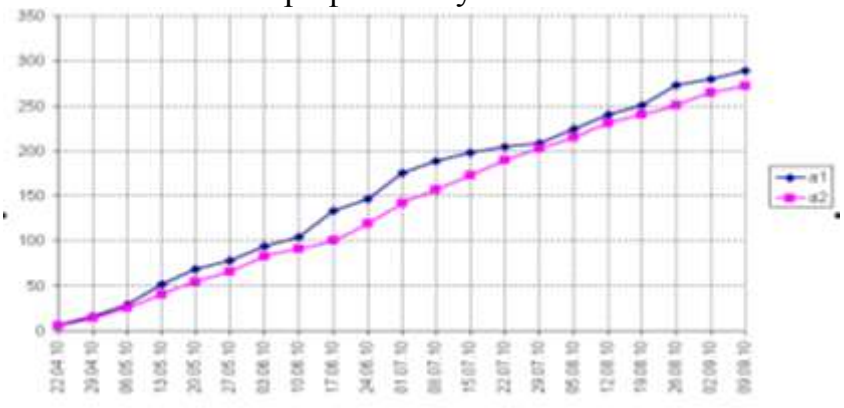


Рис. 6 – Порівняльний аналіз масового зносу робочих поверхонь ВВМ: а1 –результати вимірювання за допомогою розробленої системи; а 2 – результати вимірювань величини зносу за стандартною методикою

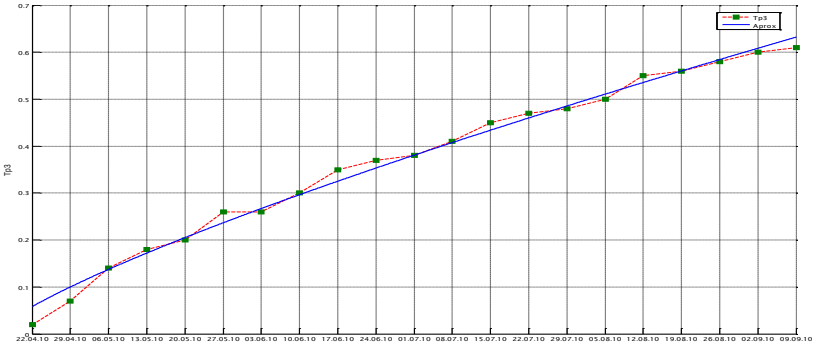


Рис. 7 – Графіки зміни діагностичної ознаки *Tp3* від терміну експлуатації ВВМ *T*

відповідає зміні величини зносу робочих органів млина.

Таблиця 1 – Результати зношення валків і бігової доріжки помольної чаші млина

Дата	Величина зношення "заднього" валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	5	10	8	6	4	4	0	0	
02.07.10	0	0	3	8	19	13	8	9	6	3	0	
30.07.10	0	2	4	9	23	14	9	9	7	4	1	
01.09.10	0	4	5	11	25	16	11	10	8	8	3	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка

Дата	Величина зношення "правого" валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	6	5	5	2	2	0	0	0	
02.07.10	0	6	4	6	8	14	6	3	0	0	0	
30.07.10	0	1	4	10	19	15	6	4	2	0	0	
01.09.10	0	3	5	12	21	19	11	8	6	3	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка

Дата	Величина зношення "лівого" валка (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка
08.06.10	0	0	0	5	10	0	6	3	3	2	0	
02.07.10	0	2	4	5	16	2	8	4	3	4	0	
30.07.10	1	4	5	10	24	12	13	6	6	4	0	
01.09.10	2	6	5	12	25	14	17	8	7	5	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка валка

Дата	Величина зношення бігової доріжки помольної чаші (мм) в точках вимірювання											Примітка
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
20.04.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка
08.06.10	0	2	6	9	10	8	0	3	0	0	0	
02.07.10	0	2	6	9	12	9	0	6	6	0	0	
30.07.10	0	5	7	14	17	12	6	7	6	2	0	
01.09.10	0	6	7	15	20	16	9	10	8	4	0	
16.09.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	наплавка

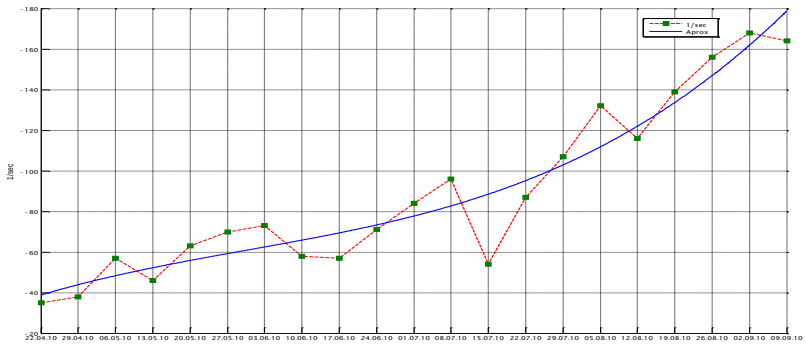


Рис. 8 – Графік зміни діагностичної ознаки *П* від терміну експлуатації млина *Т*

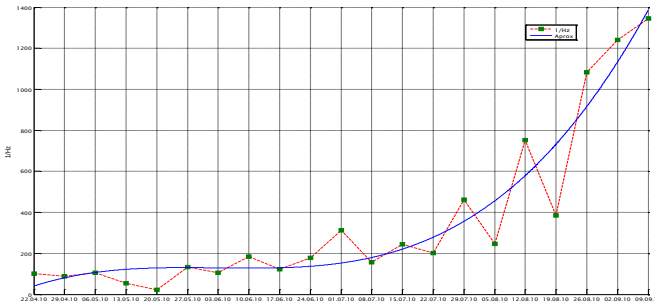


Рис. 9 – Графіки зміни діагностичних ознак на частоті A_{f12} Гц від терміну експлуатації млина T

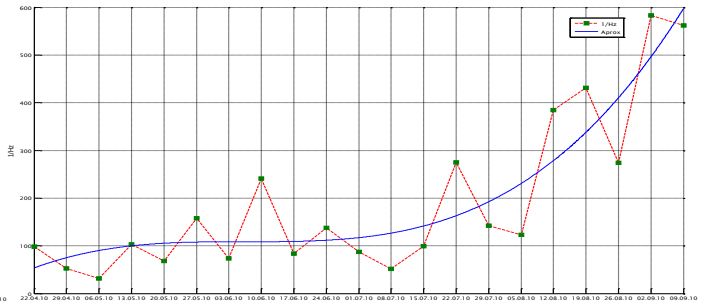


Рис. 10 – Графіки зміни діагностичних ознак на частоті A_{f25} Гц від терміну експлуатації ВВМ T

Висновок. Результати проведеної апробації розроблених методів доказали їх ефективність.

Для визначення умов працездатності розроблених методів діагностування технічного стану млина за вибраними діагностичними ознаками та функцій їх чутливості необхідно знати граничні значення вибраних діагностичних ознак, за якими можна буде прогнозувати зупинку млина. Встановлення граничних значень діагностичних ознак вимагає значної кількості експериментального матеріалу, база якого постійно поповнюється.

Список літератури: **1.** Christian Pfeiffer более 80 лет опыта в технологиях помола. Цемент и его применение: научно-технический и производственный журнал, СПб - 2008г. N 5. С.22-23. **2.** Помольное оборудование компании GEBR. PFEIFFER AG. Цемент и его применение: научно-технический и производственный журнал, СПб - 2008г. N 5. - С.19. **3.** Валковые мельницы LOESCHE. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6664 – Валковые мельницы LOESCHE. **4.** Вертикальная валковая мельница ОК [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.flsmidth.com/ruRU/Products/Cement/Cement+Grinding/ Grinding/ OK+Vertical+Roller+Mill/OK+Vertical+Roller+Mill - Вертикальная валковая мельница ОК. **5.** Вертикальная мельница [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mill.kz/mill/lm-mill.html - Вертикальная мельница. **6.** Мельница валковая среднеходная типа МВС [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://tyazhmash.com/products/powerhouse/mill-roller-mvs/ - Мельница валковая среднеходная типа МВС. **7.** *Заміховський Л. М., Скрип'юк Р. Б.* Дослідження зношення робочих органів вертикального валкового млина MPS 180 ВК// Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. - 2008. №72 С. 34-39. **8.** *Заміховський Л. М.* Метод контролю технічного стану вертикального валкового млина AG MPS 180 ВК за його вібраційними характеристиками / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк, В. А. Ровінський* // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ, 2010. – №1(12). – С. 138–142. **9.** *Заміховський Л. М.* Розгінна характеристика вертикального валкового млина PFEIFFER AG - MPS 180ВК як діагностична ознака технічного стану його робочих органів / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* // Нафтогазова енергетика.- Івано-Франківськ, 2010. – № 2(13). – С. 87–92. **10.** *Заміховський Л. М.* Вибір діагностичної ознаки технічного стану робочих органів вертикального валкового млина MPS 180ВК на основі методу його параметричної діагностики за уточненою перехідною характеристикою / *Л. М. Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* // Вісник НТУ «ХПІ». Харьков, 2010. – № 57. – С. 133–140. **11.** *Заміховський Л. М.* Використання методу непараметричної ідентифікації для діагностування технічного стану робочих органів вертикального валкового млина AG-MPS 180 ВК / *Л. М.Заміховський, Р. Б. Скрип'юк* //Вісник нац. тех. ун-ту «ХПІ»: збірник наукових праць. – Харків, 2009. – № 37. – С. 89 – 93.

Надійшла до редколегії 07.11.2013

УДК 681.518.54:621.926.3

Методи діагностування технічного стану вертикального валкового млина AG-MPS 180ВК/ Р. Б. Скрип'юк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.34-41 . – Бібліогр.: 11 назв.

Рассматривается номенклатура вертикальных валковых мельниц, используемых для помола угля при приготовлении пылеугольной смеси является заменителем природного газа. Отмечается отсутствие публикаций, посвященных вопросам надежности и технической диагностики рабочих органов вертикальных валковых мельниц - помольных валков и беговой дорожки помольной чаши в процессе эксплуатации. Анализируются разработанные методы диагностирования рабочих органов относительно вертикальной валковой мельницы AG - MPS 180BK фирмы PFEIFFR: вибрационный метод, основанный на измерении и анализе вибрационных характеристик процесса помола угля, методы параметрической идентификации по переходной и уточненной переходной характеристикой мельницы, а также метод непараметрической идентификации. Рассматривается методика проведения промышленной апробации разработанных методов диагностики состояния рабочих органов вертикальной валковой мельницы AG - MPS 180BK на ОАО «Ивано-Франковскцемент» и приводятся полученные результаты.
Ключевые слова: вертикальная валковая мельница, методы диагностирования, промышленная апробация.

The range of the vertical roller mills used for grinding coal in the preparation of pulverized mixture is a substitute for natural gas is considered. The lack of publications on the issues of reliability and technical working diagnosis of vertical roller mills - grinding rolls and treadmill preconceived milling blends bowl during operation is noticed. The developed methods for diagnosing working bodies in relation to the vertical roll mill AG-MPS 180BK of company PFEIFFR: vibrating method based on the measurement and analysis of vibration characteristics of coal grinding process, methods of parameter identification for transition and specified transient response of the mill, and the method of nonparametric identification are analyzed. The methods of industrial testing of the developed methods of diagnostics of operating vertical roll mill AG-MPS 180BK OJSC "Ivano-FrankivskCement" are considered and the results are shown.
Keywords: vertical roll mill, methods of diagnosis, industrial testing.

УДК 621.74

М. С. УСИКОВ, магистр, НТУ «ХПИ»

ОСВОЕНИЕ НОВОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ ОТЛИВОК НА ЭТАПЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В статье описаны мероприятия по освоению новых отливок на этапе технического перевооружения литейного производства. В качестве примера нескольких технических решений показана технология отливки «тормозной барабан» в условиях модернизации формовочного участка литейного цеха.
Ключевые слова: техническое перевооружение, отливка, формовочная машина.

Введение. В современных условиях жесткой конкуренции продукции литейного производства первоочередного решения требуют задачи глубокой модернизации литейных цехов, большинство из которых было построено в середине прошлого века. Моральный и физический износ оборудования литейных цехов сегодня таков, что практически не представляется возможным конкурировать с иностранными предприятиями по качеству литья. Более того, рынок требует от предприятий, в которых функционируют литейные цеха, быстрого освоения новых отливок с заданным комплексом свойств. Складывающаяся таким образом ситуация требует решать параллельно двух задач – собственно модернизации и быстрого освоения технологии новых отливок, не входящих в типовую номенклатуру литейного цеха. Именно поэтому научные исследования, направленные на данную

© М. С. УСИКОВ, 2013

тематику, сегодня являются актуальными.

Анализ литературных данных и постановка задачи исследования. Вопросами реконструкции современного производства занимаются многие исследователи в Украине. Как правило, эти исследования проводятся в нескольких направлениях, среди которых могут быть выделены ниже следующие. Изучается сущность финансово-монетарной реструктуризации, организационно-управленческих нововведений и реинжиниринга, теоретические и методические проблемы управления интенсификацией обновления активной части основных производственных фондов на машиностроительных предприятиях [1, 2]. Рассматриваются вопросы предпосылок реструктуризации отечественных предприятий и методические подходы к осуществлению реструктуризации предприятий за счет разработки соответствующих структурно-логических схем и выявления потенциала машиностроительных предприятий [3 – 5]. В ряде работ рассмотрены вопросы технического перевооружения как составляющей части процесса реструктуризации [6, 7]. Однако, исследуя тематику технического перевооружения машиностроительного производства, отмечен тот факт, что вопросам технического перевооружения литейного производства уделяется незаслуженно мало внимания. Исключение могут составлять работы [8, 9], в которых предложен ряд практических методик по организации и проведению технического перевооружения в литейных цехах отечественных предприятий, базирующиеся на анализа фактических показателей динамики работы и простоев оборудования литейного цеха дифференцировано по участками и технологическим процессам [10, 11]. Использую такие подходы открывается возможность проведения технического перевооружения литейных цехов при минимальных затратах на реализацию соответствующих мероприятий. При таком варианте становится возможным также проведение в полном объеме мероприятий по освоению новых отливок номенклатуры, отличающейся от типовой номенклатуры литья, изготавливаемого в данном цехе [12].

Технические решения по модернизации формовочного участка литейного цеха. В качестве вариантов реализации подходов, описанных в работах [9, 12], на базе чугунолитейного цеха был проведен ряд исследований, посвященных проведению технического перевооружения формовочного участка литейного цеха, имеющего целью замену устаревшего встряхивающее-прессового формовочного оборудования современным оборудованием импульсной формовки. Такой подход обоснован тем, что хоть доработка встряхивающе-прессовых машин в направлении установки систем оптимального управления встряхиванием [13, 14] и позволят достичь определенного эффекта, все же не

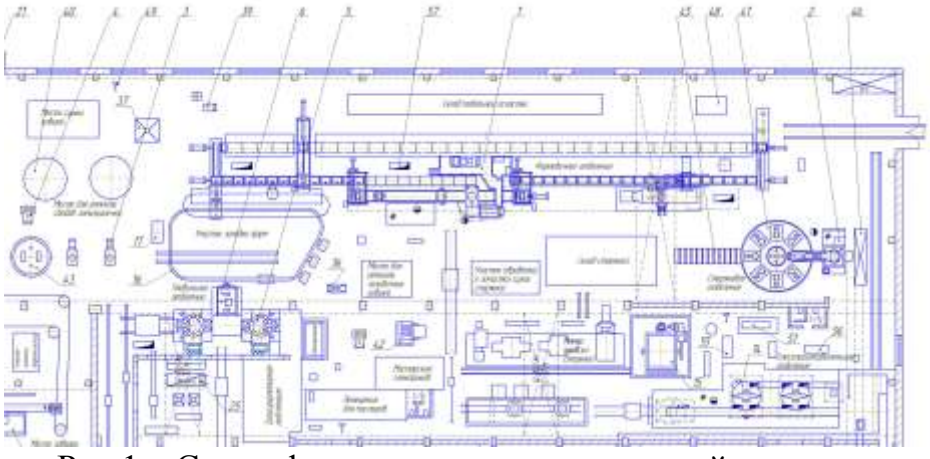


Рис.1 – Схема формовочного участка литейного цеха, подлежащего техническому перевооружению

может рассматриваться как максимально эффективное мероприятие в плане модернизации.

В качестве основного технологического оборудования выбрана автоматическая линия на базе двухпозиционной машины импульсной формовки разработки УкрНИИЛитмаш. Схема участка технического перевооружения приведена на рис.1.

В рамках технического перевооружения предусмотрен демонтаж устаревшего технологического оборудования и монтаж автоматической формовочной линии мод. 1216-б, в основу которой положен прогрессивный метод импульсного формообразования при изготовлении полуформ из разовых песчаных смесей. Монтаж предусматривает установку следующего оборудования: формовочная импульсная машина; механизма срезания излишков смеси; демпфер; кантователь; транспортер опок; транспортер полуформ; сборщик форм; механизм съема и распаровки опок; механизм установления форм; бункер; аэратор; питатель; пневмогидрооборудование; электрооборудование.

Последовательность и продолжительность выполнения операций на линии выполняется системой управления на основе автоматики фирмы "FESTO" согласно заданной циклограмме.

Основным узлом линии является блок импульсной формовки, обеспечивающий уплотнение смеси за счет энергии воздушного импульса и последующую подпрессовку. Функциональная схема, иллюстрирующая технологический процесс изготовления полуформ, представлена на рис. 2 – 7 [15].

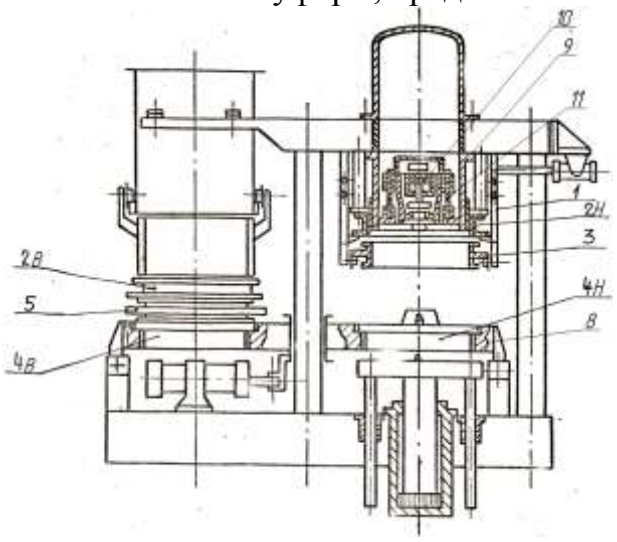


Рис.2 – Исходное положение машины

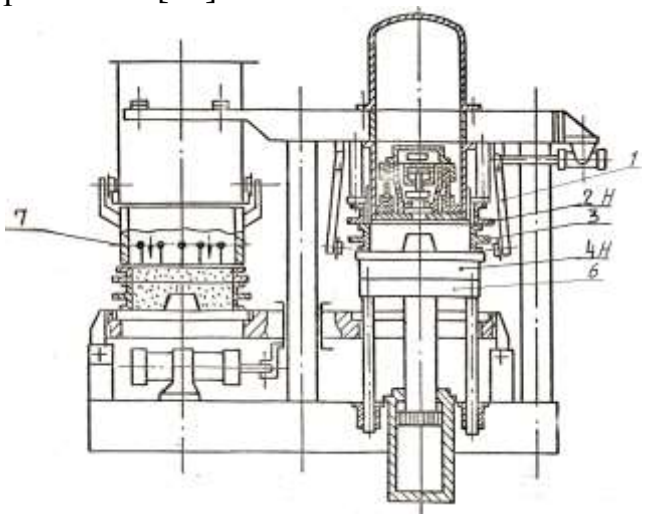


Рис. 3 – Сбор комплекта «низа», засыпка смесью формовочного комплекта «верха»

В системе автоматизации машины предусмотрен наладочный режим, включающий в себя два «подналадочных» режима: работа механизмов машины с формовочной смесью; работа механизмов машины без формовочной смеси. Выбор режимов осуществляется оператором с сенсорной панели управления.

АФЛ на основе импульсного блока обеспечивает высокую производительность и качество уплотнения форм, что позволяет получать качественные отливки как по геометрии и размерной точности, так и по чистоте поверхности.

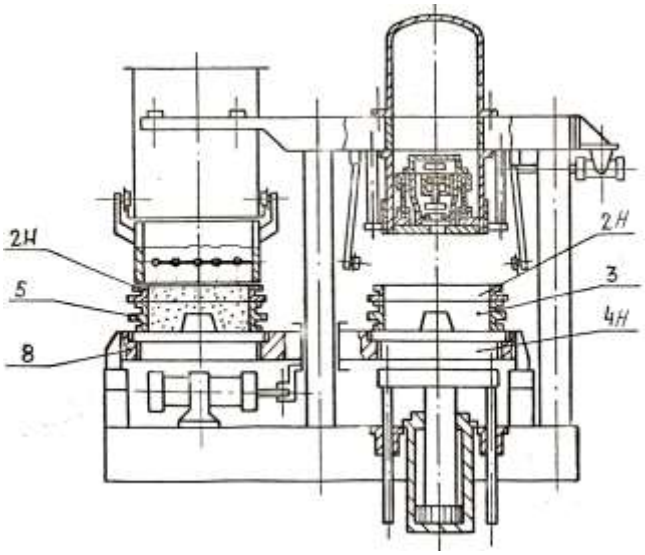


Рис. 4 – Опускание комплекта «низа» на стол поворотный

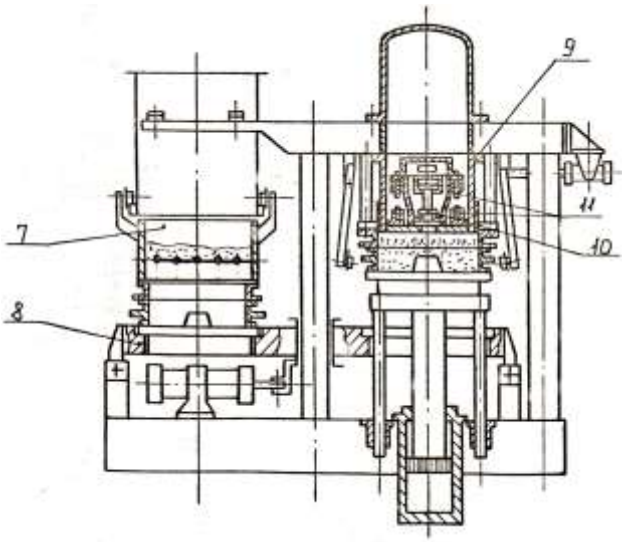


Рис. 5 – Поворот стола, импульс

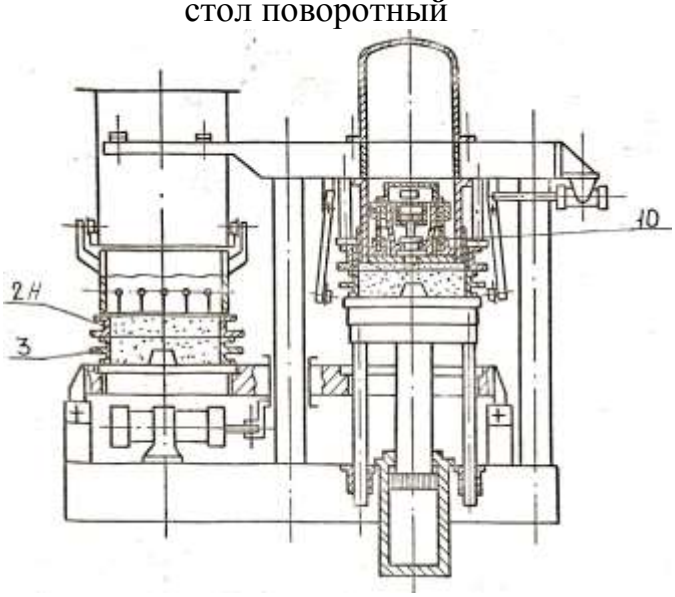


Рис. 6 – Подпрессовка

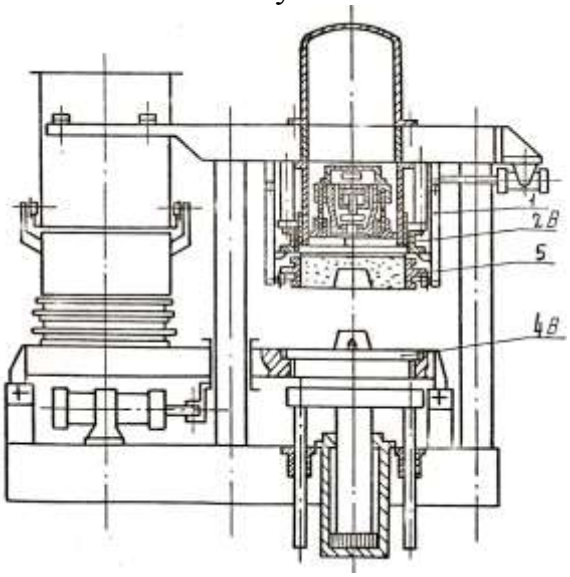


Рис. 7 – Протяжка

Освоение отливок «тормозной барабан». Применения технологии импульсного формообразования, выполняемой на блоке импульсной формовки автоматической линии, монтируемой в цехе в рамках технического перевооружения, накладывает определенные ограничения на оснастку. Так, новая внедряемая машина имеет ограничение на высоту опоки – 250 мм, технология литейной формы для изготовления тормозных барабанов требует высоту опоки 300 мм. Поэтому в плане освоения новой технологии необходимо определить, возможно ли уменьшение высоты опоки

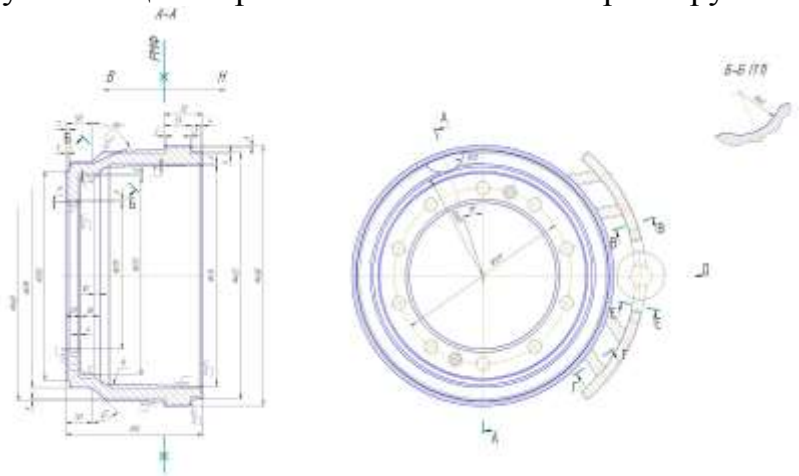


Рис. 8. Технология литейной формы

без ухудшения качества литых барабанов. Для этого была выполнена 3D-модель тормозного барабана и спроектирована литниковая система, предполагающая использование четырёх питателей, подведенных под разными углами к отливке. Внутренняя полость барабана выполнялась болваном.

Вся отливка располагается в верхней полуформе, высота стояка соответствует высоте верхней опоки и формирует статический напор. Суммарная площадь сечения питателей рассчитывается по формуле Озана-Диттерта

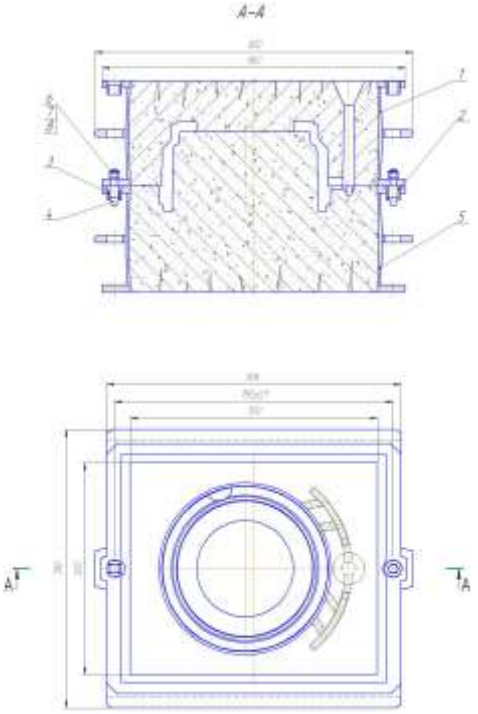


Рис. 9. Литейная форма в сборе

$$\sum F_{пит} = \frac{G}{\gamma\mu\sqrt{2gH_p}}, \quad (1)$$

где G – вес заливаемого металла, включающий в себя массу всех отливок в форме и вес литниковой системы, принимаем равным 30% от массы всего заливаемого металла.

В формуле (1) приняты такие обозначения: γ - плотность чугуна, μ - коэффициент сопротивления, g – ускорение свободного падения, t – продолжительность заливки, с, определяемая по формуле:

$$t = S\sqrt{Q}_{\Sigma}, \quad (2)$$

где t - время заливки, с, S - коэффициент, зависящий от толщины стенки, материала отливки и способа заливки, Q_{Σ} – масса отливки с литниками, соответствующая величине Q в формуле (1) для расчета суммарной площади сечения питателей.

Статический напор определяется по формуле:

$$Hp = H - \frac{P^2}{2C}, \quad (3)$$

где H – высота стояка от места подвода металла в форму, соответствующаявысоте верхней опоки, C – высота отливки, P – высота от линии разъема до верхней точки на отливке.

Технология литейной формы и форма в сборе показаны на рис. 8 и рис. 9 соответственно.

На рис. 10. показана 3D-модель тормозного барабана для компьютерного моделирования процесса заполнения литейной формы.

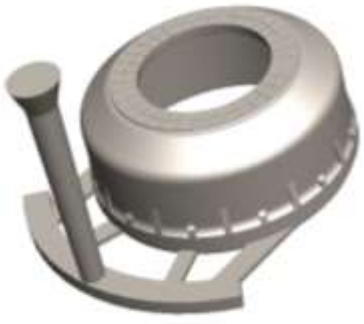


Рис. 10 - Тормозной барабан с литниковой системой

Результаты моделирования процессов заполнения формы с разной величиной статического напора приведены на рис. 11 – 13. Результаты компьютерного моделирования показали, что высота опоки не оказывает существенного влияния на формирование внутренних полостей в теле отливок. Это означает, что при внедрении автоматической линии на основе импульсного процесса формообразования возможен выбор опоки с высотой 250 мм, т.е. никакой доработки самого импульсного блока не требуется. Это обеспечивает также возможность экономии формовочной смеси за счет уменьшения высоты опоки, реализуя, тем самым, мероприятия по ресурсосбережению в технологии литейного производства [16]. Полученная экономия может быть учтена в планировании организации процесса технического перевооружения литейного цеха.

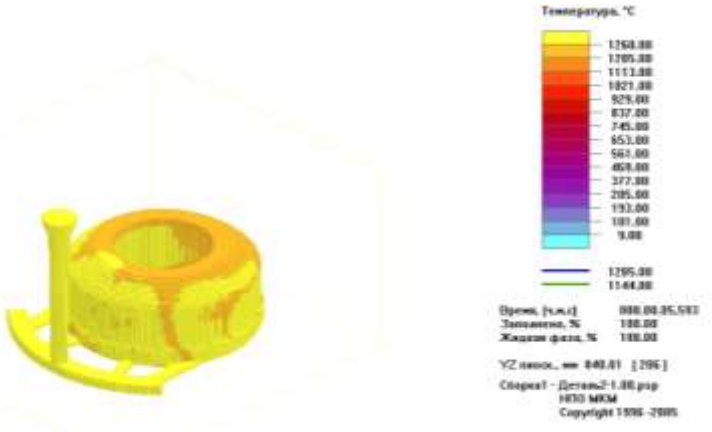


Рис.11 – Результаты моделирования процессов заполнения формы при величине статического напора H=200 мм

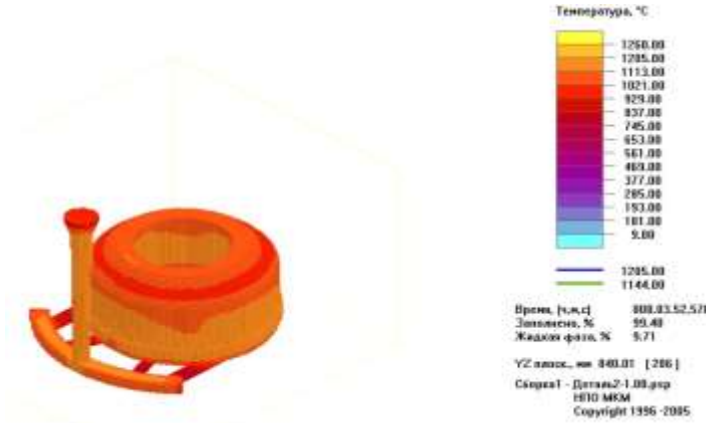


Рис.12 – Результаты моделирования процессов заполнения формы при величине статического напора H=250 мм

Рис.13 – Результаты моделирования процессов заполнения формы при величине статического напора H=300 мм

Выводы. Используя подходы оперативного менеджмента и методы построения оптимальной стратегии технического перевооружения литейных цехов, в сочетании с современными методами компьютерного моделирования и оптимизационным проектированием литейной оснастки, открывается возможность проведения технического перевооружения литейных цехов при минимальных затратах на реализацию соответствующих мероприятий. При таком варианте становится

возможным также проведение в полном объеме мероприятий по освоению новых отливок номенклатуры, отличающейся от типовой номенклатуры литья, изготавливаемого в данном цехе

Список литературы: 1. *Ковалев, А. И.* Управление реструктуризацией предприятия: Монография. – К.: АВРИО, 2006. – 367 с. **2.** Корпоративное управление машиностроительным предприятием: проблемы, пути решения. Монография / Под общ. Ред. Д.э.н. проф. *Пономаренко В. С., д.э.н., доц. Ястремской Е. М, / Авторский коллектив: В. С. Пономаренко, Е. Н. Ястремская, В. М. Луцковский, С. Л. Кушнарь, Д. А. Репка, Н. В. Беликова*. – Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2006. – 232с. **3.** *Козицька, Г. В.* Реструктуризація підприємств як фактор перебудови економіки України / *Г. В. Козицька* // Галицький економічний вісник: наук. Журнал. – Вип. 3 (10). – Тернопіль, 2006. – №3(10). – с.111-118. **4.** *Волик, И. Н.* Определение конкурентной позиции машиностроительного предприятия / *И. Н. Волик, Ю. Ф. Врода* // Бизнес Информ. – 2007. №1-2. – с.57 – 64. **5.** *Онищенко С. П.* Формирование оптимального состава программы развития предприятия [Текст] / *С. П. Онищенко, Е.С. Арабаджи* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №6/3 (54). – С. 60-66. **6.** *Ларіна, К. О.* Управлення технічним переозброєнням підприємства на основі концепції маркетингу / *К. О. Ларіна* // Автореферат дис. … канд. економ. Наук. – Х.: Харків, 2008. – 20 с. **7.** *Следь А. Н.* Обновление производственной базі предприятий машиностроения как фактор повішения конкурентоспособности продукции на внешних рінках / *А. Н. Следь* // Проблемі развития внешнеєкономических связей и привлечения иностранніх инвестиций: региональній аспект: сб. научн. тр. – Донецк:ДонТУ, 2004. – ч.2. – с.520 – 523 **8.** *Демина, Е. Б.* Формирование критерия целесообразности технического перевооружения промышленного производства [Текст] / *Е. Б. Дёмина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Технический прогресс и эффективность производства. – Харьков: ХГПУ. – Выпуск №95. **9.** *Дёмина, Е. Б.* Выбор оптимальной стратегии технического перевооружения предприятия с металлургическим производством [Текст] / *Е. Б. Дёмина* // Технологический аудит и резервы производства. Х.: Технологический Центр. – 2011. - №2(2). – с.40-52. **10.** *Демина, Е. Б.* Метод определения годовых затрат от простоев оборудования [Текст] / *Е. Б. Дёмина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков.: ХГПУ. – Выпуск №58. – с.11-12. **11.** *Демина, Е. Б.* Анализ динамики времени работы и простоев оборудования машиностроительного предприятия [Текст] / *Е. Б. Дёмина* // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. – Харьков.: ХГПУ. – Выпуск №66. – с.13-15. **12.** *Дьоміна, О. Б.* Використання методів операційного менеджменту в ливарному виробництві [Текст] / *О. Б. Дьоміна* // Технологический аудит и резервы производства. Х.: Технологический Центр. – 2012. - №2(4). – с.40-52. **13.** *Фролова, Л. В.* Визначення резервів енергозбереження на основі технологічного аудита роботи формувальних струшуючих машин / *Л. В. Фролова* // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2011. – № 2(2). – с. 8 – 13. **14.** *Фролова, Л. В.* Вибір шляхів вдосконалення конструктивних елементів формувальних струшуючих машин / *Л. В. Фролова* // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2012. – № 1(3). – с. 30 – 34. **15.** Режим доступа http://www.tarp.net.ua/images/stories/downloads/Obrazec-NII.pdf **16** Ресурсосберегающие технологии в литейном производстве [Текст]: справочное пособие / *Д. А. Дёмин, Е. Б. Дёмина, О. В. Акимов и др.; под общ. Ред. Д. А. Дёмина*. – 1 изд. – Х.: Технологический Центр, 2012. – 320 с., ил.

Поступила в редколлегию 18.11.2013

УДК 621.74

Освоение новой номенклатуры отливок на этапе технического перевооружения литейного производства/ М. С. Усиков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.41-47 . – Бібліогр.:16 назв.

В статті описані заходи щодо освоєння нових виливків на етапі технічного переозброєння ливарного виробництва. Як приклад декількох технічних рішень показано технологію виливку «гальмовий барабан» в умовах модернізації формувальної ділянки ливарного цеху.

Ключові слова: технічне переозброєння, виливок, формувальна машина.

This article describes the activities for the development of new castings in step technical re foundry. As an example, several technical solutions shown casting technology "brake drum" in the modernization of the forming section of the foundry.

Keywords: modernization, casting, molding machine.

УДК 519.876.5; 656.051

І. А. ВІКОВИЧ, д-р техн. наук, проф., НУ «Львівська політехніка»;
Р. М. ЗУБАЧИК, аспірант, НУ «Львівська політехніка»

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ДОВЖИНИ ЧЕРГИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Запропонована імітаційна модель для визначення максимальної довжини черги транспортних засобів на ізольованому регульованому перехресті, яка написана мовою програмування Objective-C (модель запускається також на мобільних телефонах). У статті розглядається процес створення моделі, перевіряється її адекватність, а також порівнюються результати, з іншими методиками. В залежності від ступеня насичення на підході визначено межі застосування законів розподілу (логнормального та Гіпер-Ерланга), за якими у моделі розподіляються моменти появи автомобілів на підході до перехрестя.

Ключові слова: імітаційна модель, максимальна довжина черги транспортних засобів, регульоване перехрестя, спеціальна смуга.

Вступ та постановка проблеми. Одним із ключових чинників для підвищення транспортного обслуговування міських маршрутних автобусів (тролейбусів) на вуличній мережі міста, є забезпечення просторово-часового пріоритету на регульованих перехрестях. Невід'ємною складовою такого пріоритету є впровадження спеціальних смуг на перегонах вулиці не перериваючи їх на перехрестях. До регульованих перетинів, на яких складно забезпечити просторово-часовий пріоритет відносять перехрестя, підходи яких мають не більше двох смуг руху в одному напрямку. Для забезпечення пріоритетного руху в таких умовах авторами запропоновано метод «*спеціальна смуга в зоні перехрестя*» [1]. Суть цього методу полягає у створенні у певному напрямку додаткового поширення на підході до перехрестя і після нього, а також облаштування на цих поширеннях, включаючи ділянку на площі перетину між ними, спеціальної смуги для руху пріоритетного транспорту. При відсутності зупинних пунктів у зоні перехрестя або розташування їх перед ним, додаткові поширення впроваджуються лише на його підходах.

Основним етапом впровадження цього методу, є визначення оптимальної довжини спеціальної смуги на підході до перехрестя. Для цього необхідно визначити максимальну довжину черги транспортних засобів на смузі, що межуватиме із спеціальною.

Аналіз досліджень і публікацій. «Кількість автомобілів у черзі» та «довжина черги» (середня чи максимальна) це показники якості функціонування регульованих перехресть, які, відповідно, вимірюються в автомобілях і метрах. Однак з метою стислого викладу матеріалу в подальшому будемо використовувати, здебільшого, поняття «довжина черги», з одиницями виміру як в автомобілях, так і метрах.

У спрощеному варіанті, максимальну довжину черги розраховують за формулою [2]:

$$Q_i = \frac{t_ч \cdot N_i}{\left(1 - \frac{N_i}{M_{н_i}}\right) \cdot T}, \qquad (1)$$

© І. А. ВІКОВИЧ, Р. М. ЗУБАЧИК, 2013

де Q_i – максимальна довжина черги на *i*-й смузі, од.; $t_ч$ – тривалість забороненого сигналу світлофора, с; N_i – інтенсивність руху на ***i***-й смузі, авто/год.; $M_{н_i}$ – потік насичення на *i*-й смузі, авто/год.; T – тривалість періоду розрахунку, с.

У HCM (від англ. Highway Capacity Manual) [4] для визначення максимальної довжини черги служить формула, з використання якої можна отримати точніші результати:

$$Q_i = Q_1 + Q_2, \tag{2}$$

де Q_i – максимальна довжина черги транспортних засобів на *i*-й смузі, од.; Q_1 – перший додаток, середня довжина черги при рівномірному прибутті автомобілів до перехрестя; Q_2 – другий доданок, довжина черги при випадковому прибутті автомобілів до перехрестя;

$$Q_1 = PF_2 \cdot \frac{\frac{N_i \cdot T_ц}{3600}\left(1-\frac{\lambda}{T_ц}\right)}{1-\left[\min(1.0; X_i)\cdot\frac{\lambda}{T_ц}\right]}, \tag{3}$$

де PF_2 – коефіцієнт коригування при періодичному надходженні автомобілів до перехрестя (для ізольованих перехресть $PF_2 = 1{,}0$); N_i – інтенсивність руху на *i*-й смузі, авто/год.; $T_ц$ – тривалість циклу, с; λ – ефективна тривалість фази, с; X_i – ступінь насичення на *i*-й смузі руху; $M_{н_i}$ – потік насичення *i*-ї смуги руху, авто/год.

$$Q_2 = 0{,}25 \cdot P_i \cdot T \cdot \left[(X_i - 1) + \sqrt{(X_i-1)^2 + \frac{8 \cdot k_B \cdot X_i}{P_i \cdot T} + \frac{16 \cdot k_B \cdot Q_0}{(P_i \cdot T)^2}}\right], \tag{4}$$

де P_i – пропускна здатність *i*-ї смуги руху, авто/год.; T – тривалість періоду розрахунку, год.; Q_0 – початкова довжина черги на початку періоду розрахунку (стандартне значення 0); k_B – коефіцієнт коригування для раннього прибуття (розрахункова формула наведена у [4])

В німецьких дорожніх нормативних матеріалах [5] (скорочено HBS) для визначення максимальної довжини черги пропонується така формула:

$$Q_i = \left(e^{0{,}022\cdot(S-50)} - 1\right)\cdot\sqrt{m_ч + Q_{GR}} + (m_ч + Q_{GR}), \tag{5}$$

де Q_i – максимальна довжина черги автомобілів, од.; S – запобігання надмірному скупченню, % (90; 95); $m_ч = \frac{N_i \cdot t_ч}{T}$ – середня кількість автомобілів, що прибувають при забороненому сигналі, од.; N_i – інтенсивність руху на *i*-й смузі руху, авто/год.; $t_ч$ – тривалість забороненого сигналу, с; T – тривалість періоду розрахунку, с; Q_{GR} – кількість автомобілів у черзі в момент завершення зеленого сигналу, од. (розрахункові формули в залежності від ступеня насичення X_i наведено в [5]).

Для порівняння результатів розрахунків за формулами (2) і (5), розглянемо діапазон інтенсивності від 300 до 800 авто/год. на одному підході до перехрестя при однакових вхідних даних.

Нехай на деякому ізольованому підході з однією смугою руху транспортний потік є однорідним (100% легкових автомобілів). Потік насичення становить 1800 авто./год. Тривалість дозволеного сигналу змінюється від 10 до 30 с, з інтервалом 4 с в залежності від інтенсивності. Умови руху на підході до перехрестя,

характеризуються трьома ступенями насичення (0,65; 0,9 та 1,0). При ступені насичення X_i = 0,65 тривалість циклу змінюється відповідно від 39 до 44, при X_i = 0,9 – від 54 до 61 і від 60 до 68 при X_i = 1,0. Тривалість періоду розрахунку складає – 3600 с (рис. 1). З рис. 1 видно, що є велика розбіжність між отриманими результатами, яка становить від 3 до 9 автомобілів відповідно при ступенях насичення 0,65 та 1,0. З іншого боку значення довжини черги збігаються при інтенсивності 350 – 500 авто/год. у випадку X_i = 0,65, і приблизно при 550 авто/год. за інших двох ступенів насичення. Ці розбіжності, в основному, пояснюються тим, що в обох формулах випадковість прибуття автомобілів до перехрестя враховується за допомогою емпіричних коефіцієнтів, які отримані із заздалегідь заданих статистичних характеристик.

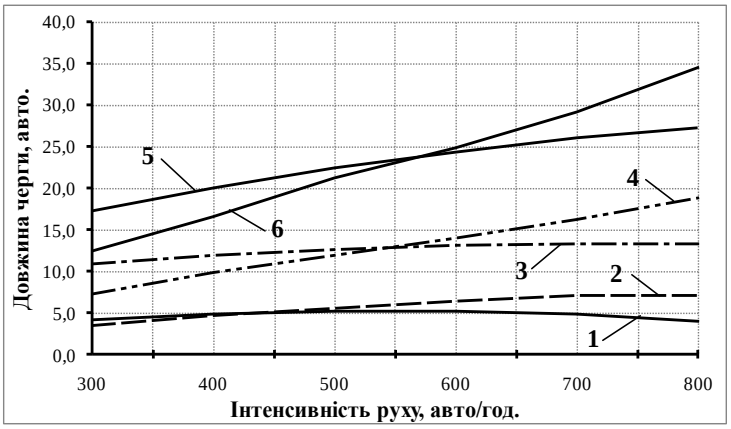


Рис. 1 – Максимальна довжина черги: 1; 3; 5 – за HCM відповідно при X_i = 0,65; 0,9; 1,0; 2; 4; 6 – за HBS відповідно при X_i = 0,65; 0,9; 1,0;

У зв'язку з цим виникає необхідність у дослідженні цього показника і розробленні методики розрахунку максимальної дожини черги, результати якої відповідали б (були адекватними) її значенням у реальних умовах. При цьому важливо, щоб із її використанням можна було б визначати на скільки максимально збільшується в довжину черга транспортних засобів у плані підходу впродовж усього циклу. Оскільки саме ці значення черги у метрах визначають оптимальну довжину спеціальної смуги на підході до перехрестя.

Мета статті. Розробити імітаційну модель для розрахунку максимальної довжини черги транспортних засобів на ізольованому регульованому перехресті.

Виклад основного матеріалу. Для розробки цієї методики доцільно використовувати методи імітаційного моделювання, які є поєднанням аналітичного розрахунку та натурного експерименту [6]. Найскладнішим етапом імітаційного моделювання є створення моделі. Із складністю досліджуваного процесу зростають масштаби самої моделі. Тому при її розробці постановку завдання обмежимо лише визначенням максимальної довжини черги, що утворюється на початку дозволеного сигналу та за весь цикл (в автомобілях і метрах).

Імітаційна модель підходу(-ів) до ізольованого перехрестя написана мовою програмування **Objective-C** у програмному середовищі **Xcode** (може використовуватися навіть на мобільних телефонах бренду iPhone).

Модель реалізована у такий спосіб, що при використанні, користувач може легко змінювати вхідні дані, зокрема збільшувати кількість підходів до перехрестя (≤ 4) і вибирати потрібну кількість смуг руху на кожному з них (≤ 3), включаючи схему проїзду.

Вхідні дані у моделі можна поділити за такими категоріями:

1) тривалість періоду розрахунку, кількість імітацій;

2) кількість підходів до перехрестя та кількість смуг на кожному з них (схема проїзду);

3) геометричні параметри підходу (ширина смуги руху, поздовжній ухил, радіус заокруглень для повороту праворуч і ліворуч);

4) параметри керування (тривалість циклу, дозволеного та жовтого сигналів);

5) умови руху (інтенсивність руху за період розрахунку, частка, що повертає праворуч, ліворуч та рухається прямо; частка по смугах; склад потоку (легкові, вантажні, автобуси) та розподіл їх за напрямками; наявність та інтенсивність пішохідного руху; закон розподілу часових інтервалів між автомобілями, що прибувають до перехрестя);

6) довжина у метрах динамічного габариту автомобіля в черзі при зупинці (легковий, вантажний, автобус), стартова затримка.

На рис. 2 наведено блок-схему алгоритму моделювання одного підходу до ізольованого перехрестя, яка обмежується однією смугою руху. При збільшенні кількості смуг – алгоритм збільшується на відповідну кількість етапів моделювання, які виконуються паралельно, а при розгляді більше одного підходу, алгоритм, від підходу до підходу, послідовно змінюється в залежності від вхідних параметрів.

Весь алгоритм моделювання можна поділити на два етапи. На першому етапі визначається середній інтервал між автомобілями, що проїжджають перехрестя та момент прибуття першого автомобіля на його підході (поява наступного визначається на другому етапі відразу після прибуття першого).

Середній інтервал між транспортними засобами при роз'їзді черги, визначається з потоку насичення, який є його оберненою величиною. Потік насичення розраховується за формулою [5]:

$$M_H = M_0 \cdot f_{SV} \cdot f_B \cdot f_R \cdot f_S \cdot f_F \cdot f_L \cdot f_{RT}, \qquad (6)$$

де M_0 – ідеальний потік насичення (у моделі може змінюватися від 1800 до 2000 авто/год.); f_{SV}, f_B, f_R, f_S – коефіцієнти, що враховують відповідно частку вантажного транспорту, ширину смуги руху, радіус повороту, поздовжній ухил, пішохідний рух; f_L, f_{RT} – коефіцієнти, що враховують поворот ліворуч і праворуч.

На другому етапі моделюється процес функціонування одного підходу впродовж періоду розрахунку (дослідження), що визначається користувачем (найчастіше задають одну годину).

Для цього період моделювання розбивається на мінімальні інтервали Δt, [7] який у моделі може набувати таких значень: 1,0 с; 0,1 с; 0,01 с; 0,001 с. Цей етап, також включає, визначення зміни світлофорних сигналів, моментів появи автомобілів на підході, визначення напрямку руху і тип транспортного засобу, проїзд перехрестя або формування черги, роз'їзд черги та визначення максимальної довжини черги (в автомобілях і метрах).

Визначення напрямку руху і типу транспортного засобу здійснюється випадково з використанням функції (arc4random), що розподіляє їх рівномірно відповідно до вхідних значень.

Роз'їзд черги у моделі виконується після завершення забороненого сигналу та стартової затримки, велична якої змінюється в залежності від типу першого автомобіля. Вплив пішохідного руху на транспортний потік, що при роз'їзді повертає праворуч чи ліворуч в одній фазі, виражається через відповідний коефіцієнт потоку насичення.

Максимальна кількість у черзі визначається в момент завершення стартової

затримки, що виникає на початку дозволеного сигналу (черга на початку дозволеного сигналу) та в момент рушання останнього автомобіля з черги, що утворилася на початку дозволеного сигналу або в момент завершення дозволеного сигналу (черга за цикл).

Результати, які видає модель є усереднена максимальна довжина черги (в автомобілях і метрах) на початку дозволеного сигналу та вкінці циклу за k імітацій, а також максимальні їх значення.

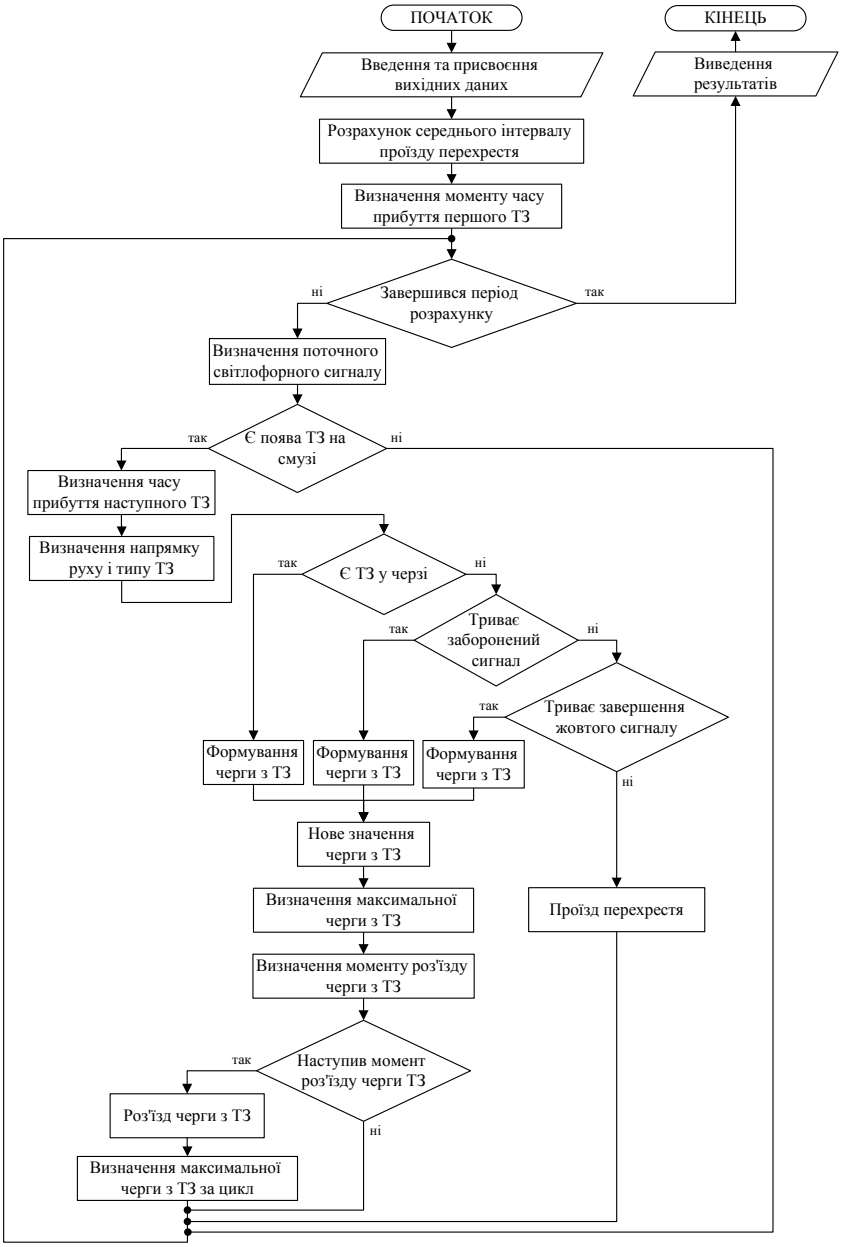


Рис. 2 – Блок-схема алгоритму моделювання одного підходу до регульованого перехрестя

Другий етап алгоритму починається з забороненого сигналу та повної відсутності транспортних засобів у черзі, хоча в реальних умовах вони можуть мати місце, зокрема у насичених умовах руху на підході. Тому для усунення цього недоліку, у вхідних параметрах моделі створена відповідна вкладка, при активації якої початок основного періоду моделювання розпочинається зі значенням черги, що визначається за період «розгону» моделі, який триває 15 хв., перед основним періодом. Значення черги вказуються ті, які залишилися після завершення дозволеного сигналу останнього циклу періоду «розгону». В результаті, це дає змогу врахувати ті автомобілі, які можуть появитися у черзі на початку першого циклу основного періоду.

Основною складовою обох етапів моделювання є прибуття автомобілів до перехрестя, які виражаються у моделі через часові інтервали між автомобілями. Для їх моделювання, приймається, що часові інтервали між автомобілями є випадковою величиною X, яка підпорядковується ймовірнісним законам розподілу. У моделі часові інтервали розподіляються за складеним законом Гіпер-Ерланга [6, 8] та неперервним логнормальним законом [9, 10].

Розподіл Гіпер-Ерланга є лінійною комбінацією зміщеного експоненційного розподілу та розподілу Ерланга. Відповідно до цього розподілу транспортний потік розділяють на дві групи – автомобілі, що вільно прибувають до перехрестя та автомобілі зі зв'язаним рухом [6, 8]. Щільність розподілу інтервалів між автомобілями задається виразом:

$$f(x)=\beta\cdot\lambda_1 e^{-\lambda_1(x-\tau)}+(1-\beta)\cdot\frac{\lambda_2{}^a}{(a-1)!}x^{a-1}\cdot e^{-\lambda_2 x},\ x\in(0;+\infty) \qquad (7)$$

де a,λ_1,λ_2 – параметри закону розподілу; $a>0,\ \ a\in\square$; $\lambda_1>0;\lambda_2>0;\ \ \lambda_1=\frac{1}{\bar{x}};\lambda_2=\frac{a}{\bar{x}}$; $\bar{x}$ – середній часовий інтервал між автомобілями; τ – мінімальний інтервал між автомобілями (згідно [8] лежить у межах 0,5-1,5 с.); β – частка автомобілів, що вільно прибуває до підходу перехрестя.

Застосування цього розподілу вимагає визначення величини β, тобто частки автомобілів, що при русі не впливають один на одного і вільно прибувають до перехрестя. У [10, 11] вважається, що до них відносяться автомобілі, часовий інтервал між якими є більше 8 с.

З врахуванням цього було проведено модельний експеримент, в ході якого генерувалися випадкові часові інтервали між автомобілями, що прибувають до перехрестя за розподілом Ерланга, зі щільністю:

$$f(x)=\frac{\lambda_2{}^a}{(a-1)!}x^{a-1}\cdot e^{-\lambda_2 x},\ x\in(0;+\infty) \qquad (8)$$

При цьому розглядався діапазон інтенсивності від 50 до 1000 авто./год. (з інтервалом 50 авто/год.) при параметрах розподілу $a=2;a=3;a=4$. Для кожного значення інтенсивності та параметру проводилось по 1000 імітацій, фіксувалося кількість автомобілів, інтервал яких становив більше 8 с. (перед автомобілем та після нього), а також визначалася їх усереднена частка в залежності від годинної інтенсивності руху.

На основі цих результатів проведено регресійний аналіз, внаслідок чого отримано експоненційну залежність між β часткою автомобілів, що вільно прибувають та інтенсивністю руху. При параметрі розподілу $a=2$ спостерігається найтісніший зв'язок між двома змінними (рис. 3), про що також свідчить високе значення коефіцієнта кореляції (0,9951). Рівняння регресії, що описує цю залежність закладено у модель і має такий вигляд:

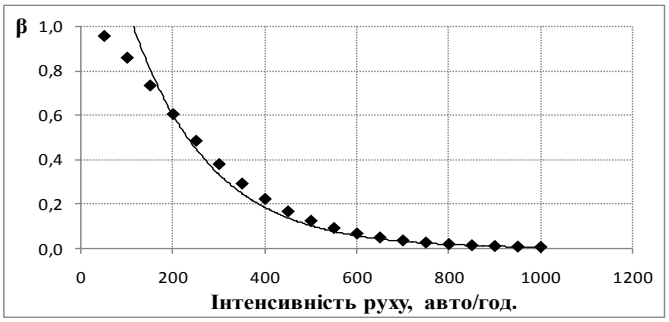


Рис. 3 – Залежність частки автомобілів, що прибувають вільно від інтенсивністю руху

$$\beta=1{,}961\cdot e^{-0{,}006\cdot N}, \qquad (9)$$

де N – інтенсивність руху, авто/год.

Щільність логнормального закону розподілу, задається такою формулою:

$$f(x)=\frac{1}{x\cdot\sigma\sqrt{2\pi}}\cdot e^{-\frac{(\ln x-\mu)^2}{2\sigma^2}}\qquad x\in(0;+\infty), \qquad (10)$$

де μ,σ^2 – математичне сподівання та дисперсія; $\mu\in\mathbf{R},\ \sigma>0\,;\mu=\bar{x}$

Для визначення середньоквадратичного відхилення σ використовується формула [12] (правило «чотирьох сигм»):

$$P\{X > \alpha\} = 0.5 - \Phi\left(\frac{\alpha - \mu}{\sigma}\right), \tag{11}$$

де α – мінімальний інтервал між автомобілями, с; $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$ – функція Лапласа; $P\{X > \alpha\} = 0.999968$ (приймається, що з такою ймовірністю випадкова величина X попадає на проміжок $(0.5;+\infty)$).

Для генерування у моделі випадних часових інтервалів за цими розподілами, неперервна випадкова величина Y, що розподілена з постійною щільністю на інтервалі $(0;1)$, піддається функціональному перетворенню $X = \varphi(Y)$ [12]. Відповідно до цього, значення інтервалів x випадкової величини X визначаються через обернену функцію $F^{-1}(y)$ по відношенню до $F(x)$ за формулою:

$$x = F^{-1}(y) \tag{12}$$

де $F^{-1}(y)$ – обернена функція до функції розподілу $F(x)$

Обернена функція для розподілу Гіпер-Ерланга визначається на основі того, що закон Ерланга *k*-го порядку це сума незалежних випадкових величин, кожна з яких розподілена за показниковим законом [12]. Перетворюючи за формулою (12) функцію експоненційного розподілу та їх суму, отримаємо:

$$\begin{cases} x_i = -\frac{1}{\lambda_1} \cdot \ln(1 - y_i) + \tau & y \in (0;1) \\ x_i = -\frac{1}{\lambda_2} \cdot \sum_{i=1}^{a} (\ln(1 - y_i)), & y \in (0;1) \end{cases} \tag{13}$$

Для визначення функції логнормального розподілу використовується не загальновідома у теорії ймовірності функція Лапласа, а функція помилок $erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$, що є вбудованою у таких мовах програмування як C++ та Objective-C. З її використанням функція розподілу набуде такого виду:

$$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} erf\left[\frac{\ln x - \mu}{\sqrt{2\sigma^2}}\right] \tag{14}$$

На основі (12) формула (14) після простих перетворень матиме такий вигляд:

$$x_i = e^{(\mu + \sqrt{2\sigma^2} \cdot erf^{-1}(2y_i - 1))} \quad y_i \in (0;1) \tag{15}$$

Якщо у формулі (15) використовувати значення σ, що отримані із формули (11), то загальна кількість автомобілів, що генерується за логнормальним розподілом не збігається (не є тотожною) із кількістю, яка задається у вхідних даних (зі зменшенням інтенсивності між ними спостерігатися значна розбіжність). Тому, для усунення цього недоліку (чого не спостерігається при розподілі Гіпер-Ерланга), було проведено статистичне моделювання, за яким встановлено залежності між параметрами розподілу (μ, σ) і годинною інтенсивністю руху, що задається в моделі у вхідних параметрах (табл. 1).

Таблиця. 1 – Залежності між параметри логнормального розподілу та інтенсивністю руху

Інтенсивність руху	Математичне сподівання		Середньоквадратичне відхилення	
	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції
≤ 600	$\mu = 14,85 \cdot e^{-0,002 \cdot N}$	$0,9801$	$\sigma = 3,0338 \cdot e^{-0,002 \cdot N}$	$0,9970$
≤ 850			$\sigma = 1,9986 \cdot e^{-0,001 \cdot N}$	$0,9690$

Перевірка адекватності моделі та аналіз її результатів. Для перевірки результатів за розробленою моделлю, інтерфейс якої наведено на рис. 4, розглядається той же діапазон інтенсивності руху (від 300 до 800), умови руху та дорожні умови, що й при аналізі формул (2) та (5). При цьому для порівняння результатів з тими, що відповідають їм у реальних умовах, додатково, значення максимальна довжина черги, визначаються у програмному середовищі VISSIM, які приймаються за еталонні (VISSIM адекватно відтворює реальні умови). Щоб усереднити результати у VISSIM проведено 10 імітацій і з отриманих значень у метрах визначається черга в автомобілях (відношення довжини черги у метрах до середньої довжини динамічного габариту транспортного засобу при зупинці у черзі).

Рис. 4 – Інтерфейс моделі для розрахунку максимальної довжини черги транспортних засобів

Результати усередненої максимальної довжини черги на початку дозволеного сигналу за 1000 імітацій, що отримані з моделі в Objective-C при ступенях насичення 0,65, 0,9 і 1,0 наведено на рис. 5 – 7. Поряд з цим наведено значення, що отримані з формул (2) і (5), або за HCM та HBS, а також за VISSIM.З наведених результатів видно, що значення, які отримані з VISSIM є дуже близькими до тих, що визначаються за HBS, при чому на всій довжині діапазону інтенсивності, що розглядається, збігається динаміка їх кривих (не спостерігається перетинів та значних розбіжностей). Але у всіх випадках значення за HBS є меншими за ті, що отримані з VISSIM. Це пояснюється тим, що у середовищі VISSIM чергу формують також ті автомобілі, швидкість яких є меншою за 5 км./год. при підході до перехрестя.

З огляду на ці результати можна стверджувати, що значення максимальної довжини черги за HBS відповідають реальним даним набагато більше ніж за HCM. Тоді, при ступені насичення 0,65 найбільше, зі значеннями за HBS збігаються результати моделювання за логнормальним розподілом (рис. 5), а при ступені насичення 0,9 і 1,0 – за розподілом Гіпер-Ерланга з параметром $a = 3$ (рис. 6 і 7).

При ступені насичення 0,9 і 1,0 результати за логнормальним розподілом суттєво відрізняються від тих, що відповідають їм у реальних умовах. Зумовлено це тим, що в процесі моделювання за цим розподілом збільшуються коливання значень загальної кількості автомобілів, які прибувають за період, хоча усереднена кількість

за k імітацій є близькою до значень, що задаються на вході. При моделюванні за розподілом Гіпер-Ерланга такого не спостерігається.

Зважаючи на відмінність у ефективності використання законів розподілу доцільно у моделі, в частині вибору розподілу інтервалів між автомобілями що прибувають, створити додаткову вкладку (режим «автоматично»), налаштування якої дозволяли б визначати максимальну довжину черги при різних ступенях насичення на підході. Порівнюючи результати максимальної довжини черги, що видає модель з даними за HBS при різних ступенях насичення, було встановлено межі застосування законів розподілу, які наведено у табл. 2.

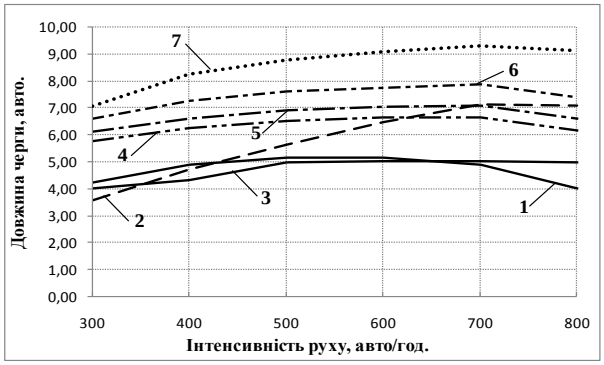


Рис. 5 – Максимальна довжина черги при ступені насичення $X_i = 0,65$: 1 – за HBS; 2 – за HCM; 3 – за логнормальним розподілом; 4, 5, 6 – за розподілом Гіпер-Ерланга відповідно з параметрами a = 2, a = 3, a = 4; 7 – за VISSIM

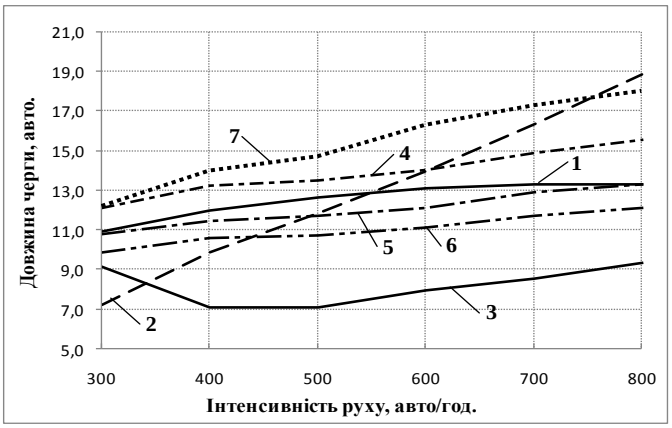


Рис. 6 – Максимальна довжина черги при ступені насичення $X_i = 0,9$: 1 – за HBS; 2 – за HCM; 3 – за логнормальним розподілом; 4, 5, 6 – за розподілом Гіпер-Ерланга відповідно з параметрами a = 2, a = 3, a = 4; 7 – за VISSIM

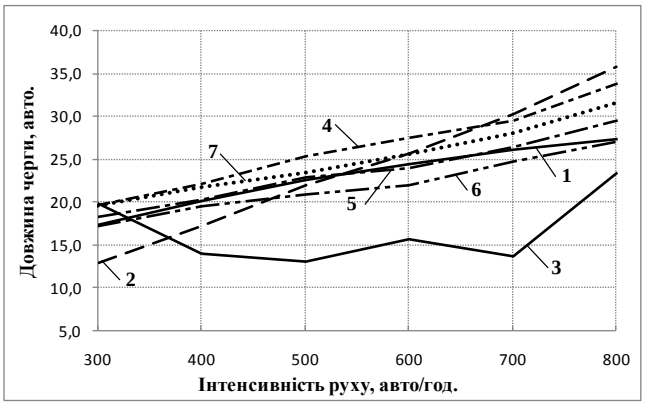


Рис. 7 – Максимальна довжина черги при ступені насичення $X_i = 1,0$: 1 – за HBS; 2 – за HCM; 3 – за логнормальним розподілом; 4, 5, 6 – за розподілом Гіпер-Ерланга відповідно з параметрами a = 2, a = 3, a = 4; 7 – за VISSIM

Таблиця 2 – Межі застосування у моделі законів розподілу в залежності від ступеня насичення

Ступінь насичення	Закон розподілу
$\le 0,65$	Логнормальний
$\le 0,85$	Гіпер-Ерланга з параметром $a = 2$
$\le 1,0$	Гіпер-Ерланга з параметром $a = 3$
$> 1,0$	Гіпер-Ерланга з параметром $a = 3$

Для визначення оптимальної довжини спеціальної смуги на підході до перехрестя необхідно використовувати значення максимальної довжини черги, що

утворюється за весь цикл [1]. Черга за «цикл» це черга, що утворюється на початку дозволеного сигналу та кількість автомобілів, яка прибуває до перехрестя впродовж її роз'їзду. Завершення відрізку часу, за який у моделі здійснюється підрахунок автомобілів, що прибувають до підходу впродовж дозволеного сигналу, є момент рушання останнього автомобіля з черги, що сформувалась на початку дозволеного сигналу (визначається як добуток (*n*-1)-ї кількості автомобілів у черзі на початку дозволеного сигналу та середнього інтервалу проїзду стоп-лінії).

У табл. 3 наведено усереднені значення максимальної довжини черги, що утворюються на початку дозволеного сигналу та за весь цикл при ступенях насичення 0,65, 0,9, 1,0 з врахуванням результатів, що наведені у табл.2.

Таблиця 3 – Залежність між інтенсивністю руху та максимальною довжиною черги на початку дозволеного сигналу і за цикл при різних ступенях насичення

Інтенсивність руху	Тривалість зеленого сигналу	Довжина черги за моделлю в Objective-C, авто.					
		логнормальний розподіл		розподіл Гіпер-Ерланга			
		ступінь насичення					
		0,65		0,9		1,0	
		на поч. зеленого	за цикл	на поч. зеленого	за цикл	на поч. зеленого	за цикл
300	10	4,00	5,00	10,82	11,79	18,20	20,64
400	14	4,30	6,19	11,48	13,30	20,17	23,32
500	18	4,98	6,97	11,71	14,60	22,78	27,66
600	22	5,00	7,94	12,13	16,33	23,82	29,76
700	26	5,00	8,71	12,89	18,59	26,41	33,46
800	30	4,99	9,24	13,30	20,84	29,42	39,22

Як видно з таблиці розбіжність між значеннями зростає із збільшенням на підході інтенсивності прибуття, ступеня насичення і тривалості дозволеного сигналу. При $X_i = 0,65$ різниця між ними складає від 1 до 4 автомобілів, а при $X_i = 1,0$ – від 2 до 10. Для останніх умов руху зростання розбіжності між значеннями пояснюється тим, що при них, спостерігаються цикли за, які черга не повністю роз'їжджається за дозволений сигнал. В наслідок чого, до черги, яка утворилася на початку дозволеного сигналу, додаються автомобілі, що прибувають впродовж повної тривалості дозволеного сигналу.

Важливо відзначити, що при ступені насичення 0,9 і 1,0 значення черги за «цикл» є близькими до тих, що отримані з VISSIM. Пояснюється це тим, що максимальна черга у VISSIM визначається у метрах і фіксується в момент максимального видовження черги з транспортних засобів у плані підходу, що відповідає алгоритму формування черги за «цикл» у моделі.

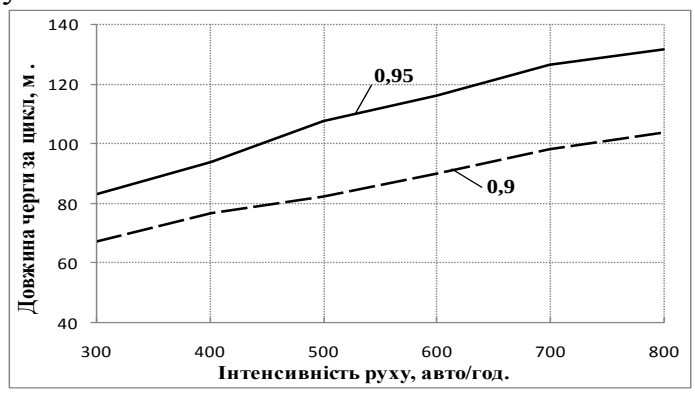


Рис. 8 – Максимальна довжина черги автомобілів у метрах, що утворюється впродовж циклу (цифри на кривих – ступінь насичення)

Враховуючи вищенаведене, з використанням моделі визначається максимальна довжина черги у метрах для однорідного складу потоку при довжині автомобіля 6 м та ступенях насичення $X_i = 0,9$ та $X_i = 0,95$. Останній відповідає верхній межі нормальних умов руху на підході до перехрестя [13] (рис. 8). Інші вхідні параметри є аналогічними як і при аналізі формул (2) та (5).

Наведені результати показують, що діапазон довжина спеціальної смуги на підході до перехрестя може коливатися від 59 м до 135 м.

Область застосування результатів дослідження. Розроблена імітаційна модель, яка написана мовою програмування Objective-C, базується на моделі прибуття автомобілів до перехрестя, очікування у черзі та її роз'їзду впродовж дії дозволеного сигналу. Модель видає значення максимальної довжини черги транспортних засобів, що утворюється на початку дозволеного сигналу та впродовж циклу. Черга на початку дозволенного сигналу може використовуватися для оцінки ефективності керування світлофорною сигналізацією, а черга за «цикл» – для визначення довжини додаткового поширення на підході до перехрестя, яке застосовується з метою підвищення пропускної здатності перехрестя або для забезпечення просторово-часового пріоритету автобусам (метод «спеціальна смуга в зоні перехрестя»).

Відрізок часу, за який модель видає результати залежить від мінімального інтервалу Δt (кроку моделювання) , що обирається при введенні вхідних параметрів. При значеннях Δt = 1,0 с; 0,1 с; 0,01 с; 0,001 с. та максимальній кількості імітацій (1000) розрахунок відповідно триває – 4,7 с; 23,9 с; 219,2 с. та понад 20 хв. Точність результатів після 0,1 с практично не підвищується, тому, з точки зору економії часу, в нормальних (не перенасичених) умовах руху на підході, зокрема при ступені насичення $\leq 0,65$ доцільно використовувати Δt = 1,0 с, а для насичених і перенасичених – Δt = 0,1 с.

Висновки:

1) Значення максимальної довжини черги за моделлю в Objective-C, є близькими до тих, що видає спеціалізоване програмне забезпечення VISSIM, тобто – адекватні реальним даним;

2) Основною складовою імітаційної моделі є часові інтервали між автомобілями, що прибувають до перехрестя, які найкраще відповідають реальному процесу, якщо розподіляються за законом Гіпер-Ерланга з параметром a = 3;

3) Імітаційна модель реалізована у таких спосіб, що користувачу легко змінювати умови дослідження через зміну вхідних параметрів і може запускатися як на ПК, так і на переносних пристроях (мобільний телефон, планшет). Модель можна завантажити за таким посиланням: https://itunes.apple.com/us/app/trafficqueue/id694798189?ls=1&mt=8;

4) Модель може використовуватися інженерами як на стадії проектування світлофорної сигналізації на перехресті, так і для оцінки його роботи за показником максимальна довжина черги.

5) В моделі наявні такі спрощення: автомобілі, які прибувають до перехрестя зупиняються та розганяються миттєво; розподіл складу потоку і рух у певному напрямку виконується за рівномірним розподілом, що не завжди відповідає реальним умовам.

Список літератури: **1.** *Вікович, І. А.* Розробка методу забезпечення пріоритету маршрутним автобусам на регульованих перехрестях [Текст] / *І. А. Вікович, Р. М. Зубачик* // Східно-Європейський журнал передових технологій. Науковий журнал. – Харків: Технологічний центр, 2013. – № 5/3 (65). – С. 27 – 33**. 2**. Bus rapid transit / Planning guide [Текст] / New York.: 3ed edition – June, 2007. **3.** *Рэнкин, В. У.* Автомобильные перевозки и организация дорожного движения. [Текст] / *В.У. Рэнкин, П. Клафи, С. И.* Халберт др. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с. **4**. Highway Capacity Manual. [Текст] /TRB, Washington, DC, 2000. – 1134 p. **5**. Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. / Bundesanstalt für Straßenwesen. Oktober 2001. – 370. **6.** *Иносэ, Х.* Управление дорожнім движением. / [Текст] Под ред. М.Я. Блинкина: Пер. с англ. / *Х. Иносэ, Т. Хамада* – М.: Транспорт, 1983. – 248 с. **7.** *Гаврилов, А. А.* Моделирование дорожного движения [Текст] / *А. А. Гаврилов* – М.: Транспорт, 1980. – 190 с. **8.** *Поліщук, В. П.* Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху. [Текст] / *В. П. Поліщук, О.П. Дзюба.* – К.: Знання України, 2008, – 175 с. **9.** *Дрю, Д.* Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / *Д. Дрю.* – М.: Транспорт,1976. – 424 с. **10.** *Сильянов, В. В.* Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации дорожного движения. [Текст] / *В.В. Сильянов* – М.: Транспорт, 1977. – 303 с. **11.** *Лобанов, Е. М.* Транспортная планировка городов [Текст] */ Е. М. Лобанов* – М.: Транспорт, 1990. – 240 с. **12.** *Вентцель, Е. С.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения [Текст] / *Е.С. Вентцель, Л. А. Овчаров.* – 2-е изд., стер. – М.: Висш. шк., 2000. – 480 с. **13**. *Scnabel, W.* Grundlagen der Straßenverkehrstechik und der Verkehrsplanung [Текст] / *W. Scnabel.* Band 1: Straßenverkehrstechnik, 2. Auflage, Berlin, Verlag fur Beuwesen GmbH, 1997.

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 519.876.5; 656.051

Разработка имитационной модели для определения максимальной длины очереди транспортных средств / Викович И. А., Зубачик Р. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.48-59 . – Бібліогр.: 13 назв.

Предложенная имитационная модель для определения максимальной длины очереди автомобилей на изолированном регулируемом перекрестке, написанная на языке программирования Objective - C (модель запускается также на мобильных телефонах). В статье рассматривается процесс создания модели, проверяется ее адекватность, а также сравниваются результаты, с другими методиками. В зависимости от степени насыщения на подходе определены границы применения законов распределения (логнормального и Гипер-Эрланга), по которым в модели распределяются моменты появления автомобилей на подходе к перекрестку.

Ключевые слова: имитационная модель, максимальная длина очереди транспортных средств, регулируемый перекресток, специальная полоса.

Simulation model for determination of the maximum length of queued vehicles on an isolated intersection has proposed. This model is written in Objective-C (the model can be running on the iPhone). This article describes the process of creating model, checks its adequacy and the results are compared with other methods. Also the limits of usage of distribution laws (log-normal and Hyper-Erlang) are determined in accordance with the saturation flow ratio on the intersection due to which intervals between the vehicles at the intersection are distributed in the model.

Keywords: simulation model, maximum length of queued vehicles, intersection, special bus lane.

УДК 681.326

И. В. ФИЛИППЕНКО, канд. техн. наук, доц., ХНУРЄ, Харьков

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ШИРОКОПОЛОСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рассматриваются особенности моделирования системы радиочастотной идентификации с использованием широкополосной технологии.

Ключевые слова: идентификация, широкополосная технология.

© И. В. ФИЛИППЕНКО, 2013

Введение. В задачах логистики, для управления потоками штучных товаров и различных других областях возникает потребность в системах радиочастотной идентификации (RFID) с характеристиками максимально отвечающими индивидуальным требованиям заказчика. От выбора параметров подсистемы RFID зависит работа всей системы автоматического контроля.

Разработка системы RFID, обладающей уникальным набором характеристик, максимально адаптированных к требованиям конкретного заказчика связана со значительными временными и материальными затратами. В связи с этим особую актуальность приобретает создание реконфигурируемой системы RFID, позволяющей в кратчайшие сроки и с минимальными затратами спроектировать систему с параметрами, максимально отвечающими требованиям заказчика.

Цель работы. Целью работы является разработка модели систем радиочастотной идентификации с широкополосной технологии для проектирования систем с заданными параметрами.

Методика экспериментов. Система идентификации состоит из трех главных компонентов: метки, считывателя и канала связи (рис. 1). Метка имеет свой уникальный номер, который и должен быть идентифицирован по беспроводному каналу связи ридером и передаваться для обработки дальше. Одной из главных задач при проектировании таких систем является проблема коллизий, так как при считывании информации множество сигналов от разных меток могут одновременно поступать на входную антенну ридера, и считывание информации становится невозможным.

Все вышесказанное свидетельствует о необходимости использования технологии беспроводного широкополосного доступа (DSSS). Отличительными чертами этой технологии являются возможность повторного использования спектра, помехоустойчивость, структурная скрытность, энергетическая скрытность, ослабление влияния многолучевого распространения. Возможность повторного использования спектра дает возможность одновременного опроса неограниченного количества меток сразу с разрешением ситуации коллизии. А этот фактор оказывает большое влияние на время считывания, что в данном случае является преимуществом.

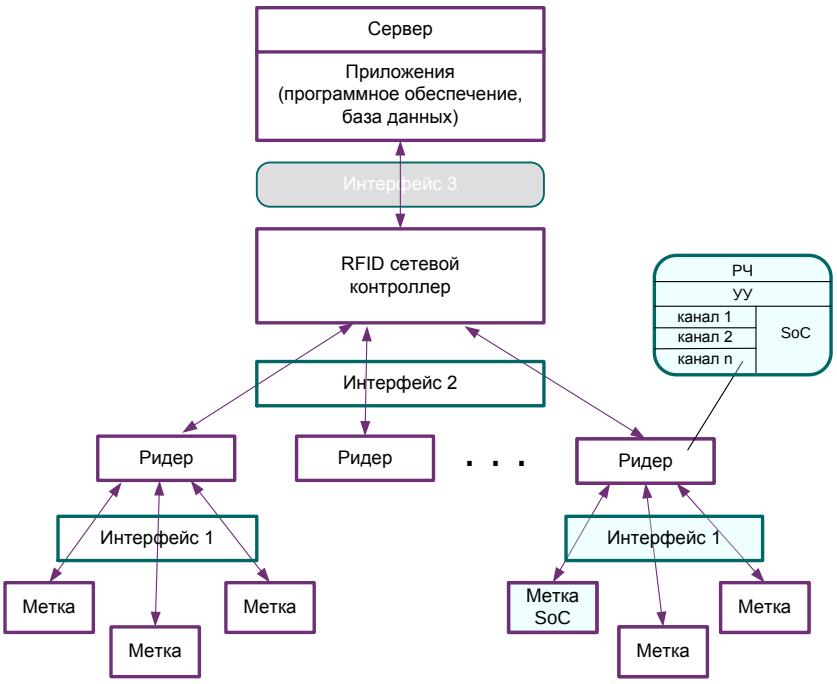


Рис.1 – Инфраструктура системы радиочастотной идентификации

При использовании технологии DSSS задача защиты информации решается расширением спектра исходного информационного сигнала по закону, известному

только самой системе. Это приводит к сложности обнаружения самого факта передачи информации вследствие очень низкой спектральной плотности излучаемого сигнала, и обеспечивает высокий уровень скрытности. Кроме того, даже в случае обнаружения присутствия сигнала в канале, выделение из него полезной информации без знания способа расширения спектра превращается в практически неразрешимую задачу. Кроме того, появляется возможность отказаться от задачи побитового арбитража, который используется в таких ситемах.

Также важной для современных беспроводных информационных систем является проблема электромагнитной совместимости. То есть подразумевается бесконфликтное сосуществование различных систем в эфире, несмотря на то, что каждая из них принимает не только свой собственный сигнал, но и сигналы соседних систем. Понятно, что полностью исключить взаимные влияния систем друг на друга невозможно в принципе. Широкополосные системы передачи информации же незначительно увеличивают электромагнитную нагрузку на единичную полосу частот, что делает возможным повторное использование одного и того же участка спектра. С позиции приемной системы любой сигнал, пришедший от сторонней излучающей системы, может трактоваться как узкополосная или широкополосная помеха. А так как широкополосный сигнал очень незначительно увеличивает электромагнитную нагрузку, то эта технология оказывается одним из действенных средств обеспечения электромагнитной совместимости.

Инфраструктуру системы радиочастотной идентификации можно представить в виде кортежа:

$$M = \langle C, R, I, T, S, V \rangle,$$

где C – функциональный модуль (сетевой контроллер); $R = (R_1, \ldots, R_j)$ – система ридеров; I – интерфейсы; $T = (T_{ij})$ – множество транспондеров, $i = 1..f$ – множество транспондеров, считываемых j-тым ридером, $j = 1..n$ – множество ридеров; $S = (S_1, \ldots, S_k)$ – набор сервисов или инструкций, полезных для пользователя; V – мониторинг или внешний сигнал (индикация состояния автомата).

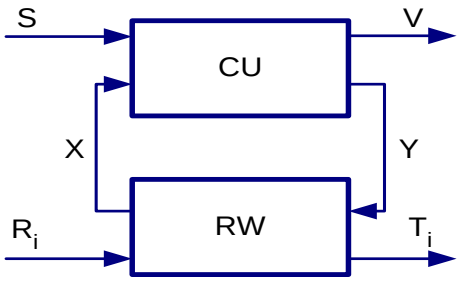


Рис. 2 – Обобщенная структурная схема конечного автомата системы адиочастотной идентификации

В свою очередь, систему идентификации можно представить в виде конечного автомата (рис. 2).

Обобщенная структурная схема конечного автомата включает в себя следующее.

1. Множество состояний: состояние ожидания CU (Control Unit) и рабочий режим RW (Read / Write).

2. Внешние входные сигналы: сигналы управления S, которые можно еще представить в виде набора сервисов или инструкций, и внешние операнды R_i (сигналы, поступающие от транспондера).

3. Внешние выходные сигналы V и T, где $V = f(S, X)$ – мониторинг или внешний сигнал индикации состояния автомата, определяемый данными

транспондера и некоторым запросом, например: доступ к конкретной двери; $T = g(Y, R)$ – сигналы, инициализирующие действия.

4. Функцию переходов (внутренние сигналы) X и Y, где X – являются управляющими сигналами, Y – сигналами индикации состояния.

$$Y(t) = h(S(t), Y(t-1), X(t)),$$

$$X(t) = p(R(t), S(t), Y(t)).$$

5. Функции выходов можно представить в виде:

$$V(t) = f(S(t), X(t)) = f(S(t), Y(t-1)),$$

$$T(t) = g(R(t), Y(t)) = g(R(t), X(t-1)).$$

Алгоритм работы автомата можно описать следующим образом. Изначально автомат находится в стартовом состоянии, в Control Unit – в режиме ожидания. Когда на вход поступает внешний входной сигнал управления S на выполнение определенного сервиса или инструкции автомат переходит из состояния ожидания в состояние рабочий режим RW. При этом вырабатывается сигнал инициирующий выполнение функции R. Затем, при поступлении на вход RW внешнего операнда R_i, автомат вырабатывает внешний выходной сигнал T_i, инициализирующий действие, например открывание двери при получении доступа в помещение и ответный управляющий сигнал Y. На следующем шаге автомат переходит в состояние ожидания. При этом вырабатывается внешний выходной сигнал V – индикация состояния автомата определяемая данными транспондером и некоторым запросом. Автомат опять переходит в состояние ожидания.

Эффективным инструментом для проведения натурных испытаний и численного моделирования является пакет Matlab, содержащий целый набор моделей систем с расширением спектра. Имитационная модель (рис. 3), включает в себя множество меток, ридер, состоящий из множества корреляторов, и модель канала связи между ридером и метками. В данной модели параметры канала связи, кодирующие последовательности могут быть скорректированы для проверки работы системы в различных условиях. Так же может быть увеличено число как меток, так и число декодирующих устройств. Для анализа поведения модели в сложных шумовых условиях может быть включен дополнительный блок имитирующий источник помех в эфире.

Предложенная имитационная модель работает следующим образом. Низкочастотный информационный сигнал в метке кодируется псевдослучайной последовательностью. Очень важен вопрос формирования ансамбля оптимальных кодовых последовательностей. Необходимо выбирать такие кодовые последовательности, у которых взаимная корреляционная и автокорреляционная функции будут минимальны. Причем для решения задачи асинхронного приема важны только корреляционные свойства сигнала, а не в их форма.

Наилучшим семейством кодовых последовательностей будет то, при использовании которого обеспечивается наименьший уровень взаимных помех. Сложность синтеза асинхронного ансамбля заключается в необходимости различения каждой последовательности со всеми сдвинутыми по времени копиями других последовательностей. Если никаких ограничений на диапазон задержек нет, то любая кодовая последовательность может присутствовать в виде любой из своих

N циклически сдвинутых копий и являться потенциальным источником помех в корреляторе.

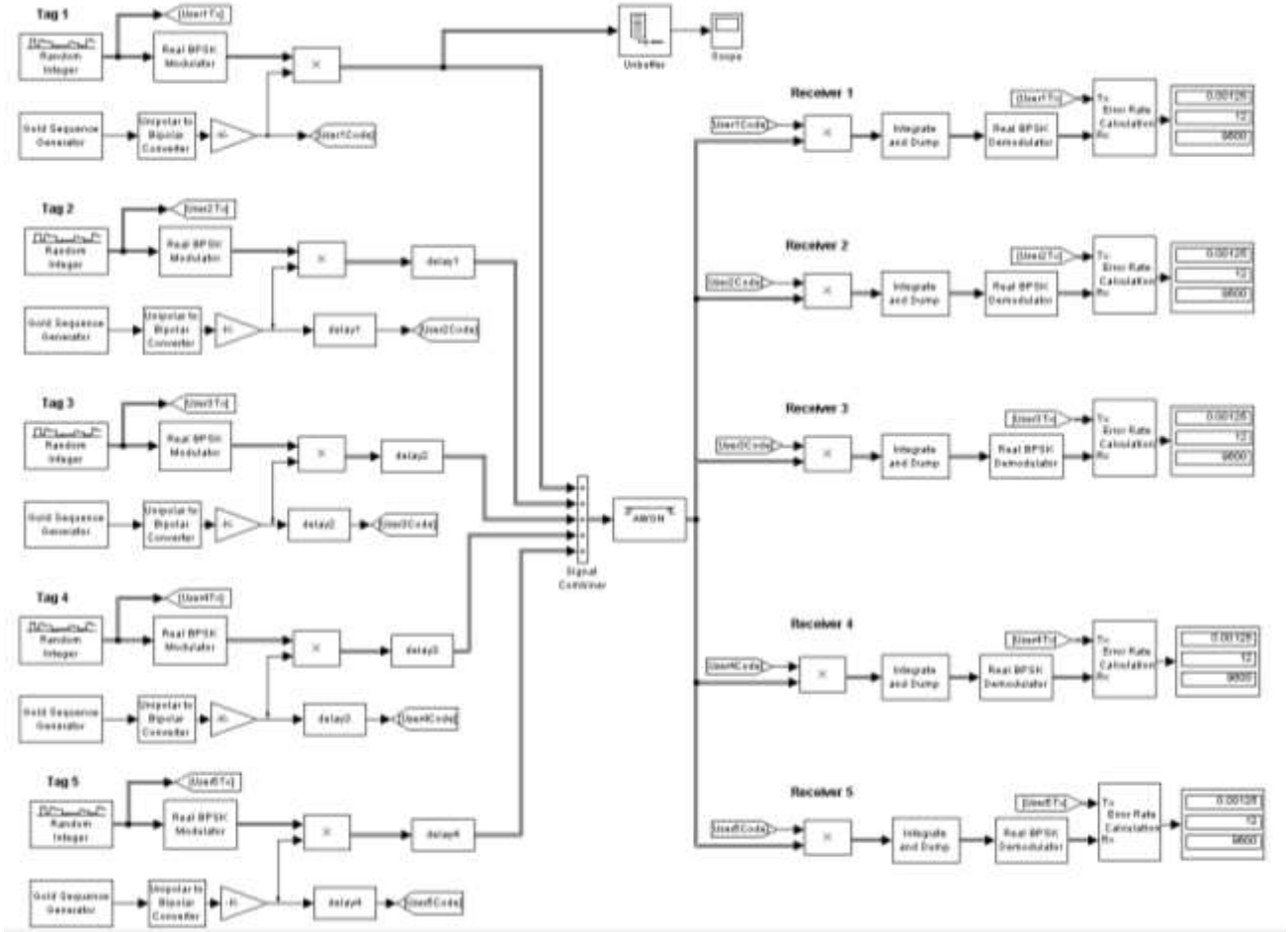


Рис. 3 – Модель системы

Затем полученный сигнал поступает в канал связи со случайной задержкой времени ответа. Имитацию случайной задержки появления сигнала на выходе передатчика в Matlab Simulink можно осуществить двумя равноценными с точки зрения результата способами: задержать начало процесса ответа; задержать уже сформированный сигнал.

С точки зрения аппаратной реализации данной модели проще осуществить задержку времени начала ответа. С точки зрения моделирования в в Matlab Simulink проще задержать полностью сформированный сигнал. В обоих случаях результат одинаков – сигнал на выходе антенны передатчика появляется со случайной задержкой. У каждой метки блок задержки сформированного сигнала свой, время задержки для ответа каждой метки задаются с разными параметрами. Первая метка передает свои данные в канал связи без задержек.

Модель канала связи с внесенной помехой представлена на рис. 4. В модель канала связи входит сумматор, предназначенный для суммирования всех сигналов, поступающих от меток, и генератор белого шума, так как при распространении на сигнал воздействуют естественные помехи. В канале связи сигналы, складываются (рис. 5), на общий сформированный сигнал накладывается шум эфира (рис. 6), который в имитационной модели задается с помощью генератора белого шума (блок AWGN Channel). Его мощность можно изменять, имитируя различную шумовую обстановку, и таким образом, позволяя осуществить

анализ работоспособности системы в различных условиях с различным уровнем помех.

В канале сигналы, передаваемые от всех меток складываются, также добавляется шум эфира, который в имитационной модели задается с помощью генератора белого шума (его мощность можно изменять, имитируя различную шумовую обстановку).

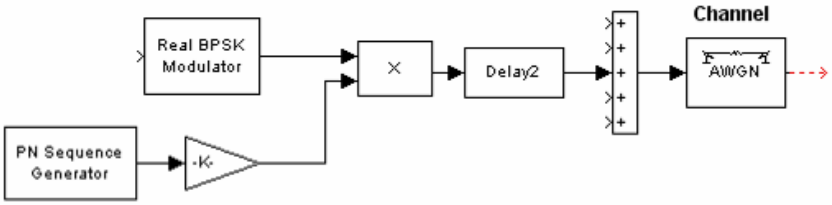


Рис. 4 – Модель канала связи

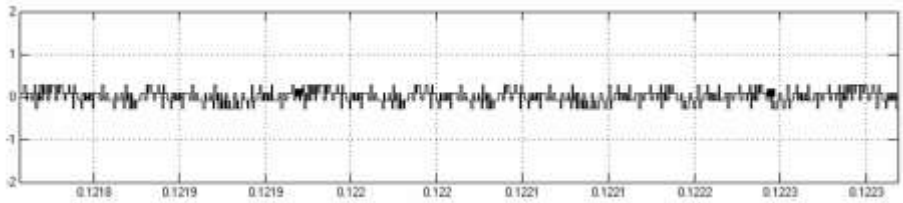


Рис. 5 – Результат сложения множества сигналов от меток

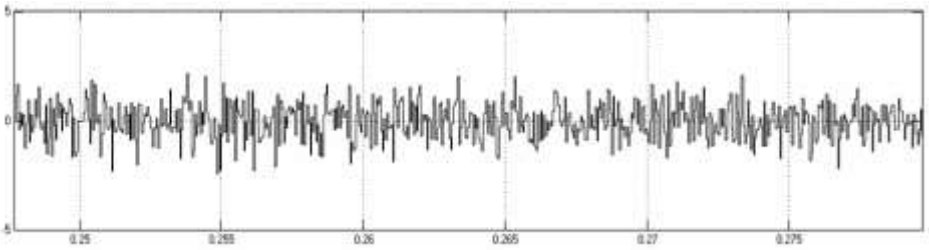


Рис. 6 – Результат сложения множества сигналов от меток с белым гаусовым шумом

На приемной стороне происходит синхронизация последовательности генератора местного ПСП с расширяющей последовательностью принятого сигнала, после чего сигнал подается на устройство, осуществляющее свертку. Число битовых ошибок подсчитывается с помощью блока Error Rate Calculation.

Выводы. Результаты моделирования показывают, что предложенная имитационная модель радиочастотной, использующая метод DSSS, является эффективным методом решения проблемы коллизий и может быть реализована в аппаратном виде. Модель обеспечивает анализ во временной области, а также осуществить анализ работы системы при различных условиях. Также имитационная модель может быть использована для любого числа объектов при проектировании систем с заданным количеством распознаваемых объектов.

Список литературы: **1.** *Скляр, Бернард* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Бернард Скляр // Изд. 2-е, испр. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2007. – С. 1104. **2.** *Shih, P.L* Taxonomy and Survey of RFID Anti-collision protocols, / *P.L Shih, D.C. Sun, S.M Yenand* // Huang, Computer and Communications, Vol. 29 , pp. 2150- 2166, 2006. **4.** *Loeffler, A*. Realization of a CDMA-Based RFID System Using a Semi-Active UHF Transponder / *A. Loeffler, A. F. Schuh, H. Gerhaeuser* // Wireless and Mobile Communications, 2010. ICWMC 2010. Sixth International Conference on, September 2010, pp. 5–10. **5.** Loeffler, A. Using RFID-Capable Cell Phones for Creating an Extended Navigation Assistance / *A. Loeffler, A. U. Wissendheit, D. Kuznetsova* // IMOC 2009, nov 2009.

Поступила в редколлегию 10.11.2013

УДК 681.326

Проектирование систем радиочастотной идентификации с использованием широкополосной технологии / И.В. Филиппенко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.59-65 . – Бібліогр.: 5 назв.

Розглядаються особливості моделювання системи радіочастотної ідентифікації з використанням широкополосній технології.

Ключові слова: ідентифікація, широкополосна технологія.

The features of RFID systems modeling using broadband technology.

Keywords: identification, DSSS.

УДК 656.223.28

Г. М. СІКОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків;
А. А. МОНІЧ, студент, УкрДАЗТ, Харків

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАГОНІВ ВЛАСНОСТІ ІНШИХ ДЕРЖАВ

Виділенні основні питання використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України. Наведений кількісний аналіз власного та інвентарного парку вагонів в Україні. Визначена організаційно – технологічна модель використання вантажних вагонів власності інших держав на території України.

Ключові слова: вагон, власність інших держав, вагонний парк.

Постановка проблеми у загальному вигляді, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. В результаті розподілу вагонного парку (після оголошення незалежності України та інших держав) кожна держава отримала у власність деяку його частину – національну квоту. При цьому був прийнятий принцип незліченої експлуатації вагонного парк з урахуванням національної квоти, що давало можливість забезпечення найкращих показників використання вагонів. Однак у зв’язку з недосконаліть системи взаєморозрахунків, багато чисельними порушеннями вказаного принципу та зловживанням у використанні «чужих» вагонів Рада по залізничному транспорту була повинна прийняти рішення про перехід до принципу забезпечення внутрішньодержавних перевезень національним вагонним парком при взаєморозрахунках за використання вагонів в міждержавному сполученні на основі безперервного слідження. У зв’язку з цим принципом іновагони повинні відправлятися у порожньому стані на адресу держав – власників, що значно погіршує ефективність використання рухомого складу.

Метою роботи є вдосконалення організаційно – технологічного використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України, що повністю відповідає Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010 – 2019 роки [1].

Аналіз основних досліджень і публікацій. У нормативних документах [1–3] при організації перевезень докладно не враховані розвинені інформаційні технології, за допомогою яких можливо забезпечити удосконалення залізничних послуг. У роботах [4-6] не враховується можливість створення єдиної системи вагонних парків. Тому у даній роботі розглянемо підходи щодо покращення використання вагонів власності інших держав на базі створення єдиної системи управління вагонним парком. Дана задача потребує вдосконалення інформаційної технології

роботи з вагонами різної форми власності, формування організаційно – технологічної моделі використання вагонів власності інших держав.

© Г. М. СІКОНЕНКО, А. А. МОНІЧ, 2013

Мета дослідження: удосконалення організаційно – технологічної моделі використання вантажних вагонів власності інших держав на залізницях України.

Основна частина. Аналіз структури вагонного парку (станом на XII.2012) свідчить, що на території України 35% власності інших держав. Із них 29.5% знаходяться від 1 до 15 діб, 21.8% знаходяться від 16 до 30, а 48.7% понад 30 діб. Крім того 65% від загального парку вагонів є власними. Для підвищення ефективності використання вагонного парку пропонується організаційно – технологічна модель використання вагонів власності інших держав (іновагони).

Доцільно розглядати систему організації вагонопотоків у трьох аспектах:

– планування перевезень та складання плану формування поїздів;

– технічного нормування експлуатаційної роботи залізниць;

– оперативне регулювання вагонопотоків.

Слід зазначити що надходження замовлень на перевезення вантажів доволі динамічне і тому виявити стійкі схеми використання іновагонів в аналітичному вигляді практично не можливо. Тому порядок використання вагонів власності інших держав повинен вирішуватись оперативно у кожному конкретному випадку на основі розрахунків економічної доцільності, що полягає у порівнянні прибутку отриманого при використанні іновагону та приведених витрат.

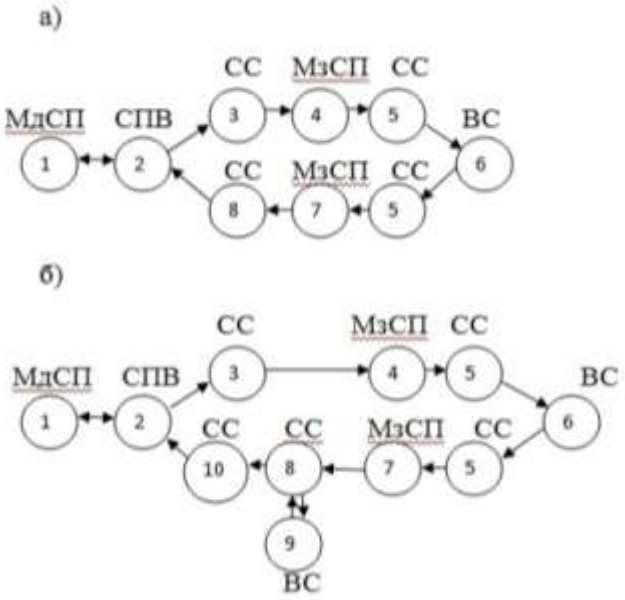
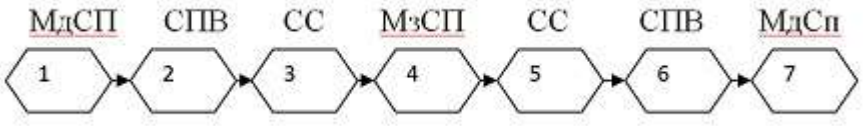


Рис. 1 - Схеми циклів звернення іноземного вагону при обробці його на території України: а – вагон власності іншої держави після вивантаження на станції призначення повертається державі - власниці в порожньому стані або в навантаженому при здійсненні вантаження на тій самій станції; б – при поверненні в порожньому стані вагон власності іншої держави має попутне навантаження призначенням в країну власницю або при завантаженні його на станції призначення має при слідуванні в країну - власницю попутне вивантаження

Розглянемо елементи використання вагонів власності інших держав при здійсненні вантажних операцій (рис. 1).

На рис. 1 позначені наступні елементи: 1 – міждержавний стиковий пункт; 2 - станція передачі вагону; 3,8,10 – сортувальні станції, які вагони власності інших держав проходять транзитом; 4,7 – між дорожні стикові пункти; 5 – сортувальна станція, для якої вагони власності інших держав є місцевою або належить подальшому розвезенню збірним або вивізним потягом; 6,9 – вантажна станція призначення, на якій з вагонами



виконуються операції навантаження – розвантаження.

Рис. 2 – Схема циклу обороту іновагону, який прямує територією України транзитом

Іновагон проходить *МдСП* (міждержавний стиковий пункт) і з данного моменту відповідальність за його знаходження приймає на себе Українська сторона.

Іновагон на *СПВ* (станція передачі вагону) проходить технічний і комерційний огляд, митний контроль. Якщо порушень не було виявлено, оформлюється передаточна відомість і вагон слідує до місця призначення

При слідуванні до місця призначення, іновагон може пройти транзитом декілька сортувальних станцій, як з переробкою, так і без. При поверненні країні – власниці транзитні сортувальні станції можуть бути іншими, але вони повинні належати залізницям, через які дозволене повернення вагону країні – власниці.

Слідування іновагону *МзСП* (між залізничний стиковий пункт) як у напрямку станції призначення, так і при поверненні країні – власниці, як правило, повинен здійснюватися через ті самі стики, але допускається повернення через інші стикові пункти з умовою, що вони повинні бути межею між тими самими залізницями.

На *СС* (сортувальна станція), обслуговуючий район знаходження станції призначення іновагону, здійснюється обробка іновагону за схемою, наведеною далі. Якщо іновагон є місцевим для даної СС, то саме тут з ним будуть виконані операції з навантаження – розвантаження, якщо ні, то іновагон підлягає відправці з СС у збірному або вивізному поїзді.

ВС (вантажна станція) – станція призначення іновагону, де з ним здійснюються операції з навантаження – розвантаження і він підлягає поверненню до країни – власниці у навантаженому або порожньому стані.

Нормативний час знаходження навантажених вагонів в межах залізничної адміністрації іншої держави встановлюється окремо для вагонів, слідуючих під розвантаження, і для транзитних вагонів.

Нормативний час для вагонів, слідуючих під розвантаження:

$$T_н = \frac{2L_{розв}}{V_{ваг}} + T_{приб} + T_{відп} + T_{мит}, доб., \quad (1)$$

де $L_{розв}$ – тарифна відстань від міждержавного стикового пункту прийому вагона до станції розвантаження, км;

$V_{ваг}$ – нормативна швидкість руху навантажених вагонів, 200 км/доб;

$T_{приб}$ – нормативний час на операції, пов’язані з прибуттям вантажу, 1 доб;

$T_{відп}$ – нормативний час на операції, пов’язані з відправленням вантажу, 1 доб;

$T_{мит}$ – нормативний час на виконання митних та інших правил, 1 доб.

Нормативний час знаходження для транзитних вагонів:

$$T_н = \frac{L_{тв}}{V_{ваг}} + 2T_{мит}, доб. \quad (2)$$

де $L_{тв}$ – тарифна відстань від міждержавного стикового пункту прийому вагону до міждержавного стикового пункту здачі вагону, км.

Експлуатаційні витрати з переміщення іновагону з пункту А в пункт Б

$$Eij = L_{ij}\left(\frac{2\delta K_B}{S_B}(1+\alpha_{пор}) + \frac{e_{nt}}{S_B}(1+\alpha_{пор}) + e_{ns}(1+\alpha_{пор})\right) + a \qquad (3)$$

де К – коефіцієнт збільшення плати за «чужий» вагон в залежності від часу знаходження на УЗ (до 15 діб К=1; від 15 до 30 діб К=1.3; більше ніж 30 діб К=3;)

e_{nt} – вартість одних вагоно – діб , грн./доб.

e_{ns} - вартість 1 вагоно – кілометра, грн./вагоно-км.

S_B - середньодобовий пробіг вагона на Українській території, грн./доб.

L_{ij} – відстань на залізниці між пунктами A_i і B_j;

δ – коефіцієнт приналежності вагону (δ=1 для «чужого» вагону, δ=0 для «свого»);

$\alpha_{пор}$ - коефіцієнт порожнього пробігу на УЗ;

а – собівартість початково – кінцевих операцій, грн./ваг.

Використання вагонів власності інших держав таким чином є транспортною задачею за критерієм вартості. Позначимо $X_{ije}^{\text{св}}$ - змінна величина яка дорівнює кількості «своїх» порожніх вагонів типу «е», що відправляються з A_i в B_j, а $X_{ije}^{\text{ін}}$ - аналогічна змінна для «чужих» вагонів. З урахуванням викладеного, задача може бути сформульована наступним чином: мінімізувати функцію

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{e=1}^{n} E_{ije}^{\text{св}} X_{ije}^{\text{св}} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\sum_{e=1}^{n} E_{ije}^{\text{ін}} X_{ije}^{\text{ін}} \to min \qquad (4)$$

де $E_{ije}^{\text{св}}$ – експлуатаційні витрати, грн;

$E_{ije}^{\text{ін}}$ - змінна величина кількості вагонів власності інших держав, грн.

При наступних обмеженнях

$$\left.\begin{array}{l} \sum_{i=1}^{m} X_{ije}^{\text{св}} + \sum_{i=1}^{m} X_{ije}^{\text{ін}} = b_{je}, (j = 1,2,\dots,n; e = 1,2,\dots,N); \\ \sum_{j=1}^{n} X_{ije}^{\text{ін}} = a_{ie}^{\text{ін}}; \sum_{j=1}^{n} X_{ije}^{\text{св}} = a_{ie}^{\text{св}}\ (i = 1,2,\dots,nr; e = 1,2,\dots,N) \end{array}\right\}$$

де $X_{ije}^{\text{св}}$- кількість «своїх» вагонів;

$X_{ije}^{\text{ін}}$ – кількість вагонів власності інших держав;

Визначена задача відноситься до задач лінійного програмування і може бути вирішена різними методами. Доцільно інтегрувати реалізацію запропонованої моделі у вигляді системи підтримки прийняття рішень у автоматизовану систему управління вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ).

Висновок. Запропонована модель дозволяє вирішити комбіновану задачу комплексної оптимізації розподілу порожніх вагонів власності УЗ, інших держав та компаній – операторів, що дозволить скоротити порожній пробіг вагонів, та непродуктивні простої.

Список літератури: 1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України. [Текст]: схвалено розпорядженням КМУ від 27.12.2006 р.//Магістраль. - №651-р. 10-16 січ. 2007. №1 (1179)р. – С.6. **2**. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. [Електронний ресурс]: [схвалена розпорядженням КМУ від 16.груд. 2009р. №1555-р.].– Режим доступу: www/URL: http://www.mintrans.gov.ua/ uk/discussion/15621.html/ 10.12.2009. **3.** Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]:

[затверджена постановою КМУ від 16.груд. 2009р. №1390 в редакції постанови КМУ від 26.10.2011р. №1106, від 09.11.2011р. №1146] Режим доступу: www/URL: http://zakon2.rada2.gov.ua/laws/show/1390-2009-%D0%BF/page. -Загол. з екрана. **4.** *Кулешов, В. В.* Удосконалення інформаційної технології роботи із вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / *В. В. Кулешов*: зб.наук.праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 124 – С. 83-90. **5**. Ковалев, В.И. Оптимальное по стоимости управление вагонопотоками с учетом наличия в рабочем парке вагонов, принадлежащих России, странам СНГ и Балтии [Текст]/ *В. И. Ковалев, В. Г. Дягтерев, С. Ю.Елисеев, А. Т. Осьминин:* Вестник ВНИИЖТ. 2002.– №3.– С.7-10. **6.** *Мокейчев, Е. Ю*. Проблемы технического нормирования экслпуатационной работы железных дорог в условиях разделения вагонного парка [Текст]/ *Е. Ю. Мокейчев, С. Ю. Елисеев* // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом. СПб.: ПГУПС, 2004. – Вып.3. –С.48-50.

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 656.223.28

Удосконалення технології перевезення вантажів з використанням вагонів власності інших держав/ Сіконенко Г. М., Моніч О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.65-69 . – Бібліогр.:6 назв.

Выделены основные вопросы использования грузовых вагонов разной формы собственности на железных дорогах Украины. Приведён количественный анализ собственного и инвентарного парка вагонов в Украине. Определена организационно – технологическая модель использования грузовых вагонов собственности других государств на территории Украины.

Ключевые слова: вагон, собственность других государств, вагонный парк.

The basic questions of the use of freight carriages are selected different pattern of ownership on the railways of Ukraine. The quantitative analysis of own and inventory park of carriages is resulted in Ukraine. Certain organizationally - technological model of the use of freight carriages of property of other countries on territory of Ukraine.

Keywords: wagon, property of other states, car fleet

УДК 632.315

А. В. ДУМАНСКИЙ, ассистент, Подольский государственный аграрнотехнический университет;
Л. Н .МИХАЙЛОВА, канд. техн. наук, доц., Подольский государственный аграрно-технический университет

АНАЛИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЭНДОМЕТРИТА ЖИВОТНЫХ

Проведены теоретические исследования по определению геометрических параметров и диаграммы направленности конической антенной системы миллиметрового диапазона длин волн для лечения эндометрита животных крупного рогатого скота.

Ключевые слова: эндометрит, лечение, антенная коническая система, электромагнитное излучение.

Введение. Самым распространённым заболеванием животных КРС является эндометрит хронический и скрытый. Многолетние исследования показывают, что в хозяйствах Украины ежегодно гинекологической патологией переболевают от 21 до 76% коров [1, 2].

Широко применяемые медикаментозные методы лечения эндометрита у коров не всегда дают положительный эффект, и кроме того, их длительное применение может отрицательно повлиять на качество молока и мяса, приводя к появлению

лекарственно устойчивых форм микроорганизмов, аллергическим реакциям у человека и животных, экологическим и другим неблагоприятным последствиям.

© А. В. ДУМАНСКИЙ, Л. Н .МИХАЙЛОВА, 2013

Поэтому возникла практическая необходимость изучить возможность применения микроволнового излучения для лечения патологий матки КРС.

Анализ предшествующих исследований. Апробированные, экологически чистые, без медикаментозные методы лечения гинекологических болезней с применением различных физических методов, в частности метода квантовой терапии [3, 4], дают возможность сократить сроки лечения, снизить экономические затраты и избежать накопления в продуктах животноводства остаточных количеств антибиотиков, представляющих опасность для здоровья людей. Однако, учитывая длину волны лазерного излучения, и то, что сам излучающая система помещается в предохранительную оболочку при проведении обработки коровы, результаты обработки могут быть менее эффективны.

Основным элементом конструкции антенны является излучатель, который должен сформировать необходимую диаграмму направленности и обеспечить достаточный уровень мощности на поверхности матки коровы для эффективного лечения.

На сегодняшний день в миллиметровом диапазоне длин волн широко применяются различные типы антенн: рупорные, зеркальные, диэлектрические, фазированные антенные решетки, антенны поверхностных волн [5, 6]. А учитывая, что основная частота, на которой проводится облучение, составляет 30 ГГц и условия, в которых такой излучатель будет применяться, то естественно остановить выбор на аксиально-симметричной конструкции – конической антенне.

Целью статьи является теоретическое обоснование параметров и диаграммы направленности конической антенной системы для лечения эндометрита животных.

Изложение основного материала. Проведем теоретический анализ гофрированного круглого волновода. В плоскости сечения расположим начало прямоугольной декартовой системы координат (рис.), ось z которой совпадает с направлением распространения волн. Считаем, что в таком волноводе возбуждается гибридная сферическая волна HE_{11}.

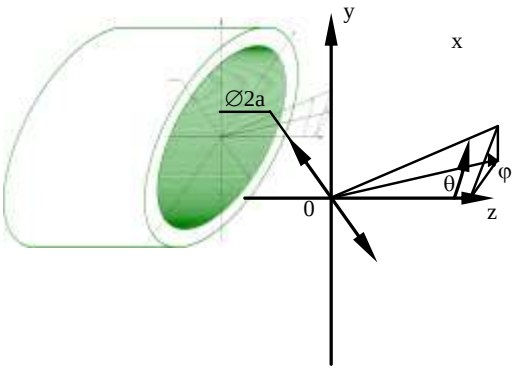


Рис. – Система координат в раскрыве круглого гофрированного волновода

При расчете подобного типа излучающих антенн наибольшее распространение получил апертурный метод анализа. Считаем электромагнитное поле в пределах апертуры линейно поляризованным [7]. При этом вектор электрического поля **E** волны HE_{11} параллелен оси y, а вектор магнитного поля **H** параллелен оси x (рис. 1).

Используя известные формулы перехода [8], выразим декартовы координаты через сферические

$$\begin{cases} E_x = -E_\varphi \sin\varphi + E_\theta \cos\varphi \cos\theta, \\ E_y = E_\varphi \cos\varphi + E_\theta \sin\varphi \cos\theta, \\ E_z = -E_\theta \sin\theta. \end{cases} \quad (1)$$

После подстановки значений составляющих электрического поля из (1) в соотношение (2)

$$\mathbf{E} = \mathbf{e_x} E_x + \mathbf{e_y} E_y + \mathbf{e_z} E_z, \quad (2)$$

получим:

$$\mathbf{E} = \mathbf{e_x}\left(E_\theta \cos\varphi \cos\theta - E_\varphi \sin\varphi\right) + \mathbf{e_y}\left(E_\varphi \cos\varphi + E_\theta \sin\varphi \cos\theta\right) - \mathbf{e_z} E_\theta \sin\theta. \quad (3)$$

Все поля в области $r > a$ считаются бесконечно малыми. В этом случае в сферической системе координат составляющие электрического поля E_θ и E_φ для гибридных сферических волн типа HE_{1m} и EH_{1m} в раскрыве круглого гофрированного волновода определяются выражениями [9, 10]:

$$E_\theta = A\left[\left(1 + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\overline{\Lambda} V(\theta) + \left(\cos\theta + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right) W(\theta)\right], \quad (4)$$

$$E_\varphi = -A\left[\left(1 + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right) V(\theta) + \left(\cos\theta + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\overline{\Lambda} W(\theta)\right], \quad (5)$$

где A – амплитудный коэффициент; $k = 2\pi/\lambda_0$ – волновое число;

λ_0 – длина волны в свободном пространстве;

$\lambda_в = \lambda_0 \Big/ \sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_{кр})^2}$ – волноводная длина волны;

$\overline{\Lambda} = \pm 1$ (знак "+" относится к волнам типа HE_{1m}, а знак "-" относится к волнам типа EH_{1m}); $m = 1, 2, \ldots$;

J_1 и J_1' – функция Бесселя первого порядка и ее производная по аргументу;

$$V(\theta) = \frac{J_1(ka\sin\theta) J_1\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right)}{(ka\sin\theta)\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right)};$$

$$W(\theta) = \frac{\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right) J_1\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right) J_1'(ka\sin\theta)}{\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right)^2 - (ka\sin\theta)^2} -$$

$$- \frac{(ka\sin\theta) J_1(ka\sin\theta) J_1'\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right)}{\left(ka\sqrt{1 - (\lambda_0/\lambda_в)^2}\right)^2 - (ka\sin\theta)^2}.$$

Для рассматриваемой нами волны HE_{11} выражения (4) и (5) примут вид:

$$E_\theta = A\left[\left(1 + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right) V(\theta) + \left(\cos\theta + \frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right) W(\theta)\right], \quad (6)$$

$$E_\varphi = -E_\theta. \quad (7)$$

Рассмотрим E_x – составляющую электрического поля в соотношении (3). После подстановки в это выражение значений E_θ и E_φ, определяемых выражениями (6) и (7), получим:

$$E_x = E_\theta \cos\varphi \cos\theta - E_\varphi \sin\varphi = E_\theta\left(\cos\varphi \cos\theta + \sin\varphi\right). \quad (8)$$

Заменив в этом соотношении E_θ его значением, описываемым уравнением (3), и учитывая, что производную по аргументу от функции Бесселя можно представить в виде [11]:

$$J'_m(x)=\frac{m}{x}J_m(x)-J_{m+1}(x), \tag{9}$$

запишем выражение (8) в окончательном виде:

$$E_x=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}-\right.\right. \tag{10}$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}\right]\right\}A(\cos\varphi\cos\theta+\sin\varphi),$$

где $u_1=ka\sqrt{1-(\lambda_0/\lambda_в)^2}$; $x_1=ka\sin\theta$.

Аналогичным образом были получены выражения для E_y, и E_z составляющих электрического поля из соотношения (3):

$$E_y=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}-\right.\right. \tag{11}$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}\right]\right\}A(\sin\varphi\cos\theta-\cos\varphi).$$

$$E_z=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}-\right.\right. \tag{12}$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}\right]\right\}A\sin\theta.$$

Если теперь подставим соотношения (10), (11) и (12) в уравнение (3), то мы получим выражение, определяющее электрическое поле круглого гофрированного волновода:

$$\mathbf{E}=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}-\right.\right. \tag{13}$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1(u_1^2-x_1^2)}\right]\right\}A\left[\mathbf{e}_\mathbf{x}(\cos\phi\cos\theta+\sin\phi)+\mathbf{e}_\mathbf{y}(\sin\phi\cos\theta\ -\cos\phi)-\mathbf{e}_\mathbf{z}\sin\theta\right].$$

Для того чтобы построить диаграмму направленности открытого конца круглого гофрированного волновода в плоскости вектора **H** гибридной сферической волны HE_{11} (плоскость $x0z$, см. рис. 1) в уравнении (13) после подстановки в него составляющих электрического поля, определяемых выражениями (10), (11) и (12), положим $\varphi=0$. В этом случае мы получим следующее выражение:

$$E=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1\left(u_1^2-x_1^2\right)}-\right.\right. \quad (14)$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1\left(u_1^2-x_1^2\right)}\right]\right\}A(\cos\theta-1-\sin\theta).$$

После подстановки значения $\varphi=\pi/2$ в выражение (3) мы получим выражение, которое определяет диаграмму направленности открытого конца круглого гофрированного волновода в плоскости вектора **E** (плоскость $y0z$, см. рис. 1) гибридной сферической волны HE_{11}:

$$E=\left\{\left(1+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\cos\theta\right)\frac{J_1(u_1)J_1(x_1)}{u_1x_1}+\left(\cos\theta+\frac{\lambda_0}{\lambda_в}\right)\left[\frac{u_1^2J_1(u_1)(J_1(x_1)-x_1J_2(x_1))}{u_1x_1\left(u_1^2-x_1^2\right)}-\right.\right. \quad (15)$$

$$\left.\left.-\frac{x_1^2J_1(x_1)(J_1(u_1)-u_1J_2(u_1))}{u_1x_1\left(u_1^2-x_1^2\right)}\right]\right\}A(1+\cos\theta-\sin\theta).$$

В результате проведенного теоретического анализа мы получили выражения (14) и (15), которые описывают диаграммы направленности (ДН) открытого конца круглого гофрированного волновода в двух взаимно перпендикулярных плоскостях **H** и **E**.

Численные расчёты ДН круглой гофрированной антенны на расстоянии 180 мм от раскрыва показывают, что ширина ДН по уровню –3 дБ, диаметр облучателя 25 мм, составляет 58 мм в плоскости x0z (H-плоскость) и 61 мм в плоскости y0z (E – плоскость). Все расчёты проведены на частоте 30 ГГц.

Выводы. Для лечения эндометрита животных КРС следует использовать круглую гофрированную антенну с диаметром 25 мм на частоте 30 ГГц.

Список литературы: **1.** *Нагорный, И. С.* Лечение болезни матки у коров / *И. С. Нагорный* // Ветеринария. – 1979. – № 4. – С. 53 – 54. **2.** *Воскобойник, В. Ф.* Эффективный метод лечения коров в послеродовом периоде / *В. Ф. Воскобойник, Г. Г. Козлов* // Ветеринария. – 1991. – №5. – С. 45 – 46.т**3.** *Зажарський, В. В.* Лазеротерапія при гострому післяродовому ендометриті у корів. Автореф. дис… канд. вет. наук: 16.00.07 / *В. В. Зажарський; Харк. зооветеринар. ін-т.* – Х., 2001. – 19 с. **4.** *Казеев, Г.В.* Ветеринарная акупунктура / *Г. В. Казеев.* – М.:РИО РГАЗУ,2000. –398с. **5.** *Кюн, Р.* Микроволновые антенны / *Р. Кюн; пер. с нем. под ред. М. П. Долуханова.* – Л.: Судостроение, 1967. – 520 с. **6.** *Хансен, Р.* Сканирующие антенные системы СВЧ / *Р. Хансен; пер. с англ. под ред. Г. Т. Маркова и А. Ф. Чаплина.* – М.: Сов. радио, 1966. – 356 с. **7.** *Драбкин, А. Л.* Антенно-фидерные устройства / *А. Л. Драбкин, В. Л. Зузенко, А. Г. Кислов.* – М.: Сов. радио, 1974. – 536 с. **8.** *Бронштейн, И. Н.* Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / *И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев.* – М.: Госуд. изд-во технико-теоретич. лит-ры, 1954. – 608 с. **9.** *Clarricoats, P. J. B.* Antennas employing conical dielectric horns. Part I. Propagation and radiation characteristics of dielectric cones. Part II. The Cassegrain antenna / *P. J. B. Clarricoats, C. E. R. Salema* / Proc. Inst. Elec. Eng. – 1973. – Vol. 120. – P. 741 – 756. **10.** *Клэррикоутс, П. Дж. Б.* Высокоэффективные зеркальные СВЧ антенны (обзор) / *П. Дж. Б. Клэррикоутс, Дж. Т. Поултон* / ТИИЭР. – 1977. – Т. 65, № 10. – С. 57 – 97. 11. *Вольман, В. И.* Техническая электродинамика / *В. И. Вольман, Ю. В. Пименов; под ред. Б. З. Айзенберга.* – М.: Связь, 1971. – 488 с.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 632.315

Аналитический анализ антенной системы для лечения эндометрита животных/ Думанский А. В., Михайлова Л. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.69-73 . – Бібліогр.: 11 назв.

Проведені теоретичні дослідження за визначенням геометричних параметрів і діаграми спрямованості конічної антенної системи міліметрового діапазону довжин хвиль для лікування ендометриту тварин великої рогатої худоби.
Ключові слова: ендометрит, лікування, антенна конічна система, електромагнітне випромінювання.

Theoretical studies are undertaken on determination of geometrical parameters and diagram of orientation of the conical aerial system of millimetric range of lengths of waves for treatment of endometrit of animals of cattle.
Keywords: endometrit treatment, aerial conical system, electromagnetic radiation.

УДК 004.853+004.832+51.001.57+004.65

Д. І. УГРИН, канд. техн. наук, доц.,зав. каф., Чернівецький факультет, НТУ«ХПІ»
С. Ф. ШЕВЧУК, канд. техн. наук, доц., Приватний вищий навчальний заклад «Буковинський університет»,. Чернівці

ЕЛЕМЕНТИ РОЗВИТКУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЇ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Проведено та описано характеристики і дослідження як стану, так і розвитку хмарних обчислень. Визначено вимоги онтологічного опису хмарних обчислень. Досліджено перспективи в області переліку стандартів та специфікацій хмарних обчислень.
Ключові слова: хмарні сервіси, онтологічний опис, стандартизація.

Вступ. «Хмарні обчислення» (cloud computing) – це нова, перспективна технологія, яка об'єднує обчислювальні потужності для підтримки програмних сервісів. На відміну від класичних моделей обчислень хмарна модель складається із сервісів, клієнтів, керованого централізовано контенту і віртуальних машин. Різні установи переважно спираються на власні програмно-апаратні ресурси.

Хмарні обчислення являють собою важливий напрям у розвитку сучасних інформаційних технологій. Вони є ефективним рішенням з підтримки обчислювальної інфраструктури для багатьох користувачів. Крім того, багатьом державним структурам і корпоративним клієнтам вони надають рішення для управління даними без необхідності повного адміністрування програмно-апаратних засобів. «Хмарне» зберігання даних, як складова вищевказаної технології має також безліч переваг перед традиційними засобами зберігання даних.

Аналіз характеристик хмарних обчислень. Національним інститутом стандартів і технологій США зафіксовані такі обов'язкові характеристики хмарних обчислень [1]:

- самообслуговування за вимогою, тобто споживач самостійно визначає і змінює обчислювальні потреби, такі як серверний час, швидкості доступу та обробки даних, обсяг збережених даних без взаємодії з представником постачальника послуг;

- універсальний доступ по мережі: послуги доступні споживачам по мережі передачі даних незалежно від використовуваного термінального пристрою;

- об'єднання ресурсів, тобто постачальник послуг об'єднує ресурси для обслуговування великої кількості споживачів в єдиний пул для динамічного перерозподілу потужностей між споживачами в умовах постійної зміни попиту на

потужності; при цьому споживачі контролюють тільки основні параметри послуги (наприклад, обсяг даних, швидкість доступу), але фактичний розподіл ресурсів, що надаються споживачеві, здійснює постачальник (в деяких випадках споживачі все-таки можуть управляти деякими фізичними параметрами перерозподілу, наприклад, вказувати бажаний центр обробки даних з міркувань географічної близькості);

- еластичність: послуги можуть бути надані, розширені, звужені в будь-який момент часу, без додаткових витрат на взаємодію з постачальником, як правило, в автоматичному режимі;

© Д. І. УГРИН, С. Ф. ШЕВЧУК, 2013

- облік споживання, постачальник послуг автоматично обчислює спожиті ресурси на певному рівні абстракції (наприклад, обсяг збережених даних, пропускна спроможність, кількість користувачів, кількість транзакцій), і на основі цих даних оцінює обсяг наданих споживачам послуг.

Постановка задачі. Сервіси зберігання даних демонструють різноманіття перетворень архітектур управління даними. Фахівці передбачають, що багато майбутніх програм, орієнтованих на обробку даних, будуть спиратися на хмарні сервіси даних.

У хмарних середовищах особливо важливою якістю є керованість. У порівнянні з традиційними системами, досягнення високого рівня керованості в хмарних середовищах ускладнюється трьома факторами: обмеженим людським втручанням, значним розкидом діапазону робочих навантажень і різноманітністю спільно використовуваних інфраструктур. У переважній більшості випадків будуть відсутні адміністратори баз даних або систем, які могли б допомогти розробникам при створенні додатків, заснованих на хмарних сервісах; адміністрування платформ повинне буде в основному проводитися в автоматичному режимі.

Системи завжди важко налаштовувати за наявності змішаних робочих навантажень, які в даному контексті, мабуть, будуть неминуче виникати. З часом, може значно змінюватися робоче навантаження навіть у одного і того ж споживача: еластичне забезпечення хмарних послуг робить ці сервіси економічно доцільними для користувачів, яким у короткі проміжки роботи може знадобитися значно більше ресурсів, ніж зазвичай. При цьому можливості налаштування сервісів залежать від способу «віртуалізації» спільно використовуваної інфраструктури. Для цього буде потрібно переглянути традиційні ролі і розподіл відповідності для багаторівневого управління ресурсами. Окремою проблемою є абсолютний масштаб «хмарних обчислень».

Основний матеріал. На сьогоднішній виділяють наступні типи хмар:

- приватні хмари (private), обслуговуючі одну організацію, які підтримуються нею самою або сторонньою компанією і розташовуються на території організації або поза нею. Абонентами є корпоративні офіси і підрозділи, ділові партнери, постачальники сировини, реселлери, учасники виробничого ланцюжка та інші організації. Захищені фаєрволом хмари, не виходять за межі замкнутої внутрішньої мережі, за рахунок чого, забезпечується більш високий рівень захисту;

- групові хмари (community), розподілені між кількома організаціями, об'єднаними загальними інтересами (з обслуговування і по розташуванню не відрізняються від приватних хмар);

- загальнодоступні чи публічні хмари (public) надаються організаціям або приватним особам на базі інфраструктури провайдера хмар. Абонентом

пропонованих сервісів може стати будь-яка компанія та індивідуальний користувач. Пропонують зберігання, а також легкий і доступний за ціною спосіб розгортання веб-сайтів або інформаційних систем, з великими можливостями масштабування, які в інших рішеннях були б недоступні;

- гібридні хмари суміщають перераховані функції вищезгаданих хмар.

Також можлива класифікація хмар за базовим варіантом моделі надання сервісних послуг:

- програмне забезпечення як сервіс (Software as a Service, скор. SaaS) ставить за основу здійснювати надання додатків для кінцевого користувача у вигляді сервісу «на вимогу» замість його завантаження на конкретному робочому місці або на власному сервері;

- платформа як сервіс (Platform as a Service, скор. PaaS) – надається платформа і/або проміжне (сполучне) програмне забезпечення у вигляді сервісу, на яких можлива розробка та розгортання користувацьких додатків. Типовими рішеннями такого типу є інтерфейси прикладного програмування (API) та інструментальні засоби, а також бази даних та системи управління робочими процесами, інтегровані засоби забезпечення безпеки. Ці рішення дозволяють розробникам створювати додатки і запускати їх в інфраструктурі, що належить і підтримуваної постачальником хмарних послуг;

- інфраструктура як сервіс (Infrastructure as a Service, скор. IaaS) охоплює апаратні засоби і технологію для комп'ютерних обчислень і зберігання даних, операційні системи та іншу інфраструктуру, що надається не як локальні ресурси, а опосередковано – через звернення до сервісів, розміщених на стороні провайдера;

- відома також модель апаратні засоби як сервіс (Hardware as a Service, HaaS), але вона скоріше є підтипом моделі IaaS.

Кожна з перерахованих категорій (сервісних моделей) може бути задіяна незалежно або в комбінації з іншими варіантами сервісних ланок.

Запропонований ще один базовий варіант моделі надання сервісних послуг: аналітика як сервіс (за аналогією з попередніми приймемо назву as a Service, скор. DMaaS) – дані, аналізовані користувачем «трансформуються» в мікрокубі на «хмарі». Крім того пропонується трансформація не тільки даних, введених в таблицю, але і будь-яких даних підприємства, яке в такому разі оплачує трансформаційні витрати і аналізує дані.

Інфраструктура як сервіс виявляється недостатньо гнучкою, щоб задовольнити різноманітні вимоги споживача, що стосуються композиції та якості сервісів [3]. На думку провідних співробітників Amazon «хмара більше не розкладається на чітко визначені верстви» [4]. У майбутньому багато додатків збиратимуть різні сервіси з різних місць і будуть поєднувати їх воєдино. Важко сказати, що прийде на зміну трирівневій моделі хмарних обчислень, але аналітики Gartner вважають, що в

кінцевому рахунку, хмарні обчислення приведуть до концепції «Все як Послуга» (Everething as a Service), наприклад: Обчислення як Сервіс (Compute aaS), пам'ять як сервіс (Storage aaS), дані як Сервіс (Data aaS), база даних як послуга (Data base aaS) і т.д (рис.1).

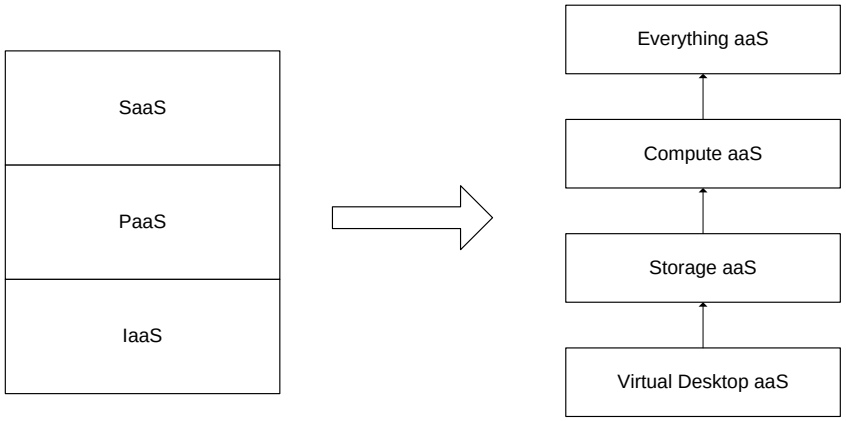


Рис. 1 – Схема переходу від трирівневої моделі до моделі «Все як Послуга»

Тут і виникає проблема швидкого і релевантного пошуку даних та сервісів. Онтологічний опис дозволить автоматично будувати структуру і таксономію даних та сервісів в обчислювальних хмарах [2]. Основними компонентами онтології є: «Класи або поняття», «зв'язки», «функції», «аксіоми» [3].

При розробці онтологічного опису хмарних обчислень необхідно, щоб виконувалися наступні вимоги :

- ясність – онтологія повинна однозначно висловлювати значення термінів;
- несуперечливість – онтології повинні бути несуперечливі;
- розширюваність – необхідність обліку розширення вмісту хмари;
- мінімізація онтологічних угод;
- достатність для вирішення необхідних задач.

Відповідно до вимог і типів онтологічного опису SaaS (Software as a Service) на рис. 2 зображені три основних типи онтології і компоненти програмного забезпечення, які вимагають повного онтологічного опису відповідно до вищевказаних вимог.

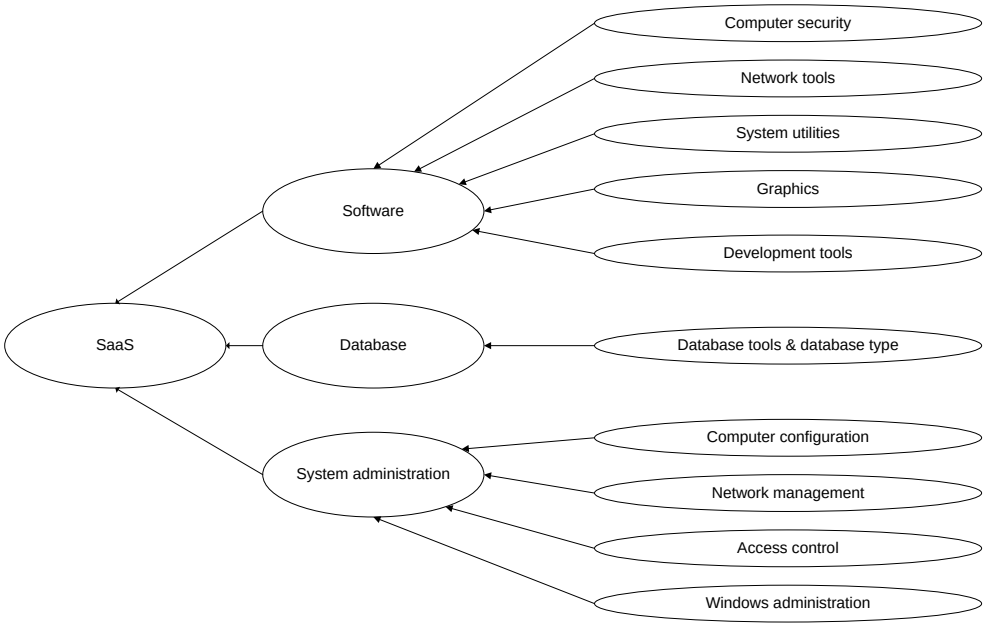


Рис. 2 – Три основних типи онтологічного опису SaaS

Для інших сервісів таких, як PaaS, IaaS, Compute as a Service, Storage as a Service та ін., також потрібен онтологічний опис компонентів і таксономії, що приведе до необхідної, релевантної «віртуальної хмари», яка складається з різних компонентів, різних провайдерів обчислювальних хмар.

Стандартизація в сфері хмарних обчислень дасть можливість уникнути невизначеності і плутанини, оскільки вона дозволить домовитися про загальну термінологію, визначити ті технології, використання яких обов'язкове для створення спільних рішень, поставити постачальників у певні рамки, що важливо для безпеки в цій сфері.

Початковий етап стандартизації вже пройдений. Але, тим не менш, ціла низка організацій продовжує вести розробку хмарних стандартів. У табл. наведено список організацій та область діяльності у сфері вироблення хмарних стандартів.

"Хмарні" служби забезпечуються окремими діючими компаніями і мають дуже невелику функціональну сумісність. Щоб створити і захистити функціональну сумісність, необхідно створити міжнародні стандарти, які покращують мобільність програми, що включає розміщення ресурсу між провайдерами "хмарної" служби.

Найбільш серйозна ініціатива в галузі стандартизації хмарних обчислень проявлена міжнародною організацією IEEE в області переліку стандартів та специфікацій, необхідних для створення спільних хмарних систем, а також базові відомості і рекомендації щодо забезпечення інтероперабельності та переносимості в хмарних обчисленнях.

Таблиця – Організації та область їх діяльності у сфері стандартизації

Організація	Область діяльності
ISO/IEC JTC/SC 27 & Cloud Security Alliance	Стандарти в сфері хмарної безпеки
Cloud Standards Customer Council	Розробка хмарних стандартів, які відображають інтереси користувачів хмарних обчислень
Distributed Management Task Force (DTMF)	Стандарти управління корпоративними і хмарними обчисленнями
IEEE	Стандарти в області інтер-операбельності і практичного впровадження хмарних систем
OASIS	Актуалізація стандартів WS, SAML, XACML, KMIP
Open Cloud Consortium (OCC)	Розробка стандартів у сфері хмарних обчислень та їх сумісності
Робоча група з хмарним обчисленням у складі Open Group	Стандартизовані моделі, які дозволяють уникнути залежності від постачальника

Хмарне сховище даних – модель онлайн-сховища, в якому дані зберігаються на численних, розподілених в мережі серверах, що надаються в користування клієнтам, в основному третьою стороною. Дані зберігаються, і обробляються, в хмарі, яка представляє собою, з точки зору клієнта, один великий, віртуальний сервер. Фізично такі сервера можуть розташовуватися на великих відстаннях один від одного географічно, аж до розташування на різних континентах.

Сьогоднішні SQL-орієнтовані системи баз даних не можуть масштабуватися на тисячі вузлів при розміщенні в хмарному контексті. В області зберігання даних слід обходити ці обмеження із застосуванням нових методів реалізації транзакційності, або з використанням нової семантики зберігання даних, або того й іншого.

При спільному використанні фізичних ресурсів в хмарній інфраструктурі потрібно забезпечити безпеку та конфіденційність даних, які не можуть

гарантуватися за рахунок наявності фізичного розмежування машин або мереж. Отже, хмарні сервіси забезпечують ґрунтовну основу для зусиль по об'єднанню і прискоренню досліджень, виконуваних спільнотою баз даних у цих областях. Запорукою успіху тут є орієнтація на конкретні сценарії використання хмарних сервісів, заснованих на практичних економічних стимулах для сервіс-провайдерів і споживачів. Крім того, прогнозується поява каркасних додатків, здатних вільно переміщатися між різнорідними «хмарними» середовищами, як наслідок, зменшення ролі ОС, оскільки значну частину функцій (наприклад, по захисту інформації бере на себе ОС) користувач буде отримувати з «хмар».

Висновки.У роботі розглянуто елементи розвитку та перспективи досліджень хмарних технології. В існуючих хмарних сервісах починають застосовуватися деякі прості прагматичні підходи, але для синтезу ідей в сучасних умовах хмарних обчислень потрібна додаткова робота. При обробці та оптимізації запитів буде нереально виробляти вичерпний пошук у просторі планів з урахуванням тисяч обробних вузлів – будуть потрібні обмеження, що накладаються на простір планів або на пошук. Додаткові дослідження потрібні для забезпечення розуміння реальної масштабованості «хмарних обчислень» (як обмежень по продуктивності, так і вимог додатків). Таке розуміння має допомогти розробникам здійснювати навігацію в просторі проектних рішень.

Список літератури: 1. *Gillam, Lee*. Cloud Computing: Principles, Systems and Applications / Nick Antonopoulos, Lee Gillam. — L.: Springer, 2010. — 379p. — (Computer Communications and Networks). —ISBN 9781849962407. **2.** SoCC '10: Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing / Hellerstein, Joseph M. — N. Y.: ACM, 2010. — ISBN 978-1-4503-0036-0. **3.** *Бабошин А. А.* Інфраструктура віртуалізації сервісів на основі кластера [Текст] / *Бабошин А. А., Воробйов В. І., Петров М. Ю., Євневич Є. Л.//* Регіональна інформатика (РІ-2010) / XII Санкт-Петербурзька міжнародна конференція. Санкт-Петербург, 20–22 жовтня 2010р.: Праці конференції / СПОИСУ. – СПб, 2010. С. 31. **4.** *Афанасьєв С. В.* Онтологія таксономії і безпеки в хмарних обчисленнях [Текст] / *Афанасьєв С. В.* // Інформаційна безпека регіонів (ІБРР-2011). VII Санкт-Петербурзька межрегіональна конференція. Санкт-Петербург, 26–28 жовтня 2011р.: Матеріали конференції / СПОІСУ. – СПб., 2011. – С. 59-60. **5.** *Шишкін В.М.* Безпека хмарних обчислень – проблеми та можливості ризик-аналізу [Текст] / *Шишкін В. М.*// Міжнародна наукова конференція «Автоматизовані системи управління та сучасні інформаційні технології». Тези доповідей – Tbilisi: Publication House "Technical University", 2011. – С. 142.

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 004.853+004.832+51.001.57+004.65

Елементи розвитку та перспективи досліджень технології хмарних обчислень / Угрин Д. І., Шевчук С. Ф. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.74-79 . – Бібліогр.: 5 назв.

Проведено и описано характеристики и исследование как состояния, так и развития облачных вычислений. Определены требования онтологического описания облачных вычислений. Исследованы перспективы в области перечня стандартов и спецификаций облачных вычислений.

Ключевые слова: облачные сервисы, онтологическое описание, стандартизация.

Conducted and described the characteristics and status of research as well as development of cloud computing. The requirements ontological description of cloud computing. Prospects in the list of standards and specifications cloud computing.

Keywords: cloud services, ontological description, standardization.

УДК 004.9

И. Н. ЕГОРОВА, канд.техн. наук, проф., ХНУРЭ, Харьков;
А. Д. БЕКЕТОВА, магистрант, ХНУРЭ, Харьков;
М. Ю. КУНИЦА, магистрант, ХНУРЭ, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВЕБ-ДИЗАЙНА

Активное распространение различных портативных устройств таких как мобильные телефоны, планшеты, телевизоры позволяют осуществить выход в интернет в любое время и в любом месте, что значительно упрощает возможность поиска необходимой информации, товаров и услуг. Веб-дизайн играет решающую роль при создании сайта**,** поскольку именно с него начинается знакомство пользователя с продуктом. В статье проведено исследование современных методов веб-дизайна, на основе которого разработаны рекомендации по наиболее эффективному их использованию.

Ключевые слова: веб-дизайн, адаптивный дизайн, отзывчивый дизайн, метро-дизайн, одностраничный сайт, плоский дизайн.

Введение. Индустрия веб-дизайна находится в постоянном движении. С появлением новых технологий и инструментов веб-проектирования происходит его

© И. Н. ЕГОРОВА, А. Д. БЕКЕТОВА, М. Ю. КУНИЦА, 2013

активное развитие. Главной причиной постоянного видоизменения дизайна является появление новых видов мобильных устройств, планшетов, телевизоров, с помощью которых осуществляется выход в интернет, а также внедрение новых веб-технологий, таких как HTML5 и CSS3. Веб-дизайн играет определяющую роль при создании эффективного сайта, что делает тему исследования актуальной.

Цель и задачи исследования. На сегодняшний день веб-дизайн является одним из главных факторов в маркетинговой стратегии любой компании. Внешний вид сайта отображает имидж и статус компании, качество её услуг, а удобство пользования сайтом – отношение компании к пользователю.

Целью данной работы является проведение исследований современных методов веб-дизайна, разработка рекомендаций по их применению при проектировании сайтов различных видов и практическая реализация результатов исследования при разработке веб-дизайна сайта кафедры «Медиасистемы и технологии» Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Исследование современных методов веб-дизайна. Наиболее востребованными методами веб-дизайна в настоящее время являются: адаптивный дизайн, отзывчивый дизайн, плоский дизайн, одностраничные сайты,- а также метро дизайн [1 – 6].

Адаптивный веб-дизайн (Adaptive web design) – это технология разработки сайта, целью которой является удобство просмотра сайта на мониторах с любым разрешением экрана [7]. Это избавляет разработчиков от необходимости создавать несколько версий веб-сайта для различных устройств.

Среди основных принципов адаптивного веб-дизайна следует отметить возможность адаптации шаблонов в соответствии с различными размерами экранов; способность как изменения размера изображения, так и отображения изображений мобильных устройств низкого качества. Адаптивный дизайн позволяет упрощать элементы страницы, предоставляет удобные и большие по размеру ссылки для мобильных пользователей, а также выявляет и реагирует на мобильные функции (ориентация устройства и геолокация).

Применение адаптивного веб-дизайна обеспечивает универсальность сайта для различных гаджетов, что является его главным преимуществом. Данный метод предполагает создание одной версии сайта для всех устройств. Следует отметить, что мобильная и десктоп версии сайта размещены по одному адресу с одним HTML, а это делает индексацию более простой и качественной. Адаптивный дизайн обеспечивает большой охват аудитории и уменьшение затрат на поддержку сайта в отличие от ситуации с несколькими версиями сайта, имеет единый стиль оформления сайта.

Одним из недостатков данного метода является навигация. Ранее навигационный блок сайта часто размещался горизонтально вверху страницы. На мобильных телефонах горизонтальная полоса на маленьком разрешении будет либо незаметной, либо малофункциональной. Среди других недостатков выделяются: некорректное изменение размера изображений, проблемы совместимости с более ранними технологическими решениями (старые браузеры и т.д.), баги устройств, низкая производительность, сложный менеджмент проектов.

Отзывчивый веб-дизайн (Responsive web design) – это технология создания веб-страниц, которая обеспечивает удобство их просмотра на различных устройствах (стационарных компьютерах, ноутбуках, планшетах, смартфонах, телевизорах) имеющих подключение к Интернет [8 –11].

Главная цель отзывчивого веб-дизайна – универсальность HTML-разметки веб-сайта для различных устройств.

Отзывчивый дизайн предполагает масштабирование структуры страницы и включенных в нее изображений, что позволяет предоставить пользователю изображение соответствующего разрешению экрана размера, сохранить графическое оформление сайта в целом неизменным на любом устройстве и сэкономить ресурсы.

Отзывчивый веб-дизайн базируется на трёх принципах: гибкий макет на основе сетки (flexible, grid-based layout), гибкие изображения (flexible images) и медиазапросы (CSS3 media queries).

Главная особенность отзывчивого дизайна – способность макета изменять размеры и положение различных элементов в зависимости от определенного с помощью средств CSS3 разрешения экрана. Формирование оптимального макета страницы осуществляется с помощью Media Queries.

Среди основных преимуществ отзывчивого дизайна следует отметить возможность адаптации сайта к определенному устройству без необходимости разработки отдельного сайта и изменений его содержимого, способность сайта работать в любом браузере от IE, Firefox, Chrome, Safari до IE 6, 7 и 8; совместимость гибкого дизайна с CMS сайтами; менее затратное администрирование и использование в сравнении с разработкой и поддержкой отдельных версий сайта для разных устройств.

Среди недостатков отзывчивого дизайна выделяются проблемы с оптимизацией расположения контента, а также проблемы в верстке из-за роста кода, что может тормозить загрузку страниц. Следует отметить, что стремление к минимизации может привести к потере особенности сайта, а при уменьшении браузером изображений возрастают затраты ресурсов и трафика. Может наблюдаться нестабильная работа Media Queries при отображении различных вариантов изображения.

Сайт с отзывчивым дизайном имеет тот же URL и коды HTML, CSS на любом устройстве, которое используется для его просмотра. Таким образом, отзывчивый сайт является более простым и эффективным для поиска и индексации, осуществляемым поисковой системой Google.

Плоский дизайн (flat design) – минималистичный подход к дизайну объектов, который подчеркивает удобство использования, и в большей степени ориентирован на конечного пользователя.

Плоский дизайн базируется на нескольких главных принципах. Отсутствие лишних эффектов: значки, кнопки, иконки, иллюстрации имеют строго двумерный вид, отсутствуют элементы, направленные на придание глубины и объема: тени, рефлексы, градиенты, текстуры, блики; пиктограммы указывают на универсальные действия или цели, легко понимаемые любым пользователям.

Простота элементов: использование односложных фигур и четких контуров, простых форм, которые делают дизайн сайта более легким и интуитивно понятным пользователю, тем самым улучшая удобство использования.

Акцент на типографике: текстовый контент может заменить использование изображений в целом, таким образом, дизайн сведется к подбору необходимого шрифта (размер, гарнитура, цвет и т. д.) для создания призыва к действию.

Акцент на цвет: многие общепринятые правила сопряжения и соответствия цветов отвергаются в пользу палитры, включающей в себя все цвета солнечного спектра, но цвета используются чистые и яркие, без лишних переходов и градиентов.

Использование геометрических фигур: простых квадратов или кругов для кнопок и иконок и т.п.

Минимализм: отсутствие сложных подходов к визуализации элементов.

Преимущества плоского дизайна в простоте мобильного интерфейса, отсутствии скучного оформления. Яркие цвета способствуют поднятию настроения, а визуально отчётливый и чистый дизайн приятен для пользователя.

К недостаткам плоского дизайна можно отнести возможные проблемы с юзабилити: не для всех пользователей удобен этот стиль интерфейса, и они не всегда уверены, где нужно сделать клик; сложнее подбор цветов; недостатки типографики более заметны; дизайн может выглядеть излишне простым.

Распространение плоского дизайна происходит из-за сложной в большом объеме информации, которая должна быть представлена пользователю. Это вызывает необходимость использовать более простой дизайн и интерфейс.

Рекомендации по применению современных методов веб-дизайна. На основе проведенного исследования разработаны рекомендации по наиболее эффективному использованию современных методов веб-дизайна.

Так, для поисковой системы Google предпочтительным является отзывчивый дизайн сайта, т.к. пользователю проще обмениваться ссылками, делиться, взаимодействовать с контентом, который находится на одном URL-адресе.

Управление одним сайтом и одна SEO-кампания проще, чем работа с двумя сайтами и обеспечение двух отличных друг от друга SEO-кампаний.

Разница между отзывчивым и адаптивным дизайнами существует только для разработчиков, внешне она незаметна. Названные методы веб-дизайна отличаются способами создания сайта.

При верстке сайта страница «прыгает» по контрольным точкам, смещаясь и адаптируя контент каждый раз к ближайшей следующей из них, т.е. медиа-запросы описывают фиксированные положения контента для каждой из контрольных точек. В итоге получается набор из нескольких фиксированных макетов для работы с различными разрешениями экранов.

Недостатком такого подхода является невозможность прогнозирования внешнего вида контента на всех устройствах, поскольку расстояния между контрольными точками могут быть достаточно большими.

При верстке сайта с отзывчивым дизайном применяются так называемые «гибкие изображения» и гибкий макет на основе сетки. Таким образом, отзывчивая страница не «прыгает» по контрольным точкам, а плавно изменяется между ними.

При создании отзывчивого веб-дизайна используются только средства HTML и CSS для решения задачи адаптации контента под различные устройства.

Технология создания адаптивного веб-дизайна предполагает использование чистого HTML как базиса и дальнейших улучшений за счет использования слоев CSS и JavaScript.

Адаптивный веб-дизайн рекомендуется использовать при разработке сайтов, контент которых предназначен для блогов, онлайн-журналов и т.п. При проектировании сайта со сложным интерфейсом целесообразнее разработать отдельную мобильную версию или мобильное приложение.

Отзывчивый дизайн рекомендуется применять при разработке сайтов, ориентированных на привлечение клиентов, т.к. они должны отображаться одинаково на любом устройстве, чтобы пользователь с легкостью узнал его, и не возникало ощущения, что он находится совершенно на другом ресурсе.

При использовании плоского дизайна необходимо отталкиваться от целевой аудитории, на которую он рассчитан. Он не подходит для проектирования детских сайтов, т.к. юзабилити будет снижено. При создании сайтов для детей требуется

дополнение каких-либо деталей, украшений, чтобы сделать его более красочным, привлекательным и интересным для юных пользователей. Плоский дизайн подойдёт для создания простых, лёгких сайтов, для которых важен в первую очередь сам контент.

На основе проведенных исследований был разработан дизайн сайта кафедры «Медиасистемы и технологии» Харьковского национального университета радиоэлектроники. Разработка дизайна осуществлялась с помощью программного обеспечения Adobe Photoshop CS5.

Главной задачей разработки нового сайта кафедры было создание более простого и удобного для пользователей дизайна сайта, что позволило бы повысить его популярность и привлечь внимание большего числа абитуриентов, студентов и других пользователей. Новый дизайн является плоским и отзывчивым (рис.).

Рис. – Реализация современных методов дизайна

Выводы. В ходе проведенного исследования были проанализированы наиболее распространенные и эффективные методы веб-дизайна: плоский, адаптивный и отзывчивый. В работе проведена их сравнительная характеристика, выделены основные достоинства и недостатки. На основании полученных результатов разработаны рекомендации по применению данных методов, которые могут быть использованы дизайнерами и проектировщиками при создании сайта. Результаты исследования легли в основу разработки дизайна сайта кафедры Медиасистем и технологий Харьковского национального университета радиоэлектроники.

Список литературы: 1. *Gustafson, A.* Adaptive web design: crafting rich experiences with progressive enhancement [Текст] / *A. Gustafson.* – Easy Readers, 2011. – 144p. **2.** *Marcotte, E.* Responsive web design [Текст] / *E. Marcotte*. – A Book Apart, New York, 2011. – 157p. **3.** *Enders, J.* Flat UI and forms [Электронный ресурс] / *J. Enders*. – Режим доступа : \www/ URL: http://alistapart.com/article/flat-ui-and-forms – 15.10.2013 г. — Загл. с экрана. **4.** Одностраничные сайты. Теория и практика [Электронный ресурс] / Moto дизайн блог. Малая энциклопедия дизайна – Режим доступа : \www/ URL: http://templates.motocms.ru/blog/osnovi-dizaina/odnostranichnye-sajty-teoriya-i-praktika/ – 05.05.2013 г. – Загл. с экрана. **5.** Metro User Interface: Описание и примеры Веб Дизайна [Электронный ресурс] / Moto дизайн блог. Малая энциклопедия дизайна – Режим доступа : \www/ URL: http://templates.motocms.ru/blog/osnovi-dizaina/odnostranichnye-sajty-teoriya-i-praktika/ – 05.05.2013 г. – Загл. с экрана. **6.** *Донахью, М.* Дизайн в стиле Metro [Электронный ресурс] / iXBT – Режим доступа : \www/ URL: http://www.ixbt.com/soft/wp7-interface-donahue.shtml – 29.11.2011 г. – Загл. с экрана. **7.** *Кедлек, Т.* Адаптивный дизайн. Делаем сайты для любых устройств [Текст] / Т. Кедлек. – Питер, 2013. – 288с. **8.** *Wroblewski, L.* Mobile first [Текст] / L. Wroblewski. – A Book Apart,

New York, 2011. – 138p. **9.** Redesign the web [Текст] / J.S. Elliot, P. Boag, R. Andrew, A. Walter, B. Schwarz, – Smashing Media GmbH, 2012. – 340p. **10.** *Frain, B.* Responsive Web Design with HTML5 and CSS3 [Текст] / B. Frain. – Packt Publishing, 2012. – 324p. **11.** *Kadlec, T.* Implementing responsive design: Building sites for an anywhere, everywhere web [Текст] / T. Kadlec. – New Riders, 2012. – 288p.

Надійшла до редколегії 05.11.2013

УДК 004.9

Исследование и практическая реализация современных методов веб-дизайна / Егорова И. Н., Бекетова А. Д., Куница М. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.79-84 . – Бібліогр.: 11 назв.

Активне розповсюдження різних портативних пристроїв таких як мобільні телефони, планшети, телевізори дозволяють здійснити вихід в інтернет в будь-який час і в будь-якому місці, що значно спрощує можливість пошуку необхідної інформації, товарів і послуг. Веб-дизайн відіграє вирішальну роль при створенні сайту, оскільки саме з нього починається знайомство користувача з продуктом. У статті проведено дослідження сучасних методів веб-дизайну, на основі якого розроблено рекомендації щодо найбільш ефективного їх використання.

Ключові слова: веб-дизайн, адаптивний дизайн, чуйний дизайн, метро-дизайн, односторінковий сайт, плоский дизайн.

Active dissemination of a variety of portable devices such as mobile phones, tablets, TVs can make access to the Internet at anytime and anywhere, which greatly simplifies the ability to search for relevant information, products and services. Web design plays a crucial role in the creation of the site, since that user starts to familiarize him with the product. Modern methods of web-design are investigated in this article and on the base of them we made the recommendations of its effective use.

Keywords: web design, adaptive design, responsive design, metro design, a single-site, flat design.

УДК 656.078.111/.117

В. В. ПЕТРУШОВ, канд. техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків;
М. О. КРИВЦУН, студент, УкрДАЗТ, Харків

ПРОБЛЕМИ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

В даній статті розглядаються проблеми реалізації транзитного потенціалу України. Проаналізовано стан інфраструктури, виявлені проблеми в транспортному комплексі держави. Автором показані недоліки транспортно-експедиційного обслуговування, приведена класифікація інтермодальних терміналів та принципи їх розміщення і модель розрахунку інтермодального перевезення.

Ключові слова: інтермодальні перевезення, мультимодальні перевезення, комбіновані перевезення, контейнер, система інтермодальних терміналів.

Вступ. Транспорт є однією з базових галузей національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, захисту економічних інтересів держави, підвищення рівня життя населення.

© В. В. ПЕТРУШОВ М. О. КРИВЦУН, 2013

На сьогодні галузь транспорту в цілому задовольняє потреби національної економіки та населення у перевезеннях, проте існує ряд проблем, які істотно зменшують показники ефективності перевезень пасажирів та вантажів. Серйозними проблемами в галузі транспорту також є значна виробітка основних виробничих фондів, зокрема рухомого складу, недостатній обсяг інвестицій, необхідних для оновлення та забезпечення інноваційного розвитку матеріально-технічної бази галузі, обмеженість бюджетного фінансування, низький рівень використання транзитного потенціалу держави [1].

Одним із пріоритетних завдань для України в галузі залізничного транспорту є інтеграція вітчизняної транспортної системи до європейської та світової транспортних систем, з метою максимального використання транзитного потенціалу держави.

За останні півстоліття випуск товарів на світовий ринок виріс у десятки разів, причому стрибок відбувся після 1970 р., з розгортанням глобалізації. Важливими умовами розвитку стали простір і час переміщення речей, людей та інформації. З середини XX століття зонами інтенсивного виробництва були США, Західна Європа, СРСР і Японія. З 90-х років до них додалися Китай і Південно-Східна Азія, Індія та Латинська Америка.

Масштаби цих нових систем такі, що виникла і зростає величезна «різниця потенціалів» - Азія гостро потребує канали швидкого товарообміну із Західною Європою. За прогнозами Міжнародного Валютного фонду товарообіг між Азією і Європою у майбутньому році складе майже трильйон доларів. Транспортні трансконтинентальні системи набувають у цих умовах зростаюче стратегічне значення в геополітиці.

Аналіз досліджень і публікацій. Зараз основні транспортні потоки з Південно-Східної Азії в Європу спрямовані через Суецький канал, пропускна здатність якого вичерпана. Забезпечити зростаючий товарообіг можна тільки новими коридорами по суші, використовуючи такі види сполучень як мультимодальні або інтермодальні перевезення. Більш детальне роз`яснення про ці види сполучень наведені на рис. 1[2].

Найбільш ефективний у світі вид транспортування вантажів, яким є інтермодальні перевезення, в Україні тільки починає розвиватися. Експерти ж впевнені: створення мережі інтермодальних маршрутів здатне принести нашій країні щорічно $ 180 млн. прямих надходжень до держбюджету [3].

Витрати промислових компаній на транспортування вантажів по Україні є одними з найвищих у світі. Логістичні витрати у нас в країні доходять до 24% у загальній вартості вироблених товарів, у той час як середній показник серед розвинених країн - 11,7%[4]. Тобто якщо, наприклад, у США вантажовласники щорічно витрачають на логістику $ 658 млрд (11,6% ВВП), а в Китаї - $ 50 млрд (14,5%), то у ВВП України транспортною складовою є $ 32,7 млрд з ціни товарів [5].

Причина цього, на думку міжнародних експертів, полягає у відсутності уваги до перевезень і транспортній інфраструктурі як продукту системи єдиного господарського комплексу. Україні не вистачає єдиного планування для всіх галузей транспорту, в результаті чого всі види транспорту не взаємодіють.

Особливу увагу потрібно приділити транспортно-експедиційному обслуговуванню клієнтів та застосуванню гнучкої цінової політики на пропоновані ними послуги.

В даний час існуючі ресурси та технології інтермодальних перевезень контейнерів дозволяють транспортно-експедиційним компаніям (ТЕК) надавати клієнтам різні види послуг при здійсненні такого перевезення. Типовими послугами є доставка вантажів у контейнерах за різними схемами перевезення [6, 7]:

- «від дверей до дверей» або «від дверей до станції призначення»;
- термінальна обробка;
- страхування від усіх ризиків;
- охорона на шляху прямування;
- приймання і розкредитування контейнерів;
- експедиторські послуги;
- відстеження вантажу на всьому шляху прямування та інші.

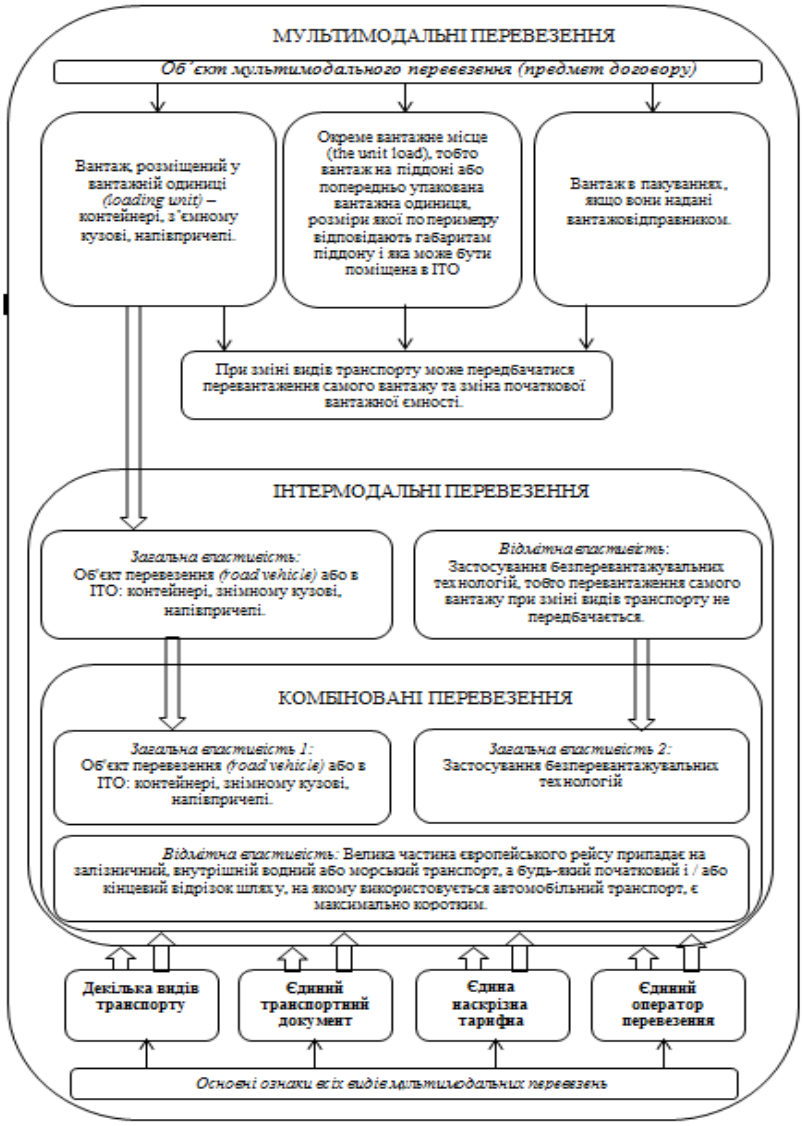


Рис. 1 - Диференціація понять «мультимодальні», «інтермодальні» і «комбіновані» перевезення за загальними і відмінним ознаками

Проаналізувавши діяльність ТЕК, можна виділити наступні недоліки транспортно-експедиційного обслуговування [8]:

1) Клієнти не можуть дізнатися з прейскуранта, в якому співвідношенні розподіляється вартість доставки: скільки коштує перевезення автотранспортом, скільки залізничним і яка ставка винагороди експедитора;

2) Вартість перевезення автомобілем обчислюється за нормами і є максимальною, вона не розраховується для кожного клієнта;

3) Не всі компанії можуть надати послугу з доставки контейнерів «від дверей до дверей», а обмежують свої пропозиції послугою «від дверей до станції призначення», а це означає, що клієнт отримує «неповний сервіс». Відповідно, для того щоб організувати вивіз контейнера зі станції призначення, йому доведеться шукати автотранспорт, а це зайва трата часу і грошей. В результаті він змушений додатково платити ТЕК за послугу пошуку і організацію доставки «від станції призначення до дверей», що виконується сторонньою організацією, готової виконати цю роботу, або клієнт змушений сам займатися пошуком іншої ТЕК, яка виконає цю послугу на місці.

Формування мети та задач. Розмови про низькі обсяги транзиту через територію України і про те, що однією з головних наших економічних перспектив є реалізація транзитного потенціалу, найчастіше зводяться до констатації проблем в кожному окремому секторі - на залізниці, в портах і так далі. Кращий же індикатор наявності єдиного підходу до всіх субгалузей транспорту – рівень розвитку в країні інтермодальних перевезень, які передбачають задіяння усіх елементів транспортної системи.

Особливу увагу потрібно приділити плануванню транспортної мережі. Для ефективного використання транзитного потенціалу України доцільно створити мережу інтермодальних терміналів.

Мета даної статті – класифікувати види терміналів, охарактеризувати кожен з них, визначити особливості їх розміщення та створити модель, яка б враховувала всі витрати на перевезення для кожного виду транспорту.

Класифікація інтермодальних терміналів і особливості їх розміщення. В сучасних перевезеннях великого значення набувають контейнерні перевезення. Це призводить до необхідності зміни структури перевезень, підвищення швидкості доставки вантажів за рахунок, в першу чергу, зменшення часу на операції навантаження, вивантаження, перевантаження вантажів. Оскільки основним напрямком в транспортних потоках Укрзалізниці є перевезення транзитних міжнародних вантажів, то робота інтермодальних терміналів полягає у обслуговуванні контейнерних потоків, які надходять із-за кордону нашої держави або виходять із-за її меж.

До переваг створення єдиної системи терміналів можна віднести:

1) Покращення взаємодії різних видів транспорту при організації перевезень в міжнародному сполученні;
2) Можливість прискорення переміщення вантажу, який рухається в рамках міжнародних транспортних коридорів;
3) Покращення якості послуг для клієнтів;
4) Можливість розробки комбінованих тарифів для перевезення різними видами транспорту.

До недоліків можна віднести:

1) Значні витрати на побудову та експлуатацію терміналів;
2) Можливе неповне завантаження терміналів;
3) Ускладнення процесу доставки вантажу.

В залежності від своїх розмірів та роботи, яка виконується, термінали можна підрозділити на термінали класу А, В, С.

Термінали класу А – термінали з великою площею та зі значними обсягами вантажопотоків. Їх доцільно розташовувати у місцях перехрещення основних магістральних напрямків, а також в районах з великою концентрацією підприємств.

Термінали класу В у порівнянні з класом А мають незначну площу, але приближені до них обсяги вантажопотоків. Їх потрібно розташувати на вхідних та вихідних точках мережі та у місцях, де здійснюються великі переміщення вантажу.

Термінали класу С – термінали з невеликою площею та вантажопотоками. Їх розташовують у невеликих промислових районах та у магістралях з незначним вантажопотоком.

Умови для створення терміналів:

1) Наявність перехрещення двох або більше видів транспорту;

2) Певний обсяг вантажопотоку для кожного виду транспорту;
3) Наявність або створення необхідної інфраструктури;
4) Розроблена технологія роботи терміналу;
5) Створення логістичного ланцюга процесу переміщення вантажів.

Створення єдиної системи інтермодальних терміналів дозволить організувати перевізний процес таким чином, що зменшиться простій під час очікування рухомого складу іншого виду транспорту.

Модель доставки вантажу за схемою «від дверей до дверей». Загальну вартість інтермодального перевезення контейнеру за схемою «від дверей до дверей» можна визначити за формулою:

$$C_{\text{перев}}=C_{\text{трансп}}+C_{\text{НРР}}+C_{\text{експ}}+C_{\text{ПДВ}} \to \min, \quad (1)$$

де $C_{\text{трансп}}$ – транспортні витрати на перевезення різними видами транспорту, грн;

$C_{\text{НРР}}$ – вартість навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР), грн;

$C_{\text{експ}}$ – витрати на транспортно-експедиційне обслуговування, грн;

$C_{\text{ПДВ}}$ – ПДВ (20%) від загальної вартості перевезення, грн.

Витрати з доставки порожнього контейнера до місця завантаження та доставка навантаженого контейнера на залізничну станцію, з доставки навантаженого контейнера з залізничної станції до місця розвантаження розраховуються за формулою

$$C_{\text{трансп}} = \sum_{i=1}^{n} m \cdot T_i \cdot L_i \quad (2)$$

де m – кількість контейнерів;

T_i – тариф на перевезення різними видами транспорту порожнього та навантаженого контейнера відповідно, грн/км;

L_i – дальність перевезення порожнього контейнера під навантаження та доставка його на залізничну станцію, та з доставки навантаженого контейнера з залізничної станції до місця розвантаження відповідно, км.

Вартість навантажувально-розвантажувальних робіт розраховується за формулою

$$C_{\text{НРР}} = \sum_{i=1}^{n} T_{\text{роб.і}} \cdot Q_{ван} + t_{\text{роб.і}} \cdot C_{\text{год}}^{\text{роб.і}}, \quad (4)$$

де $T_{роб.і}$ - тариф і-го робітника, які здійснюють НРР, грн/т;

$Q_{ван}$ - обсяг вантажу брутто, т; $t_{роб}$ - час роботи працівників, год;

$C_{год}^{роб.і}$ - вартість одного часу роботи працівника грн/год.

Витрати на транспортно-експедиційне обслуговування розраховується за формулою

$$C_{експ} = C_{замов} + C_{год} + m \cdot Ц_{од} \cdot \partial_{стр}, \quad (5)$$

де $C_{замов}$ - вартість замовлення послуги експедитора, грн;

$C_{год}$ - вартість години роботи експедитора, грн/год;

$Ц_{од}$ - ціна одиниці вантажу, грн;

$\partial_{стр}$ - ставка страхової компанії, %.

Тобто, загальну вартість інтермодального перевезення контейнеру за схемою «від дверей до дверей» можна записати у вигляді

$$C_{\text{перев}} = \sum_{i=1}^{n} m \cdot T_i \cdot L_i + \sum_{i=1}^{n} \mathrm{T}_{\text{роб.i}} \cdot Q_{\text{ван}} + \mathrm{t}_{\text{роб.i}} \cdot C_{\text{год}}^{\text{роб.i}} + C_{\text{замов}} + C_{\text{год}} + m \cdot Ц_{\text{од}} \cdot \partial_{\text{стр}} + \mathrm{C}_{\text{ПДВ}} =$$
$$= m\left(\sum_{i=1}^{n} T_i \cdot L_i + Ц_{\text{од}} \cdot \partial_{\text{стр}}\right) + \sum_{i=1}^{n} \mathrm{T}_{\text{роб.i}} \cdot Q_{\text{ван}} + \mathrm{t}_{\text{роб.i}} \cdot C_{\text{год}}^{\text{роб.i}} + C_{\text{замов}} + C_{\text{год}} + \mathrm{C}_{\text{ПДВ}} \to \min \quad (6)$$

Висновок. Аналіз стану транспортної системи України на сьогодні показав, що існує ряд проблем, які заважають розвитку інтермодальних перевезень, чим і зумовлене їх низьке використання при транспортуванні вантажу різними видами транспорту.

Запропонована класифікація інтермодальних терміналів дає змогу визначити клас терміналу та принципи їх місцерозташування в залежності від обсягів робіт та розмірів вантажопотоків.

Наведена методика розрахунку вартості інтермодального перевезення дозволяє урахувати всі види витрат на транспортування вантажу автомобільним та залізничним транспортом.

Список літератури: **1.** Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року: Розпорядження КМУ від 20 жовтня 2010р. № 2174-р Київ [Електронний ресурс] // Сайт Верховної Ради України. – Режим доступу : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80 **2.** Смешанные перевозки в условиях интеграции транспортных коммуникаций: проблемы терминологии [Електронний ресурс] : інформація / *Ю. И. Кириллов, Е. В. Кириллова.* – Режим доступу : http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/Mzurts/2011_17/files/t1705.pdf **3**. Программа развития транзитно-транспортного потенциала на основе создания единой торгово-транспортной сети по технологи «ДООР-ТО-ДООР» (развитие интермодальных (комбинированных) перевозок) [Електронний ресурс] // Сайт «Українсько-Німецького форуму». – Режим доступу : http://www.unf.org.ua/uploadfiles/fckeditor/file/presentation_02_ua.ppt **4.** Украина остается одной из рисковых стран региона для интермодальных операторов [Електронний ресурс] // Журнал «Транспорт і логістика». – Режим доступу : http://translog.com.ua/logistika/359 **5.** Контейнеры пойдут мимо [Електронний ресурс] // Журнал «Экономические известия». – Режим доступу : http://markets.eizvestia.com/full/kontejnery-pojdut-mimo **6.** *Леонтьев Р. Г., Соболев А. Н., Леонтьева Н. Р.* Классификация видов транспортных услуг // Транспорт: наука, техника, управление. — 2009. — № 8. — С. 26–37. 7. *Кравченко Е. А., Лебедев Е. А.* Основы транспортно-экспедиционного обслуживания. — Краснодар: Изд-во Краснодарское ЦНТИ, 2003. — 203 с. **8**. Особенности организации интермодальной перевозки грузов в контейнерах автомобильным и железнодорожным транспортом [Електронний ресурс] // Евразийский международный научно-аналитический журнал. – Режим доступу : http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3873#ftn98

Надійшла до редколегії 05.11.2013

УДК 656.078.111/.117

Проблеми інтермодальних перевезень в Україні/ Петрушов В. В., Кривцун М. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.84-89 . – Бібліогр.: 8 назв.

В данной статье рассматриваются проблемы реализации транзитного потенциала Украины. Проанализировано состояние инфраструктуры, выявлены проблемы в транспортном комплексе страны. Автором показаны недостатки транспортно-экспедиционного обслуживания, приведена классификация интермодальных терминалов и принципы их размещения и модель расчета интермодального перевозки.

Ключевые слова: интермодальные перевозки, мультимодальные перевозки, комбинированные перевозки, контейнер, система интермодальных терминалов.

This article discusses the problem of the transit potential of Ukraine. The state of the infrastructure, identified problems in the transport sector of the country. The author shows the shortcomings of forwarding service, a classification of intermodal terminals and the principles of their placement and calculation model of intermodal transportation.

Keywords: intermodal, multimodal transport, combined transport, container, the system of intermodal terminals.

УДК 004.9

И. Н. ЕГОРОВА, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;
А. А. ИСТОМИНА, магистрант, ХНУРЭ, Харьков

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ВЕБ-АНАЛИТИКИ

Стремительное развитие интернет-технологий, необходимость повышения конкурентоспособности веб-ресурса и достижения коммерческого успеха требует использования наиболее эффективных методов продвижения и оптимизации веб-сайтов. Веб-аналитика располагает инструментами анализа и продвижения сайтов. Статья посвящена исследованию современных методов Веб-аналитики и разработке рекомендаций по их эффективному использованию. назв.

Ключевые слова: веб-аналитика, экспертная оценка, посещаемость веб-сайта, метод «Отклонения от нормы», метод «PET».

Введение. Методология веб-аналитики постоянно развивается. Совершенствуются методы анализа сайтов. Ранее наиболее распространенными методами аналитики были метод анализа видеозаписи поведения посетителей на сайте и метод анализа с использованием системы eye-tracking. Но анализ сайта предполагает не просто какое-то действие, а применение совокупности методов. Основной задачей любого метода является определение целей посещения сайта пользователями. Зная цели, с которыми посетители приходят на сайт, следует оптимизировать его таким образом, чтобы пользователи максимально быстро и эффективно решали свои задачи с помощью сайта. Веб-аналитика играет важную роль при создании эффективного сайта, что делает тему исследования актуальной.

Цель и задачи исследования. В наше время веб-аналитика является одним из главных факторов в маркетинговой стратегии любой организации. Усложняется и совершенствуется методика сбора и анализа статистической информации, над которой работают лишь опытные специалисты. Это увеличивает потребность в веб-аналитике.

Целью данной работы является проведение исследований методов веб-аналитики, разработка рекомендаций по их применению при анализе сайтов различных видов и практическая реализация данных методов при разработке электронного пособия.

Исследование методов веб-аналитики. В арсенале веб-аналитики существует ряд методов, которые направлены на решение определенного рода задач. Наиболее востребованными среди них являются: метод экспертной оценки с помощью независимого специалиста, метод детального анализа статистики посещаемости сайта и наблюдения за поведением посетителей, метод «Отклонения от нормы» и метод «PET» [1-6].

Метод экспертной оценки с помощью независимого специалиста, как еще называют – аудит сайта, подразумевает под собой комплексную оценку сайта, которая осуществляется специалистом визуально без применения систем статистики и веб-аналитики, проводится анализ дизайна, юзабилити, качества контента. Таким образом, оценка функциональности различных элементов сайта производится исключительно на основе собственного опыта и субъективного мнения конкретного

© И. Н. ЕГОРОВА, А. А. ИСТОМИНА, 2013

эксперта. Как правило, эксперт оценивает те элементы, которые, по его мнению, нуждаются в оптимизации [2].

Качество аудита сайта зависит от опыта самого эксперта и его специализации. Например, веб-мастер может уделить основное внимание оценке пользовательского интерфейса, веб-дизайнер – сместит акцент на особенности восприятия сайта, веб-аналитик – на юзабилити. На сегодняшний день более 85% всех веб-студий в интернете в качестве одной из услуг предлагают именно анализ сайта.

Преимущества метода экспертной оценки заключаются в его простоте и доступности, поскольку им владеют не только веб-аналитики, но и специалисты других направлений, например, веб-мастера, веб-дизайнеры. Аудит сайта не требует больших временных затрат и проводится чаще всего в течение 1-3 дней. В результате эксперты предоставляют отчет с описанием проблемных мест на сайте и рекомендациями по устранению недостатков.

Недостатками метода экспертной оценки является субъективность мнения эксперта, возможность неверно оценить эффективность различных элементов сайта. Такие неточности в оценке создают опасность изменения/удаления тех элементов, которые в настоящее время положительно работают на конверсию сайта. Иногда эксперт не знает, какие зоны на сайте наименее активно просматриваются посетителями, он может порекомендовать переместить какой-либо из элементов в «слепую зону», что негативно скажется на конверсии веб-ресурса [3, 4].

Обычно веб-аналитик обращает свое внимание сразу на большинство параметров и , как следствие, может недостаточно глубоко оценить ключевые факторы, влияющие на эффективность сайта. Случается, что эксперт не может полноценно оценить такие показатели, поскольку не знает как посетители взаимодействуют с ключевыми элементами сайта.

В результате показатели работы сайта улучшаются благодаря тому, что эксперт быстро выявляет наиболее заметные слабые места и указывает на имеющиеся проблемы.

Метод детального анализа статистики посещаемости сайта и наблюдения за поведением посетителей предполагает сбор необходимых для анализа данных специализированными системами веб-аналитики в течение 10-20 дней. Время сбора данных зависит от посещаемости веб-сайта. Затем весь массив данных обрабатывается специалистами веб-аналитики, которые в свою очередь готовят рекомендации по решению выявленных на сайте проблем. Информацию, собранную с помощью систем веб-аналитики, можно анализировать и самостоятельно, но только при наличии последовательных инструкций.

Основное внимание в методе уделяется показателям посещаемости сайта, источникам трафика, целям, которые преследуют посетители, а также общим тенденциям их поведения на сайте.

Среди основных преимуществ данного метода следует отметить тот факт, что методы отслеживания поведения посетителей сайта из архива и в режиме реального времени позволяют увидеть те проблемы сайта, с которыми реально сталкиваются пользователи. В связи с этим удается довольно оперативно устранить именно те проблемы, которые в данный момент мешают многим посетителям стать клиентами. На практике после проведения такого анализа и оптимизации сайта в первый раз удается поднять конверсию в 1,5-2 раза.

Недостатками метода является необходимость проведения анализа сайта с

помощью систем веб-аналитики в несколько этапов. Так, на первом этапе осуществляется комплексный анализ с определением всех основных проблем. Далее осуществляется вторичный анализ для тестирования эффективности проведенных оптимизационных мероприятий на сайте (по результатам первичного анализа). На заключительном этапе осуществляется детализированный анализ с целью выявления «скрытых» проблем, которые могут опосредованно влиять на эффективность сайта.

Исходя из этого, весь цикл анализа может занять несколько месяцев. Кроме того, каждый из последующих этапов анализа, с одной стороны, оказывает все меньший прирост конверсии, но с другой – все же ощутимо увеличивает все ключевые показатели по сравнению с неоптимизированным сайтом, или обычным аудитом сайта (экспертной оценкой) [7, 8].

Метод «Отклонения от нормы» подразумевает определение желаемых сценариев поведения пользователей на сайте. Затем с помощью систем веб-аналитики проводится сбор данных о фактическом поведении посетителей, и анализируется соответствие реальных данных желаемому сценарию, определенному заранее.

Основными достоинствами метода «Отклонения от нормы» являются , прежде всего, возможность целенаправленно определять только те причины, по которым посетители не совершают конкретных микроконверсионных действий, а также возможность оперативно вносить изменения на сайт, чтобы скорректировать поведение посетителей в нужном ракурсе [9].

Недостатками же метода анализа сайтов являются:

– трудоемкость сравнительного анализа данных, поскольку поведение каждого посетителя на сайте строго индивидуально и требуется много времени, чтобы увидеть закономерности в «отклонениях от нормы». Фактически приходится детально просматривать действия каждого посетителя;

– возможность неправильной трактовки поведения посетителей, а именно, во многих случаях бывает сложно определить, почему посетители совершают конкретные действия и под влиянием каких причин. Соответственно, узнать, почему посетитель не совершил то или иное микроконверсионное действие, не всегда получается.

Метод анализа сайта «PET» (Убеждение, Эмоции, Доверие) подразумевает сочетание двух типов анализа: во-первых, анализа впечатлений посетителей от сайта и, во-вторых, анализа основных особенностей взаимодействия посетителей с веб-сайтом по определенным показателям. В качестве основных показателей рассматриваются цели взаимодействия с веб-сайтом, список просмотренных страниц, читабельность контента, а также количество совершенных микроконверсионных действий. Целью такой методики является определение, насколько сайт мотивирует и убеждает посетителей выполнить макроконверсионное действие.

Задачей PET-анализа является оптимизация сайта таким образом, чтобы его контент, прежде всего, вызывал у посетителей позитивные эмоции, а также усиливал у них чувство доверия к сайту и убеждал стать его клиентами. Таким образом, основное внимание в методе уделяется внедрению системы убеждения его посетителей, а не на непосредственном анализе сайта.

Преимуществом метода «PET» является тот факт, что его реализация на сайте позволит обеспечить ему долгосрочные конкурентные преимущества, даже если

сайт занимает далеко не первое место в ТОП поисковой выдачи. Кроме того, применение метода «PET» позволит поднять его конверсию сразу в несколько раз. Сайты, которые оптимизируются по методике убеждения, могут полностью переделываться по несколько раз, но затем имеют уровень конверсии на 30-50% больше.

Недостатком метода «PET» является необходимость проведения долгосрочной работы, что в свою очередь влияет на стоимость проводимых веб-аналитиками работ. В результате данный метод оказывается намного дороже, чем другие методы анализа сайтов.

Рекомендации по применению методов веб-аналитики. Нужно обратить внимание, что процесс выбора конкретного метода анализа не менее важная работа, чем сам анализ. Для такого утверждения есть несколько причин:

– есть разные типы сайтов и для каждого из них методы анализа будут варьироваться довольно существенно. Например, для интернет-магазинов, как правило, применяется детальный анализ с наблюдением за поведением посетителей. А вот для сайта-визитки лучше всего подойдет анализ по принципу «отклонения от нормы», т.к. на таких сайтах желаемые сценарии поведения посетителей включают всего несколько ключевых моментов (например, просмотр главной страницы, страницы контактов);

– на каждом из сайтов есть свои специфические проблемы, их выявление требует подбора соответствующего инструментария. К примеру, для анализа блогов преимущественно подходит методика анализа читабельности контента, а для интернет-магазинов этот метод применяется как второстепенный (и только на отдельных страницах, где размещен продающий контент) [4-6].

Метод экспертной оценки лучше всего применять на первом этапе, когда необходимо выявить явные ошибки на сайте. При этом необходимо запомнить, что нужно очень осторожно относиться к рекомендациям, которые дают эксперты, поскольку они могут не знать особенностей поведения на сайте реальных посетителей. Концентрироваться следует только на самых важных рекомендациях, детали же можно оставить вне рассмотрения.

Если необходимо максимально качественно поднять конверсию сайта при доступном бюджете, то наиболее эффективным в этом случае будет метод детального анализа статистики посещаемости сайта и наблюдения за поведением посетителей. Этот метод является сейчас одним из наиболее востребованных для анализа коммерческих сайтов.

Несмотря на трудоемкость анализа сайта по методу «отклонения от нормы», его можно применять для оценки совершения посетителями конкретных микроконверсионных действий (не более 3-5 таких действий).

Случайный выбор метода анализа сайта может привести не только к риску получить второстепенные данные вместо определяющих, но и в целом не позволить добиться желаемого эффекта в плане последующей оптимизации сайта.

Следует отметить, что основной задачей каждого метода анализа сайта является определение пожеланий посетителей сайта. Зная цели, с которыми посетители приходят на сайт, следует оптимизировать его так, чтобы пользователи максимально быстро и эффективно решали свои задачи на сайте. Целесообразно делать акцент на аналие потребностей посетителей сайта. В этом случае потраченные средства купаются, как лояльностью аудитории сайта, так и высокими показателями его

конверсии. Проведенные исследования были использованы при разработке электронного пособия «Практическое применение методов веб-аналитики». Разработка пособия осуществлена с применением языка гипертекстовой разметки HTML.

Выводы. В работе проведено исследование наиболее востребованных и эффективных методов веб-аналитики, таких как: метод экспертной оценки с помощью независимого специалиста, метод детального анализа статистики посещаемости сайта и наблюдения за поведением посетителей, метод «Отклонения от нормы», а также метод анализа сайта по «PET». Проведен сравнительный анализ методов, определены их основные достоинства и недостатки. На основании проведенного исследования разработаны рекомендации по использованию названных методов. Результаты работы могут быть использованы аналитиками при анализе сайта. Рекомендации по наиболее эффективному использованию методов веб-аналитики, разработанные в результате проведенного исследования, были использованы при создании электронного пособия.

Список литературы: 1. *Мелихов, Д. С.* Веб-аналитика: шаг к совершенству [Текст]: учеб. / *Д.С. Мелихов, И.И. Сарматов*. - К. : Аналитик Интеллект Сервис, 2010. - 112 с. **2.** *Мелихов, Д. С.* Анализ сайта – Справочник веб-аналитика [Текст]: учеб. / *Д. С. Мелихов, И. И. Сарматов*. - К. : Аналитик Интеллект Сервис, 2011. - 209 с. **3.** *Кошик, А*. Веб-аналитика 2.0 на практике. Тонкости и лучшие методики [Текст] / *А. Кошик* - М. : Вильямс, 2012. - 238 с. **4.** *Яковлев, А*. Веб-аналитика. Основы, секреты, трюки [Текст] / *А. Яковлев, А. Довжиков*. – С-П. : БХВ-Петербург, 2010. - 266 с. **5.** *Гусев, В. С*. Аналитика веб-сайтов. Использование аналитических инструментов для продвижения в Интернете [Текст] / *В. С. Гусев*. - К. : Диалектика, Вильямс, 2008. - 176 с. **6.** *Мелихов, Д. С.* Тестирование веб-сайтов [Электронный ресурс] / iXBT – Режим доступа: \www/ URL: http://cdn.spybox.com.ua/blog/testirovanie-web-saytov-osobennosti-i-priemy.htm – 22.05.2013 г. – Загл. с экрана. **7.** *Клифтон, Б*. Google Analytics. Профессиональный анализ посещаемости веб-сайтов [Текст] / *Б. Клифтон*. - М. : Вильямс, 2009. - 400 с.**8.** *Клифтон, Б*. Web-аналитика для профессионалов[Текст] / *Б. Клифтон*. - М. : Вильямс, 2013. - 608 с. **9.** *Кошик, А*. Веб-аналитика. Анализ информации о посетителях веб-сайтов [Текст] / *А. Кошик* - М. : Вильямс, 2011. - 315 с.

Поступила в редколлегию 20.11.2013

УДК 004.9

Исследование и практическая реализация методов веб-аналитики/ Егорова И. Н., Истомина А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.90-94 . – Бібліогр.: 9 назв.

Стрімкий розвиток інтернет-технологій, необхідність підвищення конкурентоспроможності веб-ресурсу і досягнення комерційного успіху вимагає використання найбільш ефективних методів просування та оптимізації веб-сайтів. Веб-аналітика має інструменти аналізу та просування сайтів. Стаття присвячена дослідженню сучасних методів Веб-аналітики та розробці рекомендацій щодо їх ефективного використання.

Ключові слова: веб-аналітика, експертна оцінка, відвідуваність веб-сайту, метод «Відхилення від норми», метод «PET».

The rapid development of Internet technology, the need to improve the competitiveness of the web resource and achieve commercial success requires the use of the most effective methods of promoting and optimizing websites. Web analytics has the tools of analysis and site promotion. The article is devoted to the study of modern methods of web analytics and the development of recommendations for their effective use.

Keywords: Web analytics, expert evaluation, attendance website, the method of "Abnormal", the method of «RAT».

УДК 005.8:005.41

В. В. ГОЦ, аспирант, КНУБА, Киев

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЕВЕЛОПЕРСКОГО ПРОЕКТА

Рассмотрены особенности построения информационной среды девелоперских проектов. Сформулированная задача повышения эффективности девелопмента на основе разработки ориентированных на условия Украины методов, моделей и структур. Предложена объектная и процедурная структуры этой среды и представлены ее характеристики.

Ключевые слова: девелопмент, девелоперские проекты, управление проектами, информационная среда, управление информацией

Введение. Становление рыночной экономики в Украине пробудило к жизни многие инициативы, связанные с формированием и увеличением капитала предпринимателей. Давно известно, что одной из наиболее доходных и стабильных сфер деятельности является недвижимость. Создание, эксплуатация, продажа или сдача в аренду объектов недвижимости – это выгодный бизнес как в развитых, так и в развивающихся странах. Поэтому значительный интерес в Украине в последнее время к девелопменту [1].

Девелоперские проекты характеризуются сложностью и неопределенностью, значительной зависимостью от динамического окружения, включающего социально-экономические, политические, финансово-экономические, законодательные влияния как государства, так и конкурирующих предприятий, а также партнеров по бизнесу [1]. И они не могут быть успешны без качественной информации. Веление времени - найти научные способы управления информацией с целью создания эффективных систем управления девелоперскими проектами.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам управления девелоперскими проектами уделялось значительное внимание в проектном менеджменте [1 - 5]. Разработан научно-методический инструментарий управления проектами в условиях неопределенности [6 - 8]. Кроме того, в исследованиях значительное место уделяется вопросам управления информацией по жизненным циклам проектов [9 - 11]. Но возникает проблема интеграции подходов и разработки новых методов и моделей управления информацией именно в девелоперских проектах.

Нерешенная ранее часть проблемы. Как показал анализ, основные исследования направлены на создание инструментов управления проектами в условиях полной информации или в условиях неопределенности. Но, во-первых, они слабо учитывают специфику девелопмента. Во-вторых - не направлены на вопросы управления информацией в девелоперских проектах, в том числе на создание релевантной информационной среды девелоперских проектов. Таким образом, возникает научная задача создания методов, моделей и средств систем управления информационной средой девелоперских проектов, подходящих для практической реализации в украинских девелоперских компаниях.

Постановка задания. Для эффективного управления девелоперскими проектами необходимо создать научно-методологический базис таких форм и методов управления информационной средой этих проектов, которые могут

© В. В. ГОЦ, 2013

применяться в динамическом окружении и условиях неопределенности, продуцируемой социально-политической, экономической ситуацией в Украине, отсутствием необходимого количества профессиональных проектных менеджеров, слабой подготовленностью информационной инфраструктуры и т.д. Это позволит создавать эффективные системы управления девелоперскими проектами, которые будут обеспечивать удовлетворение жестких требований инвесторов к временным и стоимостным параметрам этих проектов их качеству в условиях неопределенности и динамическом окружении. Достижение таких результатов возможно через разработку оригинальных научно обоснованных организационных форм, методологии и техники управления информационной средой девелоперских проектов. В данной статье предлагается новая структура информационной среды девелоперского проекта, которая может стать основой для дальнейших исследований и разработки методов управления этой средой.

Основной материал исследований. Особенностью украинского девелопмента есть то, что большинство собственников и топ-менеджеров так спешат реализовать проект, что делают это при отсутствии даже минимума информации о проекте, при неполной рабочей документации, не заключенных договорах и т.д. Все это создает значительную неопределенность и приводит к многочисленным изменениям в проекте.

Анализ показывает, что существующие модели и методы не позволяют эффективно управлять мягкие компонентом девелоперских проектов. Эта задача исследования вызвана отсутствием в настоящее время стандартов управления информацией девелоперских проектов в процессе создания объектов недвижимости в динамическом, трудно прогнозируемом окружении. В результате, подходы к получению информации в девелоперских проектах ориентированы на стандартные методы и модели, разрабатываемые в сфере информационных технологий. А они слабо применимы в таких сложных проектах, какими являются девелоперские проекты, к тому же реализуемые в сложных социально-политических и финансово-экономических условиях Украины.

Для устранения этого недостатка необходимо применение новых методов управления информацией девелоперских проектов. Методов, которые позволят создавать релевантную информационную среду проекта, для эффективного управления девелоперским проектом. Тогда их примут на вооружение собственники и топ-менеджеры проектов. По сути, есть необходимость в создании некоторой надстройки над этими технологиями в виде системы управления информационной средой девелоперских проектов.

Для создания эффективной системы управления проектами необходимо формализовать процесс принятия решений на всем пути информации: от внешнего окружения к пониманию менеджеров, что и когда им надо делать. При этом необходимо решить ряд системотехнических вопросов [9-10]. Ведь реализация любого замысла, в том числе и по оптимизации процессов управления информацией, должна рассматриваться сразу на всех этапах жизненных циклов этого замысла. Таким образом, учитывая все это, можно сказать, что есть большая область деятельности по совершенствованию процессов управления девелопментом через совершенствование процессов управления информацией проектов.

Традиционно, управление информацией в девелоперских компаниях и проектах – процесс, который базируется на знаниях специалистов по информационным

технология, а не проектных менеджеров – специалистов, понимающих потребности проекта. Это усложняет и удлиняет процессы создания систем управления проектами, что в свою очередь приводит к потерям в проектах. Это объясняется причинами:

1. Руководители проектов, являющиеся профессиональными проектными менеджерами, заняты «своими» проектами, а не проблемами управления информационной средой проектов. Они руководят формированием продуктов проектов, а не созданием системы управления, в основе которой своевременная и полная информация о проекте.

2. Отсутствием опыта профессионального управления информацией в проектах.

3. Неполнотой, неточностью, несвоевременностью поступления информации из различных источников.

С другой стороны, существование регламентированных источников информации в девелоперских проектах позволяет стандартизировать подходы к управлению информационной средой. Для этого необходимо отклониться от традиционной схемы реализации информационных технологий как совокупности методов и средств преобразования информации от вида информационного ресурса к виду информационного продукта, а рассмотреть вопросы управления информационной средой девелоперского проекта как управления и объектами, и процессами [10]. Исходя из этого, предлагается 4-х уровневая модель информационной среды девелоперского проекта: это уровни знаний, информационного продукта, информационного ресурса и информационного окружения. Разработав детальную модель информационной среды, можно ответить на вопрос – какая система управления информационной средой нужна девелоперской компании, сформулировать критерии, цели и структуру такой системы и разработать рациональные процессы наполнения этой среды. Пусть

1. $I^{o} = \{i_1^{o}, i_2^{o}, \ldots, i_{n_o}^{o}, \ldots\}$ – информационное окружение девелоперского проекта. Это информация, хранящаяся в разнообразных источниках принадлежащих организациям и людям, относящимися к окружению проекта. Это могут быть различные нормативные и ведомственные документы, требования контролирующих и обеспечивающих органов, архивы и интернет-среда и т.д. Будем считать множество открытым, поскольку рамки этого окружения очертить невозможно.

2. $I^{r} = \{i_1^{r}, i_2^{r}, \ldots, i_{n_r}^{r}\}$ – информационный ресурс девелоперского проекта. Это нормативы, проектно-сметная и конструкторско-технологическая документация, ведомственные решения, методики и т.д. Источником информационного ресурса является информационное окружение девелоперской компании и знания специалистов, формирующих информационный ресурс, а также профессиональная деятельность специалистов и менеджеров заинтересованных сторон проекта, направленная на формирование необходимой для девелоперского проекта информации.

3. $I^{n} = \{i_1^{n}, i_2^{n}, \ldots, i_{n_n}^{n}\}$ – информационный продукт девелоперского проекта (информация используется в процессе принятия решений менеджерами и специалистами). Источником информационного продукта является информационный ресурс девелоперской компании и знания специалистов, формирующих информационный продукт.

4. $I^з = \{i_1^з, i_2^з, \ldots, i_{n_з}^з\}$ — знания менеджеров и специалистов, относящиеся к профессиональной деятельности в сфере управления девелоперским проектом. Источниками знаний является процесс подготовки менеджеров и специалистов (их учеба), опыт, накопленный в этом и других проектах, информационный продукт проекта.

Развитие информационной среды возможно только в том случае, если в ней постоянно реализуются разнообразные процедуры преобразования информации от вида информационного окружения к виду информационного ресурса, от вида информационного ресурса к виду информационного продукта и, наконец, от вида информационного продукта в знания специалистов и менеджеров. Введем обозначения

1. F_o^r — процедуры преобразования информационного окружения в информационный ресурс девелоперского проекта.

2. $F_г^п$ — процедуры преобразования информационного ресурса в информационный продукт.

3. $F_п^з$ — процедуры преобразования информационного продукта в знания.

Все процедуры преобразования информации являются элементом системы управления информационной средой девелоперського проекта:

$F = F_o^r \cup F_r^п \cup F_п^з$ – процедуры управления информационной средой девелоперского проекта (ПУИС ДП).

Теперь можно записать:

$S = I^o \cup I^r \cup I^п \cup I^з \cup F_o^r \cup F_r^п \cup F_п^з$ – информационная среда девелоперского проекта, в которой реализованы преобразования

$$I^o \xrightarrow{F_o^r} I^п;$$

$$I^r \xrightarrow{F_г^п} I^п;$$

$$I^п \xrightarrow{F_п^з} I^з.$$

Теперь необходимо с позиций методологии управления проектами для каждого типа преобразования информации (информационных процедур) девелоперских проектов разработать технологический стандарт управления информационной средой. В этом разрезе для успешной деятельности на отечественном рынке каждая девелоперская компания должна создавать системы управления информационной средой, характеризующиеся:

В разрезе организационного компонента:

- эффективным управлением технологией переработки информации;
- участием компетентных специалистов;
- наличием системы постоянного обучения и контроля за профессиональным уровнем членов команд проектов;
- использовать мировую практику проектного менеджмента;
- централизацией в функциях управления информацией в проектах - центр (офис) управления проектами;
- центры (офисы) управления проектами должны стать основным звеном в управлении информационной средой девелоперских проектов.

В разрезе функционального компонента:

- стандартом управления информационной средой девелоперских проектов;
- постоянным усовершенствованием процессов управления информацией девелоперских проектов;
- системой управления документооборотом, которая позволит доводить нужную информацию до менеджеров и специалистов проектов.

В разрезе технологического компонента МСУП:

- информационной технологией управления информационной средой девелоперских проектов;
- системой информационной поддержки девелоперских проектов, которая позволит выделять из среды функционирования и своевременно, и в полном объеме отражать в информационной среде информацию о реализованных действиях по проектам;
- системой информационного взаимодействия в девелоперских проектах, позволяющую вести и усовершенствовать формализованный информационный обмен между участниками управления проектами.

Реализация приведенных функций возлагается на систему управления информационной средой девелоперских проектов и обеспечивает создание системы управления проектами в процессе реализации инвестиционных проектов девелоперской компании.

Выводы. Сформулирована задача повышения эффективности девелопмента на основе разработки ориентированных на условия Украины методов, моделей и структур управления информационной средой девелоперских проектов. Показано, что сложившаяся в девелопменте ситуация требует построения систем управления проектами, способных своевременно и эффективно использовать информационный ресурс во всех процессах управления. Необходимы новые подходы, новые взгляды, новые методы управления информационной средой, методы, которые могут эффективно применяться в соответствии с теми требованиями, которые сегодня предъявляются к девелопменту. И данная статья предлагает такой подход.

Выделены основные направления развития, состав и современные теоретико-методические концепции построения систем управления информационной средой девелоперских проектов. Следующим шагом исследования является переход к созданию моделей, методов, стандартов и технологии управления информационной средой. Этому будут посвящены последующие работы автора.

Список литературы: **1.** *Мгбере Чинви Обари.* Стратегия управления проектом в условиях неопределенности на примере проекта девелопмента недвижимости [Текст] / *Обари Чинви Мгбере* // Тези доповіді на V міжнародній конференції «Управління проектами в розвитку суспільства», Київ. 2008. - С.129-130 **2.** *Лисицин, А. Б.* Как планировать девелоперские проекты в условиях кризиса? [Текст] / *А. Б. Лисицин* // Тези доповіді на другій міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні і моделюючі технології» (ІМТ-2009),м.Черкаси, 21-24 травня - 2009. - С.36-38. **3.** *Мазур, И. И.* Девелопмент [Текст] / *И. И. Мазур, В. Д. Шапиро, Н. Г. Ольдерогге* // - М.: Экономика,2004. - 521 с. **4.** *Меркушева, І. В.* Структура інформаційних взаємодій в системах розподіленого управління проектами [Текст] / *І. В. Меркушева, Н. Ю. Тесля* // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2011. – №6. – С.47-49. **5.** *Рач, В. А.* Категорійний апарат проекту девелопменту нерухомості [Текст] / *Валентин Рач, Олена Шарова* // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 2 (26). – С.40-50. **6.** *Назаренко, А.* Проджект-менеджмент в недвижимости: теорема или аксиома? [Текст] /*А. Назаренко, Р. Колесник* // Commercial Property, №11(15), ноябрь 2004. - С.28-38. 7. *Бушуева, Н. С.* Проактивное управление

проектами организационного развития в условиях неопределенности [Текст] / *Н. С. Бушуева* // Управління проектами та розвиток виробництва. - 2007. - № 2 (22). - С.17 - 27. **8.** *Монзеес, Р.* Менеджмент проектов в строительстве [Текст] / Р. Монзеес, А. Ребман, А. П. Масенко // - Брауншвайг (ФРГ), TWA, 1994. – 212с. **9.** *Мгбере Чинви Обари.* Мобильные системы управления девелоперскими проектами / *Обари Чинви Мгбере* // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – №3/5(45). – С.56-60. **10.** *Тесля, Ю. Н.* Имитационно-информационные модели в задачах управления строительством сложных энергетических объектов [Текст] / *Ю. Н. Тесля* // Вісник ЧІТІ, 1999. - №1.- С. 88-93. **11.** *Тесля, Ю. Н.* Інформаційна технологія управління проектами на базі ERPP (enterprise resources planning in project) та APE (administrated projects of the enterprise) систем [Текст] / *Ю. М. Тесля, А. О. Білощицький, Н. Ю. Тесля* // Управління розвитком складних систем : зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2010. – Вип. 1. – С. 16 20.

Поступила в редколлегию 15.11.2013

УДК 005.8:005.41

Структура информационной среды девелоперского проекта/ В. В. Гоц // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.95-100 . – Бібліогр.: 11 назв.

Розглянуті особливості побудови інформаційного середовища девелоперських проектів. Сформульована задача підвищення ефективності девелоперських проектів на основі розробки орієнтованих на умови України методів, моделей і структур. Запропоновано об'єктна і процедурна структури цього середовища і представлені її характеристики.

Ключові слова: девелопмент, девелоперські проекти, управління проектами, інформаційне середовище, управління інформацією

The features of construction of informative environment of projects development are considered. The problem of increasing the effectiveness of development projects through the development of targeted conditions Ukraine methods, models and frameworks. The objective and procedural structures of this environment are offered and its descriptions are presented.

Keywords: development, development projects, project management, information environment, information management

УДК 004.05:616.831

Т. В. ЖЕМЧУЖКИНА, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харьков;
Т. В. НОСОВА, канд. техн. наук, доц., в. н. с., ХНУРЭ, Харьков;
О. В. ШАРОВСКАЯ, студентка, ХНУРЭ, Харьков

МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ГРУППЫ РИСКА ИНСУЛЬТА

Данная статья посвящена вопросам разработки медицинской информационной системы для сбора, хранения, обработки и анализа данных пациентов группы риска инсульта как универсального «инструмента» для накопления, хранения и, анализа всех сведений об обращении пациента за медицинской помощью, а также прогнозирования вероятности возникновения инсульта. Разрабатываемая система может использоваться в различных медицинских учреждениях.

Ключевые слова: инсульт, медицинская информационная система, электронная медицинская запись, электронная цифровая подпись.

Введение. Инсульт – остро развивающееся нарушение мозгового кровообращения, сопровождающееся повреждением ткани мозга и расстройством его функций. Выделяют два основных вида инсульта: геморрагический (разрыв стенок сосудов головного мозга) и ишемический (закупорка сосудов головного

© Т. В. ЖЕМЧУЖКИНА, Т. В. НОСОВА, О. В. ШАРОВСКАЯ, 2013

мозга) [1 – 8]. Для наблюдения за развитием заболевания была разработана электронная медицинская запись для группы риска развития инсульта [9], которая может быть положена в основу медицинской информационной системы.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В настоящее время существует несколько экспертных систем прогнозирования инсульта. К ним относятся: компьютерная комплексная система прогнозирования острых сосудистых катастроф «*WILLIZ*» и экспертная система прогнозирования инсультов (ЭСПИН).

Система прогнозирования острых мозговых инцидентов «*WILLIZ*» состоит из следующих главных частей:

- модуль прогнозирования;
- модуль анализа и вывода результата и выдачи рекомендаций;
- модуль обработки базы данных о пациентах, включающий в себя все необходимые сервисные функции – ввод, редактирование, поиск, просмотр, удаление и др. [10].

Экспертная система прогнозирования инсультов основана на стандартных апробированных в течение многих лет методиках, выработанных многолетними исследованиями. ЭСПИН учитывает корригируемые (например, курение, питание) и некоррегируемые (например, возраст, пол, анамнез) факторы прогноза при помощи разработанного опросника и на основании заложенного в нее алгоритма подсчитывает вероятность развития сосудистой катастрофы. ЭСПИН рассчитывает вероятность возникновения как геморрагического, ишемического, так и смешанного инсультов [11].

Недостатком рассмотренных систем является сложный интерфейс, затрудняющий работу с ними. Кроме того, эти системы используют программные средства, требующие приобретения лицензии (язык программирования Delphi, системы управления базами данных Oracle).

Цель и задачи разработки. Разрабатываемая медицинская информационная система должна обеспечить быстрый и удобный сбор данных о пациенте, просмотр и редактирование данных, собранных ранее, быстрый и точный расчет вероятности попадания пациента в группу риска развития инсульта. Для выполнения поставленной задачи необходимо разработать информационную технологию, на основе которой будет функционировать разрабатываемая МИС.

Как известно, медицинская информационная система – комплексная автоматизированная информационная система, в которой объединены электронные медицинские записи о пациентах, данные медицинских исследований в цифровой форме, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация [12, 13]. В основу разрабатываемой МИС положена электронная медицинская запись группы риска развития инсульта [9].

Структурная схема информационной технологии, применяемой для функционирования электронной медицинской записи, представлена на рис. 1.

Информационная технология состоит из нескольких этапов.

- этап 1 – сбор информации о пациенте. На этом этапе производится ввод паспортных данных пациента (ФИО, адрес, пол, и т.д.), его антропометрические параметры (рост, вес), клиническая информация (ответы на вопросы опросника). После ввода информации осуществляется подготовка данных к записи, то есть осуществляется проверка корректности введенных данных. Удаляются лишние

пробелы, фиксируется заполненность всех обязательных полей. В случае, если обязательные поля не заполнены или заполнены не полностью, программа сообщает врачу об ошибке и предлагает ее исправить. После подготовки данных к записи формируется их защита.

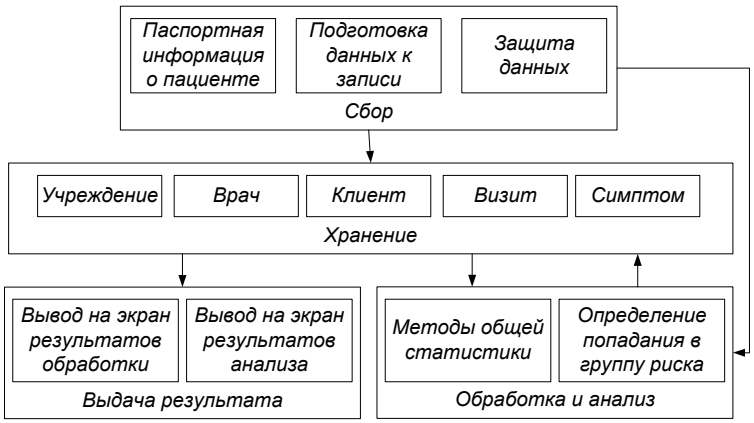


Рис. 1. Структурная схема информационной технологии

Формирование защиты данных на начальном этапе сбора информации о пациенте обусловлено законом Украины «О защите персональных данных». Защита персональных данных пациента осуществляется с помощью электронной цифровой подписи (ЭЦП).

Электронная цифровая подпись – это реквизит электронного документа, предназначенный для удостоверения источника данных и защиты данного электронного документа от подделки.

Электронная цифровая подпись представляет собой последовательность символов, полученную в результате криптографического преобразования электронных данных.

Электронная цифровая подпись позволяет:

- значительно сократить время движения документов в процессе оформления отчетов и обмена документацией;
- организовать защищенный, надежный и юридически значимый электронный документооборот, ведение деловой переписки;
- оформлять в интерактивном режиме любые сделки и быстрый заказ услуг, требующих присутствие или нотариальное удостоверение копий документов;
- электронная цифровая подпись позволяет заменить при безбумажном документообороте традиционную печать и подпись.

Технология применения системы ЭЦП предполагает наличие сети абонентов, посылающих друг другу подписанные электронные документы. Для каждого абонента генерируется пара ключей: секретный и открытый. Секретный ключ хранится абонентом в тайне и используется им для формирования электронной цифровой подписи. Открытый ключ известен всем другим пользователям и предназначен для проверки ЭЦП получателем подписанного электронного документа. Таким образом, открытый ключ является необходимым инструментом, позволяющим проверить подлинность электронного документа и автора подписи. Открытый ключ не позволяет вычислить секретный ключ.

Электронная цифровая подпись разрабатывается на государственном стандарте ДСТУ 4145-2002 [14].

Дополнительным средством для защиты персональных данных пациента является разграничение прав доступа медицинского персонала к данным, хранящимся в конкретной электронной медицинской записи.

Доступ к электронной медицинской записи планируется сделать четырехуровневым. То есть, будет существовать четыре категории пользователей,

имеющих доступ к конкретной ЭМЗ:

- администратор системы – пользователь, обладающий правами на все, что есть в ЭМЗ;

- врач – лечащий врач, имеющий полный доступ к электронной медицинской записи пациента, которого он наблюдает. Имеет возможность изменять данные в ЭМЗ;

- пациент – пользователь, которому принадлежит ЭМЗ. Пациент может просматривать данные, занесенные в ЭМЗ, однако не может вносить в нее изменения;

- лаборант – группа пользователей, которая может просматривать ЭМЗ, однако не может вносить в нее изменения.

После сбора информации она сохраняется в блоке хранения информации.

- этап 2 – обработка и анализ. Обработка данных осуществляется с помощью методов общей статистики, после чего определяется вероятность попадания пациента в группу риска.

- этап 3 – формирование отчета. После выполнения обработки данных и ее анализа происходит формирование отчета, в который включаются результаты обработки и анализа.

На основании перечисленных выше этапов информационной технологии функционирует медицинская информационная система (МИС), в основу которой положена разработанная электронная медицинская запись для группы риска инсульта [9].

Разработка медицинской информационной системы. На рис. 2 представлена структурная схема медицинской информационной системы.

Биологический модуль представляет собой взаимодействие врача и пациента.

Технический модуль включает в себя:

- блок ввода информации, который представляет собой аппаратную часть персонального компьютера (клавиатура, мышка);

- блок интерфейса пользователя, который представляет собой разработанный программный продукт. С его помощью осуществляются запросы и выполнения основных команд;

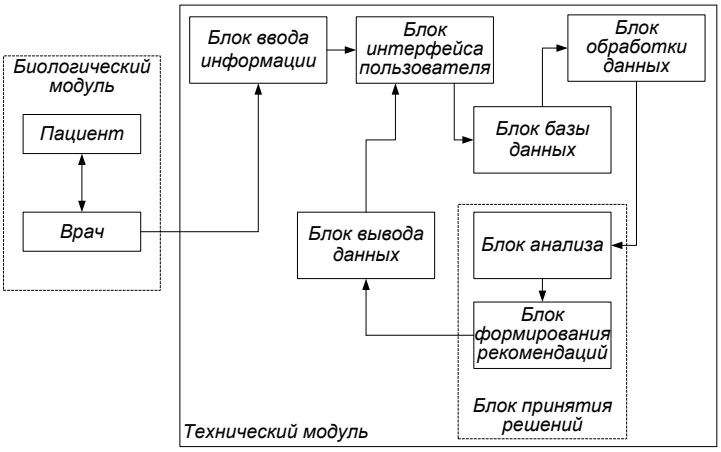


Рис. 2. - Структурная схема МИС

- блок базы данных, где хранится информация, ранее полученная врачом от пациента, и результаты блока обработки данных;

- блок обработки данных, в котором производится подготовка данных для последующего анализа;

- блок анализа данных, который производит математическое определение попадания пациента в группу риска инсульта;

- блок формирования рекомендаций, в котором на основании результатов анализа формируются результат обработки данных и дальнейшие рекомендации;

- блок вывода данных, в котором на экран монитора персонального компьютера в блоке «Интерфейс пользователя» выводятся результат анализа данных и сформулированные рекомендации.

Разрабатываемая медицинская информационная система функционирует следующим образом. Информация о пациенте поступает в систему при непосредственном контакте пациента с врачом. Врач с помощью блоков ввода информации и интерфейса пользователя вводит полученные данные от пациента и сохраняет их в базе данных. С помощью блока «интерфейс пользователя» врач извлекает сохраненную запись из базы данных и с помощью блоков обработки и анализа данных производит расчет вероятности попадания пациента в группу риска развития инсульта. На основе анализа обработанных данных происходит формирование рекомендации, которая выводится на экран с помощью блока вывода данных. Блок вывода данных отображает результат анализа данных (процентное соотношение попадания пациента в группу риска инсульта). После выдачи данных на экран врач может при необходимости преобразовать сформированный отчет в текстовый документ.

Выводы. Разрабатываемая медицинская информационная система позволит обеспечить быстрый сбор данных о пациенте, просмотр и редактирование собранных ранее данных, расчет вероятности попадания пациента в группу риска развития инсульта.

Медицинская информационная система для сбора, хранения, обработки и анализа данных пациентов группы риска инсульта может быть использована в медицинских, санаторно-курортных учреждениях и учреждениях спортивной медицины. Перспективой работы является разработка опросника, посвященного анализу вероятности спинального инсульта, и добавление его в МИС.

Список литературы: **1**. *Выленський, Б. С.* Инсульты [Текст] / *Б. С. Выленський*.– Санкт-Петербург: Медицинское информационное агентство; 1995. – 288 с. **2.** *Wolfe, C. D. A.* The impact of stroke [Текст] / *C. D. A. Wolfe* // Brit. Med Bull. – 2000. – Vol. 56, № 2. – P. 275–286. **3.** *Ferro, J. M.* Brain embolism. Answers to practical questions [Текст] / *J. M. Ferro* // J. of Neurology. – 2003. – Vol. 250, № 2. – P. 139–147. **4.** *Vila, N.* Levels of antiinflamafory cytocines and neurological worsening in acute ischemic stroke [Текст] / *N. Vila, J. Castillo, A. Davalos* // Stroke. – 2003. – Vol. 34, № 3. – P. 571–575. **5.** *Steiner, T.* Treatment spontaneous intracerebral hemorrhage [Текст] / *T. Steiner, N. G. Wahlgren, N. Ahmed*; Update on stroke therapy 2002–2003. – Stockholm, 2002. – P. 87–98. **6.** *Scott, J. F.* For the GIST Investigators Glucose potassium insulin infusions in the treatment of acute Stroke patients with mild to moderate hyperglycemia. The Glucose Insulin in Stroke Trial (GIST) Stroke [Текст] / *J. F. Scott, G. M. Robinson, I. M. French*; – 1999. – Vol. 30, № 4. – P. 793–799. **7.** *Grau, A. J.* Risk Factors, Outcome, and Treatment in Subtypes of Ischemic Stroke. [Текст] / *A. J. Grau, C. Weimar, F. Buggle* // Stroke. – 2001. – Vol. 32. – P. 2559–2566.**8.** *Коган, О. Г.* Медицинская реабилитация в неврологии и нейрохирургии. [Текст] / *О. Г. Коган, В. Л Найдин*; АМН СССР. – М.: Медицина, 1988. – 304 с. **9.** *Шаровська, О.* Розробка електронного медичного запису групи ризику інсульту / *Ольга Шаровська, Тетяна Жемчужкіна, Тетяна Носова* // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2013. – Т. 2, N 2(62). - С. 56-58. – Режим доступу : URL :http://journals.uran.ua/eejet/article/view/12358. **10.** Научный медико-биологический проект [Электронный ресурс] / Режим доступа к ст.: URL: http://williz.narod.ru/system.html **11.** Опыт становления Европейской социальной модели в контексте повышения эффективности социальной политики в России (Шифр -1.3.3) [Электронный ресурс] / Режим доступа к ст.: URL: http://vitaportal.ru/nervnye-bolezni/raschet-veroyatnosti-povtornogo-insulta.html **12.** *Назаренко Г.И.* Медицинские информационные системы: теория и практика [Текст]/ *Г.И. Назаренко, Я.И.Гулиев, Д.Е. Ермаков*. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 320 с. **13.** *Эльянов М.М.* Медицинские информационные технологии: цивилизованный рынок или «зоопарк» / *М.М. Эльянов*

// Информационные технологии в медицине - 2002: Сборник тезисов М.: ВК ВВЦ «Наука и образование», 2002. С.54-58. **14.** ДСТУ4145-2002 – Информационные технологии. Криптографическая защита информации. Цифровая подпись, основанная на эллиптических кривых. Формирование и проверка [Текст]. – Введ. 2002 - 12 - 28 Киев: держстандарт України, 2002. 44 с.

Поступила в редколлегию 15.11.2013

УДК 004.05:616.831

Медицинская информационная система диагностики группы риска инсульта / Жемчужкина Т. В., Носова Т. В., Шаровская О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.100-105 . – Бібліогр.:14 назв.

Дана стаття присвячена питанням розробки медичної інформаційної системи для збору, зберігання, обробки та аналізу даних пацієнтів групи ризику інсульту, як універсального «інструменту» для накопичення, зберігання та, аналізу всіх відомостей про звернення пацієнта за медичною допомогою, а також прогнозування вірогідності виникнення інсульту. Система, що розроблюється, може використовуватися в різних медичних установах.

Ключові слова: інсульт, медична інформаційна система, електронний медичний запис, електронний цифровий підпис.

This article is dedicated to the development of health information systems for the collection, storage, processing and analysis of data of patients at risk of stroke as a universal "tool" for the collection, storage and analysis of information on the treatment of the patient's medical care, as well as predicting the likelihood of having a stroke. The developed system can be used in a variety of health care settings.

Keywords: stroke, medical information system, electronic medical record, the digital signature.

УДК 681.5:519.24

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

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ФОРМООБРАЗОВАНИЕМ В ПРОЦЕССЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ВСТРЯХИВАЮЩЕ-ПРЕССОВОЙ ФОРМОВОЧНОЙ МАШИНЫ

В статье описано техническое решение по модернизации встряхивающе-прессовой формовочной машины путем замены узлов встряхивания и прессования импульсной камерой. Показано, как подобный подход может быть составной частью мероприятий по разработке систем автоматизации формовочного участка литейного цеха. Описано применение методов логического синтеза для разработки системы управления технологическим процессом импульсного формообразования. Реализация предложенных мероприятий обеспечивает возможность замены встряхивающе-прессового метода изготовления разовых песчаных форм современным импульсным методом и возможность автоматизации технологических процессов формовки.

Ключевые слова: логический синтез, система управления, импульсное формообразование, формовочная машина

Введение. Современное состояние оборудования литейных цехов и технологических процессов, реализуемых на данном оборудовании, таково, что зачастую не приходится говорить о высоком качестве готовой продукции – фасонных отливок для машиностроения. Поэтому на первый план должна выходить всесторонняя модернизации литейных цехов. Так как «центральным» элементом цеха является формовочное отделение, перспективными представляются задачи модернизации оборудования и совершенствования технологических процессов именно в этом отделении, тем более, что оборудование именно этих отделений в

© Д. А. ДЁМИН, 2013

основном устарело морально. Учитывая то обстоятельство, что большинство отечественных цехов, впрочем как цехов остальных государств бывшего Советского Союза, оснащено встряхивающими и встряхивающе-прессовыми машинами, а финансирование крупномасштабных проектов модернизации оставляет желать лучшего, модернизация должна предполагать возможность с наименьшими затратами переоснащать формовочные отделения цеха, например путем доработки конструкций машин в направлении повышения их производительности, обеспечения высокой точности по геометрии форм, снижения энерго- и ресурсозатрат. Все научные исследования в этой области могут считаться актуальными, так как любой из положительных результатов этих исследований, внедренный в реальной производство, позволит повышать качество продукции и конкурентные возможности отечественного промышленного производства.

Анализ литературных данных и постановка задачи исследования. Вопросами разработки новых или совершенствования существующих конструкций формовочного оборудования занимаются столько времени, сколько существует процесс формовки. Перечислить все труды в этом направлении достаточно сложно, ведь активное развитие научной мысли в направлении совершенствования технологий формообразования насчитывает без малого сто лет. Тем не менее, если ограничиться вопросами совершенствования процессов формообразования на принципах встряхивания, следует упомянуть работы [1, 2], посвященные основным тенденциям совершенствования встряхивающих формовочных машин и изменение свойств смеси в процессе уплотнения встряхиванием; работы [3, 4], посвященные всестороннему технологическому аудиту процессов уплотнения встряхиванием; работы [5, 6], посвященные моделированию процессов импульсного уплотнения форм и технологическим процессам импульсного формообразования на автоматической линии; работу [7], посвященную обзору и анализу современных вариантов производственно-технологической комплектации формовочных отделений литейных цехов.

Анализ результатов этих исследований, а также современных производственных тенденций в развитии процессов формообразования при изготовлении разовых песчаных форм, позволяет сделать вывод о массовом «увлечении» ХТС-процессами, реализуемыми, например, на автоматических формовочных линиях производства «Omega Foundry Machinery LTD» и т.п. Безусловно, использование этих технологий дает предприятию определенные преимущества, так как качество получаемого литья соответствует высоким требованиям, как по геометрии и размерной точности, так и по качеству поверхности. Выдвигая эти преимущества данных технологических процессов как серьёзный аргумент в пользу выбора именно этой альтернативы, при планировании модернизации формовочного отделения, зачастую забывают об «экологической составляющей», которая при использовании ХТС оставляет желать лучшего. Поэтому интерес может представлять импульсный процесс формообразования как обеспечивающий высокое качество отливок, так и экологически более безопасный. Данный метод формовки может быть рассмотрен также с точки зрения возможности реализации на существующих встряхивающе-прессовых машинах путем их определенной конструктивной доработки.

Общая характеристика импульсного процесса формообразования. Импульсный способ формовки основан на принципе кратковременного воздействия

давления сжатого воздуха равномерно на всю поверхность формовочной смеси, находящейся в опоке или стержневом ящике. На рис. 1 показана пресс-головка в момент формовки. Процесс изготовления форм при этом способе следующий. На специальную подмодельную плиту *5* с моделью *8* устанавливается опока *4* с наполнительной рамкой *2*, которые затем заполняются формовочной смесью. После этого опока с наполнительной рамкой плотно прижимаются к плите *1* прессующего устройства. В полость *II* подается небольшой объем воздуха под низким (0,5 – 0,6МПа) или высоким давлением, в зависимости от размеров опоки и нужной степени уплотнения.

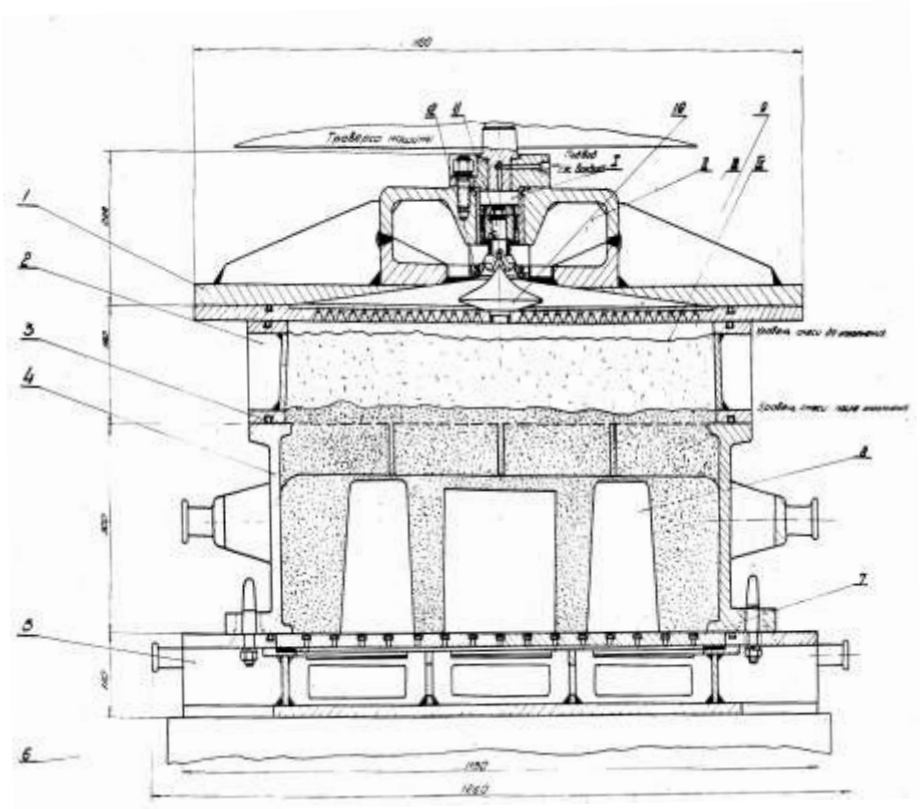


Рис.1 – Конструкция импульсной головки (по С.В. Иванову)

1 – головка пневматическая для формовки литейных форм, 2 – рамка наполнительная, 3 – уплотнение, 4 – опока, 5 – плита подмодельная, 6 – стол машины, 7 – венты, 8 – модели, 9 – рассекатель, 10 – конус рассекателя, 11 – узел клапана

В результате автоматического открывания клапана *11* сжатый воздух, находящийся в прессующем устройстве,конусом *10* равномерно распределяется в полости *III* , откуда, проходя через отверстия *9* рассекателя, равномерным импульсным давлением действует на формовочную смесь и уплотняет её. Затем отработанный воздух через поры уплотненной смеси и венты *7* подмодельной плиты уходит в атмосферу. После уплотнения стол машины *6* вместе с оснасткой опускается вниз, снимается наполнительная рамка и излишняя формовочная смесь в опоке срезается по разъему. При этом технология вспомогательных операций и литейная оснастка остаются прежними. Во избежание утечек воздуха по разъему опоки и наполнительной рамки предусмотрено уплотнение *3*.

Направление движения воздуха в сторону подмодельной плиты совпадает с направлением перемещения смеси, что способствует уплотнению. Формовочная смесь уплотняется за счет поглощения кинетической энергии воздушного потока и давления воздуха на смесь, а также кинетической энергии, которую приобретает смесь при перемещении. При оседании смеси, если встречается какое-то препятствие (например модель), то движение смеси по его контуру приостановится , в то время как на других участках смесь будет продолжать оседать и уплотняться до тех пор,

пока сопротивление ее не уравновесится давлением воздуха. Таким образом, удельное давление на всю площадь смеси останется равномерным на протяжение всего процесса уплотнения.

Воздух действует на смесь подобно эластичному телу, изменяющему свой профиль в процессе прессования, соответственно изменению профиля поверхности смеси. Отдельные объемы смеси по мере уплотнения перемещаются независимо друг от друга в область с меньшей степенью уплотнения. Поэтому процесс гарантирует равномерность уплотнения поверхности формы независимо от сложности конфигурации модели, объема и размеров опок. В результате этого контр-лад опоки получается рельефным в соответствии с расположением моделей на модельной плите

В процессе уплотнения импульсным давлением совершается работа за счет расширения небольшого объема сжатого воздуха в пределах уменьшения уплотняемого объема смеси. При этом смесь, за счет скорости расширения объема воздуха высокого давления, набирает инерцию, роль которой, как уплотняющего фактора, возрастает с увеличением высоты уплотняемого слоя смеси.

Преимуществом импульсной формовки в сравнении с распространенными технологиями встряхивания и встряхивания с подпрессовкой состоит в повышении в 3-4 раза производительности труда, а также возможности стабилизации размеров полости формы, повышении размерной и весовой точности, улучшении чистоты поверхности отливок. Как следствие этого – возможность снижения припусков на механическую обработку.

При импульсном методе плотность формировочной смеси распределяется по высоте следующим образом: высокая плотность смеси возле модельной плиты и плавное уменьшение по мере отдаления от нее. Для выравнивания плотности смеси по объему формы делают срезание верхнего слоя смеси (50-200 мм) или допрессовку. Однако, срезание иногда приводит к перерасходу формировочной смеси. При допрессовке применяют низкое давление воздуха, потому что необходимо доуплотнять только верхние слои формы. В то же время, при уплотнении больших литейных форм нужно установить прессовый механизм большой мощности. Потому при изготовлении мелких и средних литейных форм в серийном производстве рекомендуется применять импульсный метод при низком давлении воздуха со следующей допрессовкой. Совмещение этих способов обеспечивает высокую плотность возле модельной плиты (80-90 ед.), которая постепенно уменьшается при удалении от модельной плиты до 60-70 ед., что создает благоприятные условия для выхода газов при заливке металлом формы.

Импульсный метод не нуждается в высоких свойствах формировочной смеси и с его помощью можно изготавливать формы из смеси с низкой и средней прочностью.

Направление совершенствования конструкции встряхивающе-прессовой машины для реализации на ней процесса импульсной формовки. В основу положены работы, выполненные в рамках научно-исследовательского сотрудничества кафедры литейного производства Пензенского политехнического института, под руководством профессора Грачева В. А., с заводом «Дормаш» (г. Кременчуг). Цель работы – модернизация формовочной машины мод 703М, изготавливающих разовые песчаные формы методом встряхивания в последующей

подпрессовкой, в части замены узла встряхивания и узла подпрессовки импульсной камерой. В результате такой конструктивной переработки машина приобретает вид, представленный на рис. 2.

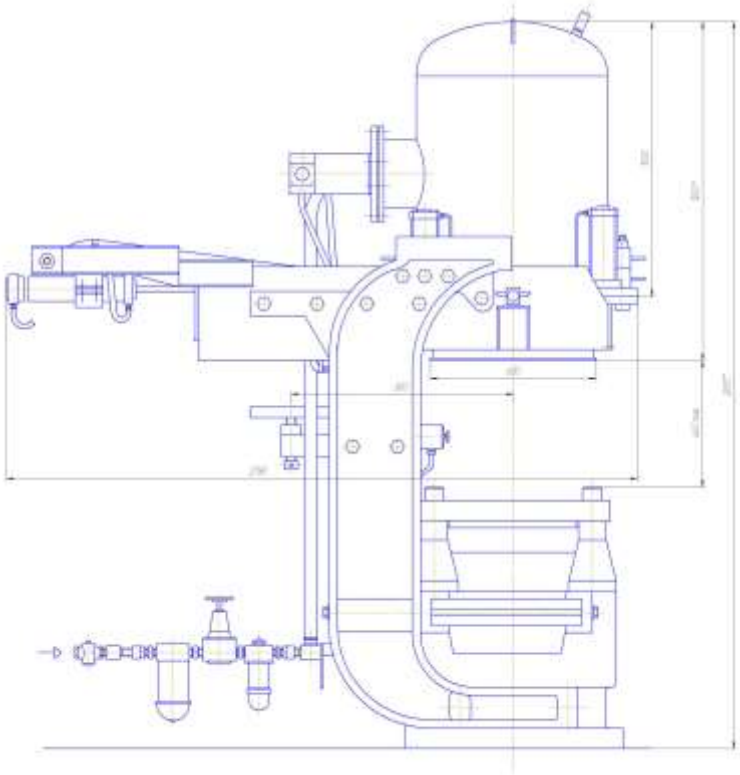


Рис. 2 – Конструкция машины импульсной формовки на основе модернизации машины встряхивающее-прессовой мод. 703М

Формировочная импульсная машина работает таким образом. Воздушную камеру (импульсную головку), предварительно закрыв клапаном выпускные отверстия, заполняют сжатым воздухом. После засыпки технологической емкости - опоки с наполнительной рамкой - формировочной смесью импульсную головку с помощью пневмоцилиндра перемещают на позицию формовки, устанавливая соосно с опокой. Пневмопривод, включающий в себя четыре пневмоцилиндра, установленных по углам плиты-опоры импульсной головки, прижимает к верхней кромке наполнительной рамки и выступа на рассекателе, герметизируя полость над формировочной смесью. Импульсное уплотнение осуществляется при открытии выпускных отверстий с помощью клапана. Воздух из воздушной камеры с большой скоростью поступает в зону над формовочной смесью и уплотняет ее. Отработанный воздух удаляется через сбрасывающий клапан или венты. По окончанию процесса уплотнения клапан перекрывает выпускные отверстия. С помощью прессового механизма, установленного в нижней части машины (узел подпрессовки машины мод.703М), поднимают технологический комплект и оставшуюся в наполнительной рамке смесь вытесняют плитой рассекателя в опоку, осуществляя доуплотнение верхних слоев формы. После допрессовки рабочий стол опускают в нижнее положение. Импульсную головку отводят на свободную позицию и осуществляют протяжку модели.

При модернизации машины мод.703М основную часть конструктивной доработки составляет модернизация привода, в качестве которого выступает пневмосистема. В машине импульсной формовки она выполняет следующие операции: осуществление процесса уплотнения формовочной смеси, перемещения и фиксации импульсной головки, герметизация полости уплотнения. Пневмооборудование системы включает в себя фильтр-влагоотделитель Ф, маслораспылитель МР, пневмоклапан КР, пневмораспределитель РП, обратный клапан КО, глушитель Г, дроссель Д и пневмоцилиндры П (рис. 3).

Принцип работы привода машины может быть описан следующим образом. Из магистрали сжатый воздух после открытия крана В поступает в фильтр-влагоотделитель Ф, где очищается от твердых частей величиной 0,05 мм, капель

воды и компрессорного масла. Дальше воздух поступает в маслораспылитель МР, где напитывается маслом. Давление воздуха регулируется пневмоклапанами КР. Пневмораспределитель Р1 в исходном положении направляет воздух в задвижку З, которая, закрываясь, подает воздух в клапан и воздушную камеру. Клапан перекрывает выпускное отверстие, воздух наполняет камеру до значений, установленных в диапазоне (0,6-0,7 МПа) и в дальнейшем постоянно поступает в неё во время работы машины и контролируется манометром Г.

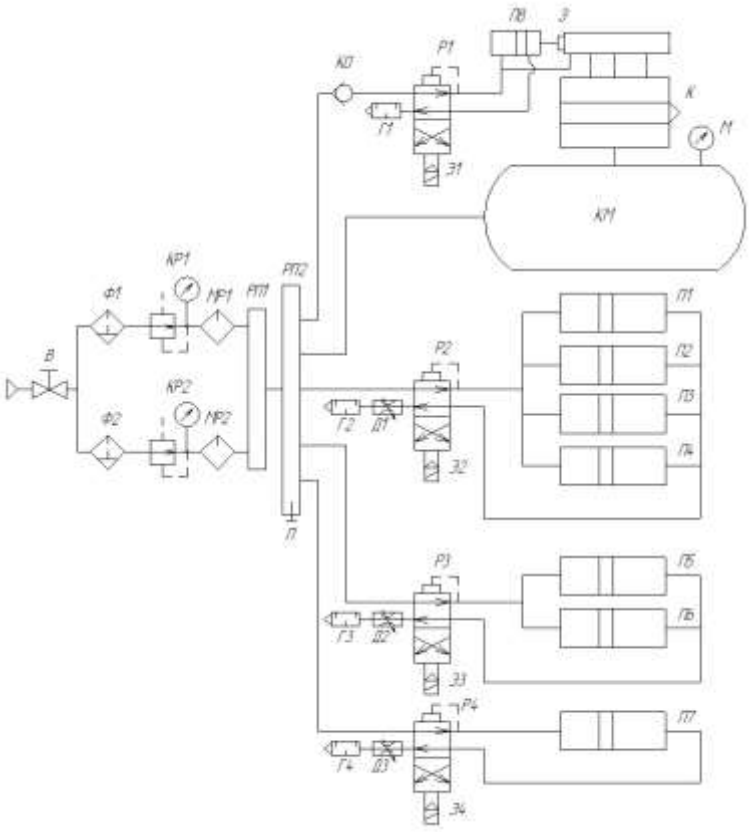


Рис. 3 – Привод машины импульсной формовки

Для установки импульсной головки на позицию уплотнения подается команда на включение электромагнита 4, золотник которого открывает доступ воздуха к пневмоцилиндру П7, перемещающему тележку в рабочее положение. Фиксация его в данном положении осуществляется включением пневмораспределителя Р3 на подачу воздуха к пневмоцилиндрам П5 и П6, которые зажимают тележку. Потом герметизируется полость уплотнения, для чего с помощью пневмораспределителя Р2 включают пневмоцилиндры П1-П4, которые опускают рамку и прижимают ее к наполнительной рамке и рассекателю. Только после выполнения этих операций можно выполнять импульсный процесс, для осуществления которого подается команда на электромагнит Э1, в результате срабатывает задвижка на выпуск воздуха из клапана К в атмосферу. Клапан открывает выпускное отверстие и сжатый воздух, проходя через рассекатель, поступает в полость над формовочной смесью и уплотняет её. Для предотвращения своевременного срабатывания клапана К в воздухопроводе к пневмораспределителю Р1 установлен обратной клапан КО. После кратковременного импульса клапан автоматически закрывает выпускное отверстие, для чего с помощью пневмораспределителя Р1 закрывают затвор З и подают сжатый воздух в клапан. Пневмоцилиндры П1 – П4, работающие на поднятие вверх прижимной рамки с целью беспрепятственного процесса прессования, переключаются пневмораспределителем Р2.

Доуплотнение литейной формы осуществляется следующим образом. С помощью трехпозиционного золотника сжатый воздух подают в прессовый цилиндр. Поршень, поднимая вверх формировочный стол с опокой, прижимает смесь, которая находится в наполняющей рамке к импульсной головке, которая рассекателем доуплотняет верхний слой формы. Переводя рукоятку золотника,

полость прессового цилиндра соединяют с атмосферой. Рабочий стол с готовой формой опускается в исходное положение.

Переключают пневмоцилиндры П5 и П6 на расклинивание тележки и импульсную головку выводят в исходное положение с помощью пневмоцилиндра П7, подавая сигнал на пневмораспределитель Р3.

Протяжку готовой полформы осуществляет поворотом золотника на подачу воздуха под поршень механизма протяжки (базовый механизм машины мод.703М), которые с помощью штифтов поднимают полуформу, модельный же комплект остается на формовочном столе.

В пневмораспределителях установлены глушители Г для снижения шума во время сброса воздуха в атмосферу. Регулирование скорости движения импульсной головки осуществляется дросселями Д1, Д2, Д3.

Пневмораспределитель, глушители, дроссели, обратной клапан устанавливаются на пневмопанели. Оборудование для подготовки и регулирования давления воздуха монтируется в специальном блоке. Управление работой машины осуществляется из пульта управления.

Логический синтез системы управления процессом изготовления форм на машине импульсной формовки. Описанные технические решения по конструктивной переработке встряхивающе-прессовой машины мод.703М касались основных узлов машины, но не касались её системы управления. Поэтому следующим этапом модернизации является проектирование системы управления с учетом того, что машина должна быть интегрирована с другим оборудованием линии, в соответствии с логикой технологического процесса изготовления форм под заливку. Такой подход позволяет говорить о возможности реализации автоматизированной системы управления технологическим процессом изготовления форм (АСУ ТП), в которой центральное место занимает система управления по пути.

При таком рассмотрении, блок-схема системы управления машиной импульсной формовки может быть выбрана в соответствии с рекомендациями [8] и должна включать в себя следующие компоненты: релейное устройство автоматического управления, релейное устройство наладочного управления, органы ручного управления, блок контроля состояния конечных выключателей, блок контроля исходного положения, блок контроля логических условий. Основой системы управления является многотактное релейное устройство – логическая схема. Выходные сигналы логической схемы воздействуют на вход привода, осуществляя переключение распределителей и перемещение рабочих органов. Контроль крайних положений рабочих органов осуществляется конечными переключателями, которые подают сигналы на входные каналы релейного устройства.

Перед входными каналами привода должны устанавливаться триггеры с раздельными входами, управляемыми сигналами от логической схемы. Использование в схеме логических элементов "ИЛИ", стоящих непосредственно перед распределителями, позволяет раздельно реализовывать автоматическое управление и наладочное управление машиной. Описанная принципиальная блок-схема системы управления представлена на рис. 4.

На рис. 5. представлен один из упрощенных возможных вариантов реализации циклограммы (не учтены операции расклинивания тележки и протяжка

полуформы) и синтезированная по известным процедурам [9 – 11] таблица включений. На рис.4 приняты следующие обозначения: *ИМ* – исполнительный механизм, *ПЦ1 – ПЦ 5* – пневмоцилиндры 1 – 5 соответственно, *ОВ* – значение основного входа, *ПС* – значения полного состояния, *y1*, *y2* – элементы памяти, u_{ij} – включающие и отключающие входы триггеров. Операции, выполняемые исполнительными механизмами: *ПЦ1* – перемещение тележки с импульсной камерой для установки её над опокой (пневмоцилиндр П7 на рис.3), *ПЦ2* – установка импульсной камеры на рабочую позицию, герметизация узла уплотнения (группа пневмоцилиндров П1 – П4 на рис. 3), *ПЦ3* – открытие клапана сброса сжатого воздуха – импульс (узел ПВ-3-К на рис. 3), *ПЦ4* – открытие шиберной заслонки для подачи формовочной смеси в опоку с наполнительной рамкой, *ПЦ5* – подпрессовка смеси. Цикл начинается с засыпки формовочной смеси в технологический комплект (опока+наполнительная рамка), импульсная камера в исходном положении отведена в крайнюю левую позицию.

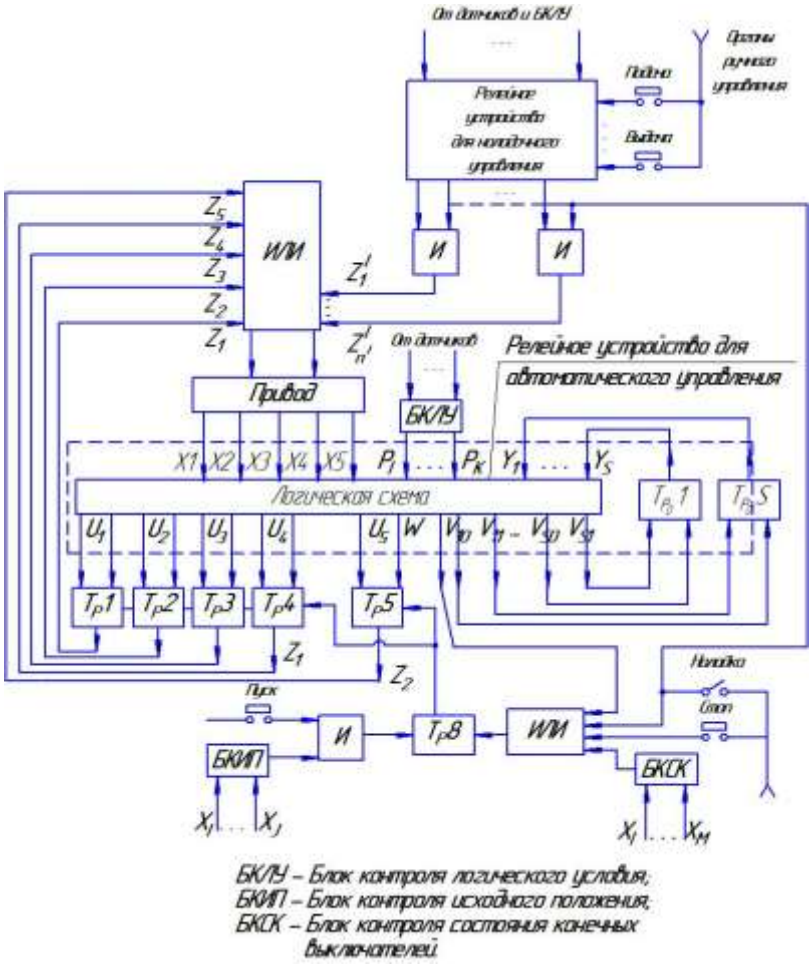


Рис. 4 – Блок-схема системы управления машиной импульсной формовки

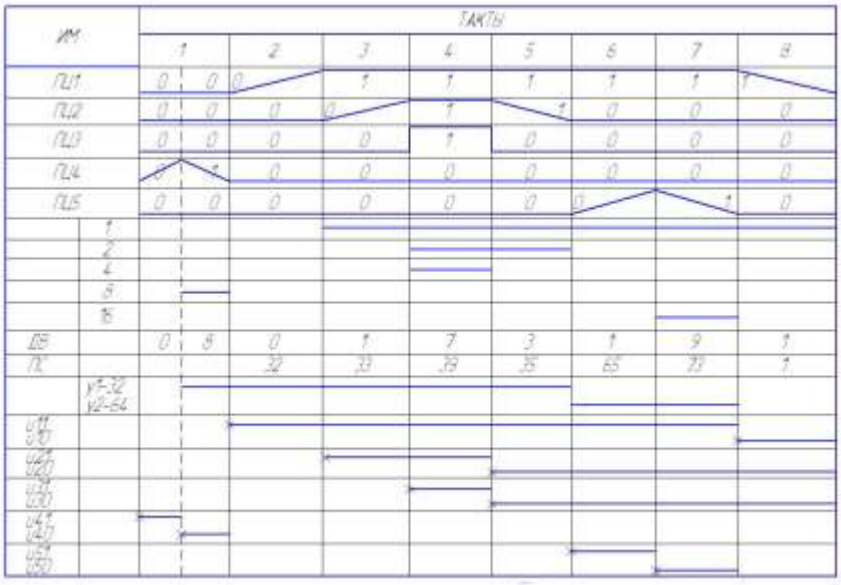


Рис. 5 – Таблица включений

Техническая реализация системы управления на пневматических логических элементах, синтезированная на основе таблицы включений, показана на рис.6.

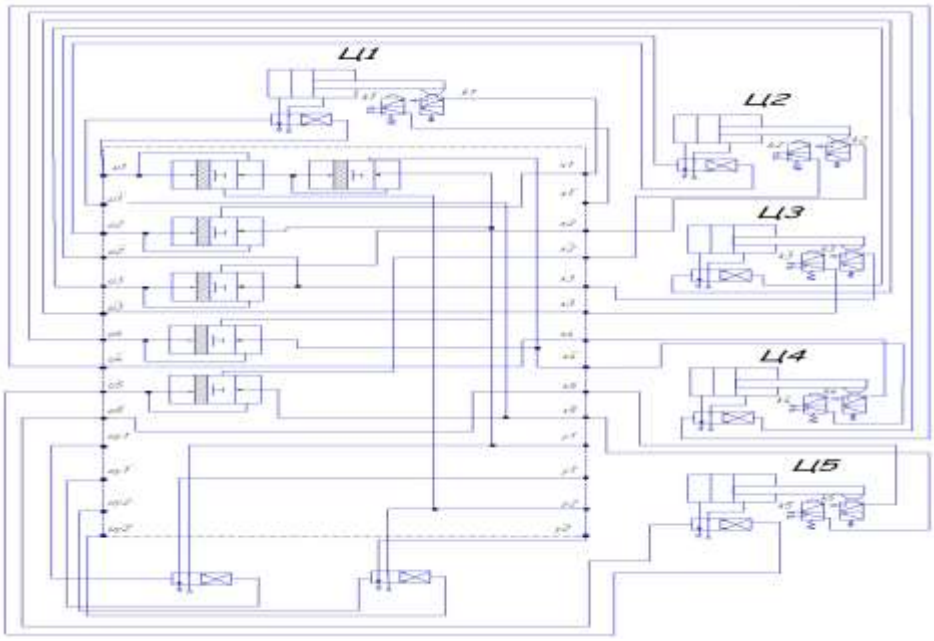


Рис.6 –Техническая реализация системы управления на пневматических логических элементах

Выводы. Предложенный комплексный поход к модернизации формовочной машины, основанный на замене встряхивающего и прессового узлов машины импульсной камерой, а также процедура синтеза системы управления процессом импульсной формовки, обеспечивают возможность реализации в существующих условиях изготовления разовых песчаных форм современного процесса формообразования при минимальных затратах на модернизацию. Это позволяет интегрировать машину в комплекс оборудования, реализующего технологические процессы на линии, и рассматривать её в качестве машины-автомата АСУ ТП литейного цеха. Внедрение описанных мероприятий по конструктивной переработке машины и синтезу её системы управления позволит получать качественные фасонные отливки для деталей машиностроения при снижении экологической опасности в формовочном отделении литейного цеха, что дает значительные преимущества по сравнению с ХТС-процессами.

Список литературы: **1.** Бойков, Е. Я. Изменение свойств смеси в процессе уплотнения встряхиванием / Е. Я. Бойков, Л. А. Израйлевич // Литейное производство. – 1968. – №6. **2.** Вербицкий, В. И. Современные тенденции совершенствования встряхивающих формовочных машин / В. И. Вербицкий, О. И. Гайн // Литейное производство. – 1983. – №3. **3.** Фролова, Л. В. Визначення резервів енергозбереження на основі технологічного аудита роботи формувальних струшуючих машин / Л. В. Фролова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2011. – № 2(2). – с. 8 – 13. **4.** Фролова, Л. В. Вибір шляхів вдосконалення конструктивних елементів формувальних струшуючих машин / Л. В. Фролова // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2012. – № 1(3). – с. 30 – 34. **5.** Маскин, А. А. Развитие представлений о механизме уплотнения форм и разработка методов моделирования и расчетов рабочих процессов формовочных машин и технологии получения форм с использованием импульса сжатого воздуха [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / А. А. Маскин. — М., 2000. — 140 с. **6.** Автоматическая формовочная линия мод. 1216-Б на основе импульсного формообразования [Электронный ресурс] / Технологический Центр. — Режим доступа : http://www.tarp.net.ua/images/stories/downloads/Obrazec-NII.pdf. – Загл. с экрана. **7.** Производственно-технологическая комплектация литейных цехов [Текст] : справочное пособие / Д.А. Дёмин, Е. Б. Дёмина, О.В. Акимов и др.; под общ. ред. Д. А. Дёмина. – 1-6 изд. – Х.:

Технологический Центр, 2012. – 320 с., ил. **8.** Семенов, В. И. Автоматика, средства и системы автоматического управления и контроля [Текст] / В. И. Семенов // М.: Москва, МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1973. – 32 с. **9.** Чернов Е.А. Проектирование станочной электроавтоматики. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с. **10.** Чикуров Н. Г. Логический синтез дискретных систем управления: Учебное пособие / Н. Г. Чикуров; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; – Уфа, 2003. – 132 с. ISBN 5-86911-432-2. **11.** Юдицкий С.А., Тагаевская А.А., Ефремова Т.К. Проектирование дискретных систем автоматики. – М.: Машиностроение, 1980. – 232 с.

Поступила в редколлегию 20.11.2013

УДК 681.5:519.24

Синтез системы управления импульсным формообразованием в процессе модернизации встряхивающе-прессовой формовочной машины/ Дёмин Д. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.105-114 . – Бібліогр.: 11назв.

У статті описано технічне рішення з модернізації струшуючо - пресової формувальної машини шляхом заміни вузлів струшування і пресування імпульсної камерою. Показано, як подібний підхід може бути складовою частиною заходів з розробки систем автоматизації формувальної дільниці ливарного цеху. Описано застосування методів логічного синтезу для розробки системи управління технологічним процесом імпульсного формоутворення. Реалізація запропонованих заходів забезпечує можливість заміни струшуючо-пресового методу виготовлення разових піщаних форм сучасним імпульсним методом і можливість автоматизації технологічних процесів формування.

Ключові слова: логічний синтез, система керування, імпульсне формоутворення, формувальна машина

The article describes the technical solution for the modernization molding machine by replacing nodes shaking and pulse compression chamber. Shows how such an approach could be part of an effort to develop automation systems forming section of the foundry. Describes the use of logic synthesis methods for system development process control pulse shaping. Implementation of the proposed activities enables replacement method of manufacturing single sand molds modern pulse method and the possibility of automation of technological processes forming.

Keywords: logic synthesis, control system, pulse shaping, molding machine

УДК 681.518.5:621.74

В. А. СИРОТЕНКО, магистр, НТУ «ХПИ»

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВУЗПОЗИЦИОННЫМ СТЕРЖНЕВЫМ АВТОМАТОМ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ В НАГРЕВАЕМОЙ ОСНАСТКЕ

В статье приведены результаты проектирования системы управления двухпозиционным стержневым автоматом для изготовления стержней по нагреваемой оснастке. Найдено оптимальное управление процессом нагрева стержневых ящиков и показано, что предложенная система может быть интегрирована в АСУ ТП на стержневом участке литейного цеха.

Ключевые слова: стержневой автомат, система управления, логический синтез.

Введение. Первостепенное значение для отечественной промышленности имеет быстрое обновление производственных фондов путем широкого внедрения передовой техники. В связи с этим необходимо сделать большой шаг в автоматизации производства с переходом цехов и предприятий к автоматам, системам автоматического управления и проектированию. В настоящее время интенсивно разрабатываются высоконадежные устройства и узлы автоматических

© В. А. СИРОТЕНКО, 2013

систем, базирующихся на бесконтактных элементах автоматики. Первостепенная задача сегодня – ускорение ввода автоматики в производство с целью повышения качества продукции и повышения производительности труда. Поэтому решение вопросов, связанных с автоматизацией производства является актуальным. Особенно это касается литейного производства, в котором вопросы автоматизации пока не нашли достаточного широкого развития в силу ряда объективных причин, в числе которых и сложность формализации процессов литейного производства.

Анализ литературных данных и постановка задачи исследования. Современное производство невозможно без разнообразных систем управления, функционирующих на технологическом уровне управления производством и систем управления различными объектами. Одним из основных компонентов названных систем управления являются программы, в которых реализуется алгоритм управления, т.е. определяются реакции системы на внешние воздействия с учетом изменяющихся внутренних состояний самой системы, что в итоге можно назвать поведением системы управления [1, 2]. Авторы данных работ отмечают, при проектировании систем управления, решающих однотипные задачи, целесообразно пользоваться эквивалентными методами, т.е. применение компонентного подхода в проектировании, когда повторно используются уже созданные и апробированные практикой компоненты системы управления, является перспективным для проектировщика.

Процесс автоматизации производств сегодня характеризуется появлением большого количества интеллектуальных устройств автоматики – это обусловлено тем, что ужесточаются требования по объему, скорости и надежности передачи данных, поэтому вопрос обеспечения коммуникаций выходят на первый план [3]. При этом следует учитывать, что построение автоматизированных систем управления (АСУ) должно обязательно учитывать необходимость удешевления и упрощения технологических процессов [4 – 7]. Отчасти это достигается за счет организации сквозного сетевого доступа. В условиях роста производства микропроцессорных устройств все большее распространение получают цифровые промышленные сети (ГВС), состоящие из большого числа узлов [8]. Особенности ЦПС - это распределенный характер узлов сети и цифровой способ обмены информацией между узлами сети. Так, в работе [9] предложена усовершенствованная методика получения показателей надежности современных компьютерно-интегрированных систем управления, использующих информационные возможности современных SCADA-систем. Методика базируется на анализе данных, получаемых в процессе работы SCADA -система. Это стало возможным за счет использования иерархического построения распределенной структуры системы управления.

Одним из эффективных путей решения комплексной задачи автоматизации является использование бесконтактных элементов рабочих органов машин. Бесконтактный привод является поводом прямого действия, в котором создан механическое движение тела - рабочего органа - не превращается и не передается другим узлам, а сразу используется для совершения полезной работы. Разработка бесконтактного привода начинается с определения его структуры. Вообще этот процесс подчинен решению комплексной задачи совершенствования машины, требует определения тех принципов и условий построения структуры, которые повышают ее эффективность и технический уровень [10]. Использование такого

привода позволяет реализовывать системы управления по пути или комбинированные системы управления. Для проектирования таких систем управления, являющихся, по сути, системами релейного управления, применяют логический синтез. Такой подход предполагает, что иногда срабатывание элементов привода происходит не только по сигналу путевых элементов автоматики, но и по сигналу датчиков, формируемых проверкой логических условий, выполнение которых обязательно в управлении данным технологическим процессом. Т.е. речь идет о системе регулирования, формирующей управляющий сигнал для привода, и являющейся неотъемлемой частью комбинированной системы управления, построенной на основе логического синтеза. Наличие такой системы предопределяет необходимость поиска оптимального управления технологическим процессом [11 – 12]. К таким системам относится и система регулирования температуры нагреваемой оснастки, используемой при изготовлении стержней в литейном производстве. Поэтому сформулированная задача исследования – синтез комбинированной системы управления процессом изготовления стержней по нагреваемой оснастке с наличием системы оптимального регулирования температуры – является актуальной.

Структурная схема и принцип работы двухпозиционного стержневого автомата. Стержневая двухпозиционная карусельная машина модели 4705 предназначена для изготовления стержней в горячих ящиках с горизонтальным разъемом. Машины такого типа можно использовать как при серийном, так и при массовом производстве стержней весом до 16 килограмм. Сущность процесса изготовления стержней в горячих ящиках заключается в том, что предварительно нагретый до температуры 250 – 350 ℃ стержневой ящик заполняется методом наддува специальной быстротвердеющий смесью, которая твердеет в течение некоторого времени, и из ящика извлекается готовый стержень. Схема автомата показана на рис.1. Стержневой двухпозиционный карусельный автомат модели 4705 состоит из основы с трубопроводами 4 , на которой крепятся две колонны 3, а на них крепятся траверсы 2. Для заполнения пескодувного резервуара стержневой смесью машина имеет питатель 1. Вибратор 14 служит для транспортировки стержневой смеси из лотка питателя в пескодувный резервуар с насадкой 6. Чтобы стержневая

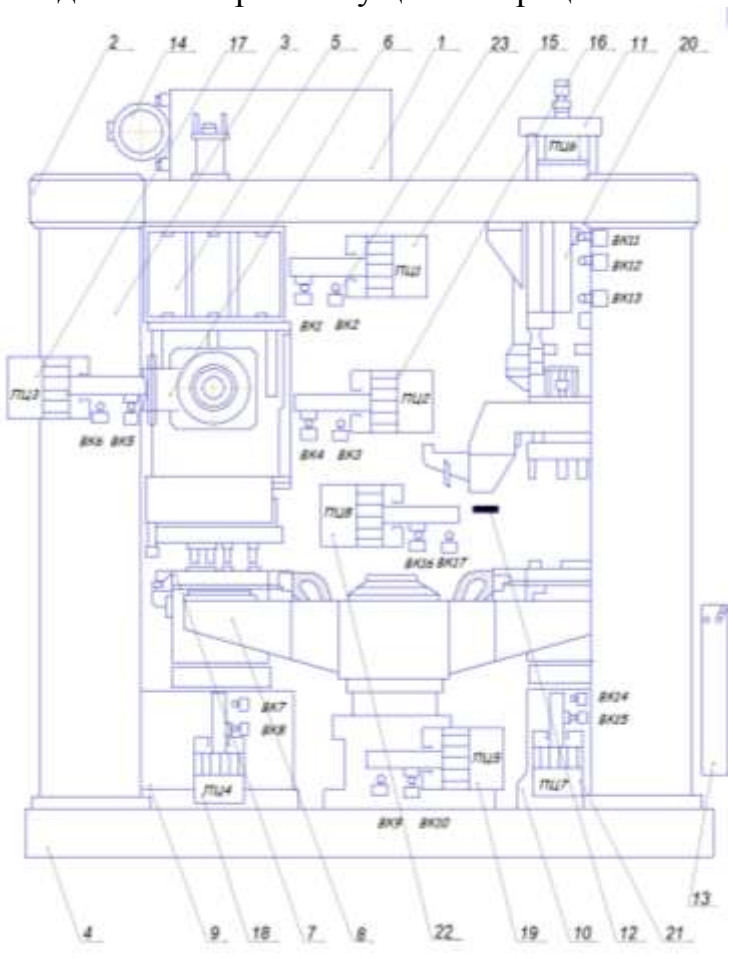


Рис.1. Схема двухпозиционного стержневого автомата

смесь в период заполнения стержневого ящика на высыпалась через верхний край пескодувного резервуара, применяется шибер 5, закрывающий резервуар.

Непосредственное формирование стержней проходит в стержневых ящиках 7, закрепленных на поворотном столе 8. Данная машина имеет два стержневых ящика с горизонтальным разъемом, нагреваемых электронагревателями, расположенными в ящиках. Поворотный стол машины служит для передвижения стержневых ящиков с позиции наддува на позицию разборки и обратно. Для прижима стержневого ящика к пескодувных резервуара есть стол прижима 9. Для разборки стержневого ящика служат механизм разборки 11 и стол протяжки 10. Стержень, извлеченный из стержневого ящика, забирается поворотной стрелой 12. Исполнительные механизмы – пневмоцилиндры 15 – 22, датчиками положения служат конечные выключатели 23. Чтобы подать машине команду на пуск или на остановку, используется пульт управления 13.

Логический синтез комбинированной системы управления процессом изготовления стержней по нагреваемой оснастке. Алгоритм работы автомата, заложенный в циклограмму, может быть описан следующим образом. В начальной позиции механизм разборки поднят, стол прижима и стол протяжки опущении, стержневой ящик находится на позиции наддува, шибер закрыт. При включении рубильника, срабатывает электромагнит управляющего золотника пневмоцилиндра шибера ПЦ1, шток которого переходит вправо и открывает шибер, при этом размыкаются контакты концевого выключателя ВК1 (x_1), а в конце хода штока замыкаются контакты конечного выключателя ВК2 (x_2). Замыкание контактов конечного выключателя ВК2 служит сигналом для включения вибратора (У1) и включения реле времени РВ1 (Р1), которое контролирует время заполнения пескодувных резервуара стержневой смесью. Когда резервуар наполнится, реле времени РВ1 дает команду на отключение вибратора (У1) и закрытия шибера. Вибратор отключается. Шток пневмоцилиндра ПЦ1 переходит налево, при этом размыкаются контакты ВК2, а в конце хода штока замыкаются ВК1. Шибер закрылся. После срабатывания реле времени РВ1 также срабатывает пневмоцилиндр стола прижима ПЦ4. Шток пневмоцилиндра движется вверх, при этом размыкаются контакты ВК8 (x_8) , а в конце хода штока замыкаются контакты ВК7 (x_7). Стержневой ящик прижимается столом прижима к пескодувному резервуару. Надув смеси в стержневой ящик происходит в течение некоторого времени, для выдержки которого предназначено реле РВ2 (Р2), которое после срабатывания включает электромагнит управляющего золотника пневмоцилиндра ПЦ2. Шток пневмоцилиндра ПЦ2 переходит налево, при этом размыкаются контакты конечного выключателя ВК4 (x_4), а в конце хода штока замыкаются контакты конечного выключателя ВК3 (x_3). После заполнения стержневого ящика смесью, реле времени РВ2 дает сигнал на отключение электромагнита пневмоцилиндра ПЦ2, при этом размыкаются контакты конечного выключателя ВК3, а в конце хода штока замыкаются контакты конечного выключателя ВК4 (x_4). Но в пескодувных резервуаре еще остается сжатый воздух, для отвода которого нужно время. Для выдержки этого времени предназначено реле РВ3 (Р3). Время, необходимое для отверждения стержня в ящике, выдерживается реле РВ4 (Р4). После включения конечного выключателя ВК4 подается сигнал на срабатывание реле РВ3 и РВ4. Срабатывание реле РВ3 дает команду на включение электромагнита управляющего золотника пневмоцилиндра ПЦ3. Шток ПЦ3 переходит влево, при этом

выключаются контакты конечного выключателя ВК5 (x_5) , а в конце хода штока включаются контакты конечного выключателя ВК6 (x_6) . Воздух выходит из пескодувных резервуара в атмосферу. По сигналу реле времени РВ3 шток пневмоцилиндра ПЦ3 возвращается в исходное положение (переходит вправо). При этом выключаются контакты конечного выключателя ВК6 и включаются контакты конечного выключателя ВК5. После этого опускается шток пневмоцилиндра стола прижима ПЦ4, выключается конечный выключатель ВК7 (x_7) и включается конечный выключатель ВК8 (x_8). Стол прижима опускается.

Когда смесь в стержневом ящике затвердела, реле времени РВ3 дает команду на включение электромагнита управляющего золотника пневмоцилиндра поворотного стола ПЦ5. При передвижении штока ПЦ5 выключается конечный выключатель ВК10 (x_{10}) и включается конечный выключатель ВК9 (x_9) . Поворотный стол передвигает стержневой ящик с позиции наддува на позицию разборки.

Включаются электромагниты управляющего золотника пневмоцилиндра механизма разборки ПЦ6 и пневмоцилиндра стола протяжки ПЦ7. Шток ПЦ6 опускается, при этом выключается конечный выключатель ВК11 (x_{11}), а в конце хода штока включается конечный выключатель ВК12 (x_{12}). Шток ПЦ7 поднимается вверх, при этом выключается конечный выключатель ВК15 (x_{15}), а в конце хода штока включается конечный выключатель ВК14 (x_{14}). Механизм разборки захватывает верхнюю половину стержневого ящика, и шток ПЦ6 поднимается вверх, выключается конечный выключатель ВК13 (x_{13}). Когда шток поднимается на 30 мм , включается конечный выключатель ВК12 (x_{12}). Механизм разборки останавливается. Срабатывает электромагнит управляющего золотника пневмоцилиндра поворотной стрелы ПЦ8. Выключается конечный выключатель ВК16 (x_{16}) при движении штока ПЦ8 и конце хода штока ПЦ8 включается конечный выключатель ВК17 (x_{17}) . Поворотная стрелка зашла под верхнюю половину стержневого ящика. Шток пневмоцилиндра ПЦ6 вновь движется вверх, при этом выключается конечный выключатель ВК12 (x_{12}). Во время подъема штока ПЦ6 включается конечный выключатель ВК11 (x_{11}) . Штока пневмоцилиндра ПЦ8 возвращается в исходное положение, при этом выключается конечный выключатель ВК17 (x_{17}), и включается конечный выключатель ВК16 (x_{16}). Поворотная стрела относит стержень. Штока пневмоцилиндра ПЦ6 опускается, выключается конечный выключатель ВК11 (x_{11}), а в конце хода штока включается конечный выключатель ВК13 (x_{13}). Механизм разборки ставит верхнюю половину стержневого ящика на нижнюю. Штока пневмоцилиндра ПЦ6 возвращается вверх, выключается конечный выключатель ВК13, и в конце хода штока включается конечный выключатель ВК11 (x_{11}) . ПЦ6 возвращается в исходное положение. В это же время возвращается в исходное положение и ПЦ7. При этом размыкаются контакты конечного выключателя ВК14 (x_{14}) и замыкаются контакты конечного выключателя ВК15 (x_{15}). Стол протяжки опускается. Штока пневмоцилиндра ПЦ5 возвращается в исходное положение, при этом размыкаются контакты концевого выключателя ВК9 (x9), и замыкаются контакты конечного выключателя ВК10 (x10) . Поворотный стол передвигает стержневой ящик с позиции разборки на позицию наддува. Цикл повторяется.

На основании циклограммы работы автомата по стандартной процедуре логического синтеза получены формулы включения, описывающие условия работы исполнительных механизмов (табл.).

Таблица – Формулы включения

Название элемента	Символ	Формула включения
Вибратор	У1	$F_{y1} = x_2 \cdot \overline{P_5}$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ1	У2	$F_{y2} = (P_8 + У_2)\overline{P_5}$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ2	У3	$F_{y3} = x_7 \cdot P_2$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ3	У4	$F_{y4} = x_4 \cdot P_3$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ4	У5	$F_{y5} = x_1(P_3 + P_2 + P_1)$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ5	У6	$F_{y6} = x_8(\overline{x_{15}} + P_6)$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ6	У7	$F_{y7} = \overline{P_4} \cdot x_9(\overline{x_{13}} + P_5)$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ7	У8	$F_{y8} = \overline{P_4} \cdot x_9(\overline{x_{13}} + P_5)$
Электромагнит пневматического цилиндра ЭПЦ8	У9	$F_{y9} = \overline{x_{11}}(x_{12} + x_{17})$
Реле времени РВ1	Р1	$F_{p1} = x_8(x_2 + P_1)$
Реле времени РВ2	Р2	$F_{p2} = \overline{x_8} \cdot \overline{x_3} \cdot \overline{P_7}$
Реле времени РВ3	Р3	$F_{p3} = x_7 \cdot x_6$
Реле времени РВ4	Р4	$F_{p4} = x_4 \cdot \overline{x_9}(P_7 + P_6)$
Реле времени РВ5	Р5	$F_{p5} = \overline{x_{12}}(P_1 + P_5)$
Реле времени РВ6	Р6	$F_{p6} = \overline{x_7} \cdot P_4$
Реле времени РВ7	Р7	$F_{p7} = \overline{P_2} \cdot x_7$
Реле времени РВ8	Р8	$F_{p8} = x_{10} \cdot \overline{x_2} \cdot \overline{P_5}$

Схема системы управления на бесконтактных элементах, синтезированная на основании формул включения табл. , показана на рис. 2.

Для синтеза оптимального регулятора можно использовать принцип максимума Понтрягина. Он позволяет определить оптимальное управление по заданному выбранному критерию, а также соответствующую оптимальную траекторию процесса.

В качестве критерия оптимальности выбирается задача о быстродействии, то есть минимальное время, за которое система возвращается в заданное состояние.

Математическую модель объекта управления можно записать в таком виде:

$$\frac{dQ}{dt} = I^2 R, \qquad (1)$$

где $R=f(\Delta x)$ – сопротивление, зависящее от положения бегунка реохорда.

Введя обозначения, $x_1=Q$ и $x_2=R$, и учитывая, что $Q=Cm(T_2-T_1)=Cm\Delta T$ модель принимает вид

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1}{dt} = k_1 x_2, \\ \dfrac{dx_2}{dt} = u, \end{cases} \tag{2}$$

где u – управление, а изменение температуры нагревателя пропорционально величины сопротивления в цепи нагревателя оснастки.

Применение методики поиска оптимального управления, изложенной в работах [13, 14] позволяет получить аналитическое описание управления в виде

$$u_{опт} = u_0 sqn\left[\frac{1}{2u_0}(x_1 - \xi)^2 sqn(\xi - x_1) - x_2\right] \tag{3}$$

Структурная схема регулятора, описывающая (3) представлена на рис. 3.

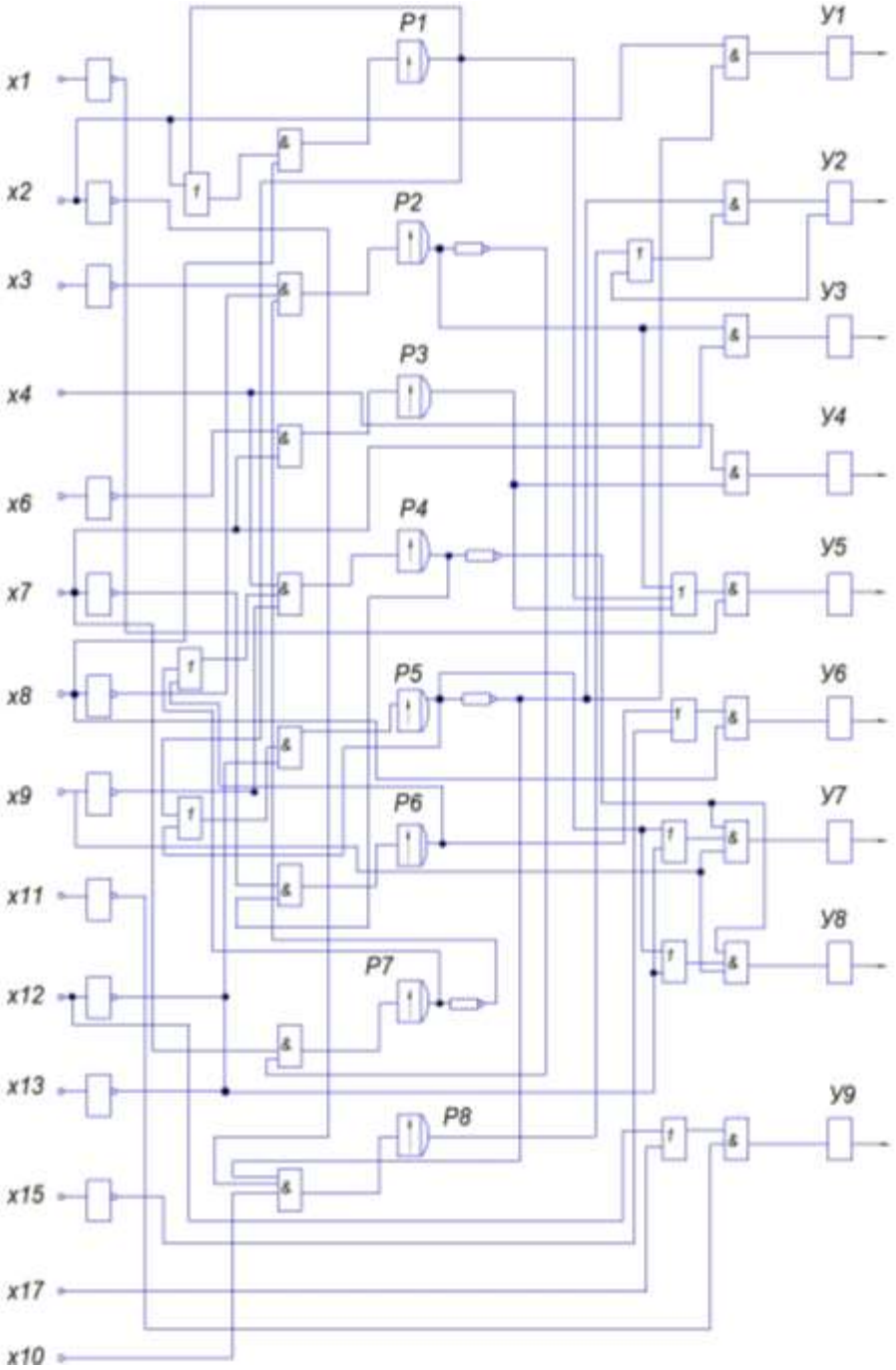


Рис. 2 – Схема системы управления на бесконтактных элементах

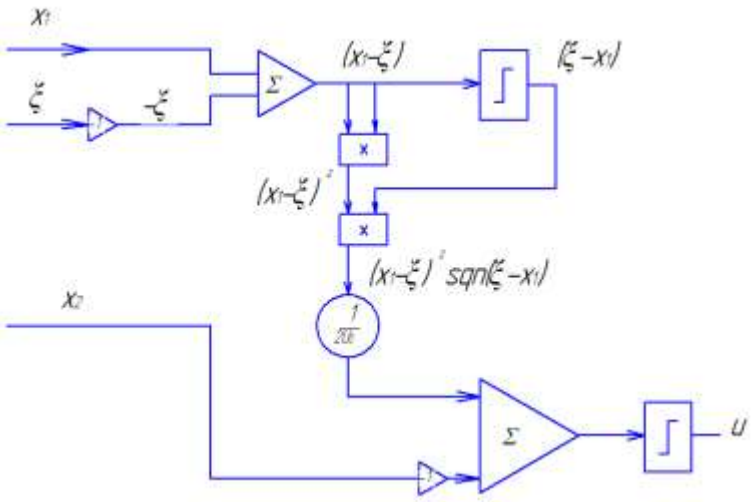


Рис. 3 – Схема регулятора температуры нагреваемой оснастки в стержневом двухпозиционном автомате

Выводы. Выполненный в работе синтез позволил получить структурную схему системы управления двухпозиционным стержневым автоматом, в которой предусмотрено срабатывание элементов привода, происходящее не только по сигналу путевых элементов автоматики, но и по сигналу датчиков, формируемых проверкой логических условий, выполнение которых обязательно в управлении данным технологическим процессом. Таким условием является выдерживание заданной температуры оснастки, определяющей качество получаемого стержня. Основой такой системы является система регулирования температуры нагреваемой оснастки, оптимальная структура которой формируется на основе математического моделирования и поиска оптимального по быстродействию управления. Предложенная структура обеспечивает снижение времени простоев линии и, соответственно, повышение производительности труда.

Список литературы: 1. *Вельбицкий, И. В.* Технология программирования. – К.: Техніка, 1984 -279с **2.** *Харченко, С. Л.* Язык проектирования технического задания системы управления / С. *Л. Харченко* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №1/3 (49). – с.10-16. **3.** *Аблесимов, А. К.* Роль и перспективы развития современных цифровых промышленных сетей для автоматизированной системы / *А. К. Аблесимов, Е. А. Жиляков, А. М. Иванова* // Електроніка та системи управління. - №4(22), 2009. **4.** *Тарасова, А. В*. Моделирование работы узла распределенной автоматизированной системы управления производством / *А. В. Тарасова* // Східно-Європейський журнал передових технологій. - 2012. – №1/3 (55). – с. 34-37. **5.** АСУТП.ru - Промышленные сети [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (282 887 bytes). – Режим доступа: http://www.asutp.ru/?p=600085. **6.** *Подчасова, Т. П.* Управление в иерархических производственных структурах / *Т. П. Подчасова, А. П. Лагода, В. Ф. Рудницкий*. АН УССР. Ин-т киберн. - К.: Наук. думка, 1989. **7.** *Егоров, С. В*. Моделирование и оптимизация в АСУТП / *С. В. Егоров, Д. А. Мирахмедов.* – Т.: Мехнат, 1987. **8.** *Ефетова, К. Ф.* Планирование производства в условиях АСУ / *К. Ф. Ефетова, Т. П. Подольчасова*. - К.: Техніка, 1984. **9.** *Тошинский, В. И*. Усовершенствование методики оценки характеристик надежности компьютерно-интегрированных систем управления технологическими процессами / *В. И. Тошинский, И. И. Литвиненко, И. Г. Лысаченко, А. Г. Шутинский, В. А. Шутинский* – 2010. **10.** *Брешев, В. Е*. Структурний синтез безконтактних приводів робочих машин / *В. Е. Брешев, О. В. Брешев* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. - №5/3 (53). – с. 6 – 10. **11.** *Дёмин, Д. А.* Совершенствование процессов управления электроплавкой [Текст] / *Д. А. Дёмин* // Вісник національного технічного університету «ХПІ». — Харків: НТУ «ХПІ», 2010. — №4. — С.33 — 44. **12.** *Демин, Д. А*. Методология формирования функционала для задачи оптимального управления электроплавкой / *Демин Д. А.* // Технологический аудит и резервы производства. – 2011. –№1. – С.15–24. **13.** *Демин, Д. А*. Синтез

систем управления технологическими процессами электродуговой плавки чугуна / *Демин Д. А.* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2012. – №2/10(56). – С. 4–9. **14.** *Demin, D. A.* Synthesis of optimal temperature regulator of electroarc holding furnace bath (2012) Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 6, pp. 52-58.

Поступила в редколлегию 15.11.2013

УДК 681.518.5:621.74

Синтез системы управления двузпозиционным стержневым автоматом для изготовления стержней в нагреваемой оснастке/ Сиротенко В. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.114-121 . – Бібліогр.: 14 назв.

У статті наведено результати проектування системи управління двохпозиційним стрижневим автоматом для виготовлення стрижнів по оснастці, що нагрівається. Знайдено оптимальне управління процесом нагрівання стрижневих ящиків і показано, що запропонована система може бути інтегрована в АСУ ТП на стрижньовій ділянці ливарного цеху.

Ключові слова: стрижневий автомат, система управління, логічний синтез.

The article presents the results of designing a control system on-off rod making machine heated by a snap. The optimal management of the heating core boxes and show that the proposed system can be integrated into the process control system on the rod portion of the foundry.

Keywords: automatic rod control system, logic synthesis.

УДК 531.01

Л. Д. МИСНИК, канд. техн. наук, доц., ЧДТУ, Черкаси

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ НАВЧАННЯ ТА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ З ТЕОРЕТИЧНОЇ МЕХАНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Представлена методика автоматизованого навчання і контролю знань студентів з теоретичної механіки відповідно до умов кредитно-модульної системи організації навчального процесу, яка може стати основою для створення типової методики проведення навчального процесу в середовищі автоматизованих систем навчання.

Ключові слова: тестова технологія, автоматизовані системи, методики навчання, контроль знань.

Вступ. В сучасних умовах великого значення набуває конкурентоспроможність освіти, підвищення її якості. Безперервно збільшується потік інформації, яку необхідно засвоювати студенту при незмінних термінах навчання та збільшенні ваги самостійної пізнавальної діяльності. Це вимагає пошуку нових форм та методів організації навчального процесу.

Щоб бути єфективним процес навчання має включати систематичний контроль і управління навчальним процесом, що базується на інформації про хід засвоєння нових знань [1]. Це буде зворотнім зв'язком, каналом через який можна впливати на розумову діяльність об'єктів навчання. В традиційних системах зворотній зв'язок був епізодичним і давав дуже незначну допомогу для управління навчальним процесом.

Виходячи з необхідності інтенсифікації навчального процессу необхідно впроваджувати навчаючі та контролюючі комп'ютеризовані системи [2-4].

Ціль роботи. Роботу присвячено розробці стандартизованої методики автоматизованого навчання і контролю знань з теоретичної механіки, яка могла б

© Л. Д. МИСНИК, 2013

стати основою для створення типової методики проведення навчального процесу в середовищі автоматизованих систем навчання і контролю знань.

Основний матеріал досліджень. В основу педагогічної концепції при створенні автоматизованої методики навчання і контролю знань з теоретичної механіки покладено наступні положення:

- в центрі процесу навчання знаходиться самостійна пізнавальна діяльність студента;
- необхідна більш гнучка система освіти, що дозволяє набувати знань там і тоді, коли і де це зручно. Щоб студент не лише оволодів певною сумою знань, але й навчився самостійно здобувати їх, працюючи з інформацією;
- пізнавальна діяльність студента має бути активною. Необхідно не лише засвоїти знання, але й обов'язково застосовувати їх для розв'язку різних проблем;
- система контролю за засвоєнням знань, вмінням застосовувати їх повинна носити систематичний характер, будуватись як на основі оперативного зворотного зв'язку, так і пізнішого остаточного контролю;
- методика навчання з використанням персонального комп'ютера дозволить вивчати навчальний матеріал в необхідному студенту темпі, що особливо важливо при різних рівнях підготовки [5].

Використання в процесі навчання тестової технології дозволяє автоматизувати найбільш трудомісткі функції підготовки спеціалістів [6]:

- навчання і контролю знань;
- формування і використання різних схем проведення контролю;
- ведення статистики по модулям дисципліни;
- облік студентів, викладачів;
- опис видів та етапів котродю;
- ведення архіву оцінок тестування студентів.

Впровадження автоматизованої системи навчання і контролю знань з теоретичної механіки в навчальний процес відбувається у кілька етапів:

1. Підготовка електронної бази дисципліни, завантаження в систему та реєстрація правильних відповідей.
2. Створення бази етапів контролю.
3. Створення бази схем проведення (методик) контролю.
4. Підготовка списків груп студентів, самих студентів, викладачів дисципліни.
5. Формування, бази навчання і контролю знань.
6. Проведення навчання і контролю знань студентів.
7. Збір оцінок тестування та отримання вихідних документів.

Електронна база дисципліни складається з окремих модулів, що відповідають основним розділам курсу. Вхідним матеріалом є запитання, відповіді, електронний матеріал для навчання. Набір питань охоплює весь потрібний для успішного засвоєння теоретичної механіки матеріал. Кожне питання має пряме посилання на фрагмент тексту, що містить відповідь. Така організація інформації значно спрощує передекзаменаційну підготовку.

Використання тестової технології при вивченні дисципліни відбувається паралельно з відвідуванням студентами лекцій та практичних занять. Після отримання певної суми знань студенти закріплюють і деталізують їх самостійно.

Вивчаючи запропоновану викладачем чи вибрану самостійно тему, студент

може працювати в режимі "навчання", переглядаючи питання, відповіді та звертаючись до текстового матеріалу де знаходиться та пояснюється правильна відповідь, а також в режимі "тренування", коли комп'ютер пропонує студенту до відповіді певну кількість випадкових питань, але оцінка знань не заноситься до протоколу. При цьому відповідаючий може переглянути після оцінки свої відповіді і звірити їх з правильними.

Реалізований процес контролю знань базується на використанні різних видів вибіркових тестів, тестів-задач. Головний принцип при їх створенні – уникати випадкових і беззмістовних питань, що профанують предмет, обмежуючи неправильні відповіді лише типовими помилками, які зустрічаються при відповідях студентів.

В системі використовують різні види тестів.

Тести першого виду. В них на поставлене питання дається кілька відповідей, кожна з яких відповідає якомусь конкретному випадку. Необхідно встановити відповідність питання і відповіді.

Наприклад. Коли просторова довільна система сил приводиться до рівнодіючої, прикладеної в центрі приведення О?

1. $\overline{M}_0 \neq 0; \overline{R}^* = 0.$
2. $\overline{M}_0 \neq 0; \overline{R}^* = 0; \overline{M}_0 \perp \overline{R}^*$
3. $\overline{M}_0 \neq 0; \overline{R}^* = 0; \overline{M}_0 \parallel \overline{R}^*$
4. $\overline{M}_0 = 0; \overline{R}^* \neq 0.$

Тести другого виду. В них пропонуються твердження (рішення) з яких неправильним є лише одне, яке і потрібно встановити.

Наприклад. Вкажіть неправильне твердження:

1. Внутрішні сили не можуть змінити кількість руху механічної системи.
2. Кінетична енергія механічної системи не залежить від вибору системи відліку.
3. Якщо головний вектор зовнішніх сил дорівнює нулю, то центр мас механічної системи або рухається прямолінійно і рівномірно, або знаходиться у спокої.
4. Сила тяжіння є потенціальною силою.

Тести третього виду. В них на поставлене питання чи задачу дається кілька відповідей, з яких правильною є лише одна, а інші лише правдоподібні і містять помилки. Для знаходження істинної відповіді необхідно знати теорію і розв'язати задачу.

Наприклад. Кривошип ОС обертається з кутовою швидкістю $\omega_{OC} = 3 рад/с$ і приводить у рух лінійку еліпсографа АВ. Відомо, що АС = СВ. (рис.1.)

Визначіть кутову швидкість лінійки АВ і швидкості точок А і В в момент, коли ОА = 30 см, ОВ = 40 см.

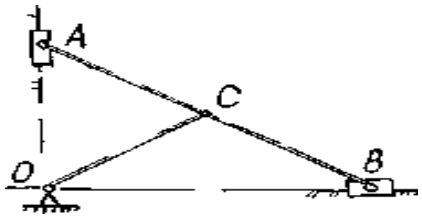


Рис. – Тестове завдання

Відповідь:

1) $\omega_{AB} = 3 рад/с, \vartheta_A = 120 см/с, \vartheta_B = 90 см/с$;

2) $\omega_{AB} = 4 рад/с, \vartheta_A = 120 см/с, \vartheta_B = 90 см/с$;

3) $\omega_{AB} = 3 рад/с, \vartheta_A = 90 см/с, \vartheta_B = 120 см/с$;

4) $\omega_{AB} = 4 рад/с, \vartheta_A = 90 см/с, \vartheta_B = 120 см/с$.

По кожному модулю складені тести підвищеної складності, які можна використовувати для перевірки знань сильних студентів.

Проведення контролю дозволяє визначити якість засвоєння учбового матеріалу, ступінь відповідності сформованих умінь та навиків, цілей та задач вивчення дисципліни. Контроль знань студентів виконує функції не лише міри знань студентів, але є і відображенням стимулу навчальної діяльності студента, і мірою якості організації навчального процесу у ВНЗі, і мірою якості роботи викладача.

Можна впроваджувати різні методики модульного і підсумкового контролю, а значить використовувати різні способи забезпечення зворотнього зв'язку, тобто одержання інформації про зміст та характер пізнавальної діяльності студента, ефективності діяльності викладача, з врахуванням особливостей типових електронних систем тестування.

Розроблена та впроваджена в навчальний процесс наступна методика автоматизованого контролю знань:

- по дисципліні виділяються окремі модулі по яких проводиться поточний (протягом семестру) автоматизований контроль знань;
- оцінка визначається відсотком правильних відповідей;
- якщо студент має оцінки, що його не задовольняють , він має право повторити контроль по цих модулях;
- підсумковий контроль проводиться з використанням системи тестування;
- викладач має право не дозволяти повторний контроль для студентів, які є порушниками дисципліни, або не відповідають вимогам кваліфікаційної характеристики в тій частині, що відноситься до дисципліни, яка контролюється;
- одночасно проводяться традиційні види контролю знань студентів (контрольні та розрахунково-графічні роботи, заліки, іспити).

База навчання та поточного контолю знань формується з окремих молулів дисципліни теоретична механіка. В залежності від побажань викладача, вибираються питання по яким виконується контроль знань. Викладач довільно встановлює систему опитування, рівень позитивної оцінки, дальність оцінки, бальність відповіді на кожне запитання, час відповіді на запитання, враховуючи рівень підготовки студентів.

Вибір запитань і відповідей, які пропонуються для тестування кожному студенту, здійснюється слідуючим чином :

- по вибраному модулю випадково вибираються питання (кількість їх задана викладачем);
- випадково (з можливих) вибирається правильна відповідь;
- випадково вибираються неправильні відповіді;
- випадково встановлюється порядок виведення відповідей на екран монітора.

Отже, про механічне запам'ятовування студентом номера правильної (чи неправильної) відповіді мова йти не може.

Запропонованв схема забезпечує простоту і надійність автоматизації приведених функцій. її можна використовувати на рівнях: вищого чи (середнього) учбового закладу, учбової частини, деканату, кафедри, викладача, студента.

Висновок. Розроблена методика дозволяє проводити процес навчання як процес систематичного управління, що базується на інформації про хід засвоєння нових знань, так як забезпечує зберігання та використання бази оцінок, яка

наповнюється в процесі експлуатації системи; веде статистику контролю знань і навчання, регламентуючи рівень доступу до системи. За результатами систематичного контролю знань визначається спрямованість, інтенсивність, форма і методика навчання студентів.

Експериментальна апробація методики автоматизованого контролю знань та навчання студентів дозволяє зробити висновки:

- використання системи дозволяє збільшити обсяг самостійної роботи студентів над учбовим матеріалом дисципліни, що актуально з урахуванням збільшення долі на самостійну роботу студентів в загальному обсязі учбового навантаження;
- зменшується навантаження на викладачів в частині, що пов'язана з підготовкою документації по контролю знань;
- надається простір викладачу для його діяльності по організації гнучкої технології навчання в залежності від контингенту студентів, рівня їх підготовки та кількості учбового часу, представленого в розпорядження курсу. Викладач має можливість індивідуально працювати з кожним студентом і вносити відповідні корекції в організацію учбового процесу; у студентів з'являється зацікавленість в освоєнні дисципліни протягом семестру, а не тільки перед підсумковим контролем. У студентів не виникає ніяких претензій щодо об'єктивності оцінки.

Список літератури: **1.** *Гершунский Б. С.* Компьютеризация в сфере обучения : проблемы и перспективы / *Гершунский Б. С.* – М. : Педагогика, 1987. – 264 с. **2.** *Коджа, Т. І.* Автоматизована система управління та контролю знань в процесі навчання : Автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.13.06 / *Т. І. Коджа*; [Одеський національний політехнічний ун-т]. – О., 2003. – 18 с. **3.** *Дьоміна, В. М.* Методи та моделі оцінювання знань в автоматизованих системах тестування : Автореф. дис. … канд. техн. наук : 05.13.06 / *В. М. Дьоміна*; [Харківський національний ун-т радіоелектроніки]. – Харків, 2002. – 18 с. **4.** *Яковенко, О. Є.* Моделі та методи контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процессом : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / *О. Є. Яковенко*; [Одеський національний політехнічний ун-т]. – О., 2006. – 17с. **5.** *Тесля, Ю. Н.* Методы и средства контроля знаний и обучения в АИС / *Ю. Н. Тесля., Л. П. Оксамытная* // Збірник статей аспірантів і викладачів Черкаського інженерно-технологічного інституту. – Черкаси : ЧІТІ, 1994. – С. 40–44. **6.** *Тесля, Ю. М.* Інформаційна технологія автоматизованого навчання та контролю знань як елемент системи управління учбовим процесом / *Ю. М. Тесля, Л. Д. Мисник, Є. Ю. Тесля, О. О. Придворна* // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2000. – № 3. – С. 96–99.

Надійшла до редколегії 27.11.2013

УДК 531.01

Методичні основи навчання та контролю знань студентів з теоретичної механіки з використанням тестових технологій / Мисник Л. Д. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.122-126 . – Бібліогр.: 6 назв.

Представлена методика автоматизированного обучения и контроля знаний студентов по теоретической механике в соответствии с кредитно-модульной системой организации учебного процесса, которая может стать основой для создания типовой методики проведения учебного процесса в среде автоматизированных систем обучения.

Ключевые слова: тестовая технология, автоматизированные системы, методика обучения, контроль знаний.

We present you an automatic educational and knowledge control methodic in theoretical mechanics for students. This methodics corresponds to the standards of the credit educational system and can be a basic for a typical educational metodics using automatic educational systems.

Keywords: test technology, automatic systems, educational methodics, knowledge control.

УДК 004.41;054;519.81

Г. С. СЕЛЕЗНЬОВА, здобувач, НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків
Д. С. РЕВЕНКО, канд. екон. наук, ст. викл., НАУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

ОГЛЯД І АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ УПРАВЛІННЯ ЖИТТЄЗДАТНІСТЮ ПРОЕКТІВ

Розглянуто сучасні концепції та понятійний апарат міждисциплінарної категорії «життєздатність». Проведено критичний аналіз і хронологію формування основних підходів до концепції управління соціально-економічними системами і оцінювання їхньої життєздатності. Удосконалено концепцію управління життєздатністю проекту, яка включає чотири складові: управління стійкістю до змін, управління надійністю структури проекту, управління живучістю проекту та адаптацією.

Ключові слова: життєздатність, управління проектами, стійкість, надійність, живучість, адаптивність.

Вступ. Одним з пріоритетних стратегічних напрямків модернізації вітчизняної економіки є розроблення та впровадження ефективних проектів і програм в усіх сферах національного господарства. Тут мова йде про складні, наукомісткі й високовартісні проекти на основі сучасних здобутків науки.

Складність таких проектів настільки велика, що вартість і трудомісткість їх розроблення порівнянна, а в деяких випадках перевищує вартість і трудомісткість розроблення фізичних, економічних, соціальних та економічних систем, для яких вони покликані забезпечити їх діяльність.

Уважається, що при всебічному оцінюванні проекту, спрямованому на те, щоби розроблений проект був обґрунтованим з економічної, фінансової та інших точок зору, мають бути враховані не тільки технологічні та технічні аспекти проекту, але й системи управління й фінансування, а також життєздатність проекту протягом усього періоду його впровадження. При цьому багато спеціалістів і міжнародні організації визначають життєздатність проекту, як здатність продовжувати забезпечувати економічний ефект протягом періоду реалізації проекту [9].

Однією з особливостей сучасних складних програмних проектів (ПП) є їх розроблення і реалізація в умовах ризику, що виникає в силу невизначеності факторів внутрішнього і зовнішнього середовищ проекту, які можуть призвести або до погіршення якісних показників проектованого продукту, або до збільшення витрат та/або порушення термінів здійснення проекту, або до його провалу. У зв'язку з цим все більшої актуальності набуває проблема аналізу життєздатності проектів, що є найважливішою стадією життєвого циклу проекту, яка пов'язана з ризик-менеджментом і спрямована на зниження ризиків проекту, що виникли на ранніх стадіях його розроблення.

Аналіз останніх досліджень. Вагомий внесок у розроблення теоретико-методологічних засад забезпечення життєздатності підприємств, організацій і проектів зробили провідні вітчизняні та зарубіжні науковці, зокрема: Е. Альтман, В. Базилевич, В. Бівер, В. Бирський, В. Вітлінський, В. Вовк, В. Геєць, К. Грозава, М. Гузь, В. Єлейко, А. Камінський, Т. Клебанова, М. Клеменюк., М. Лепа, Р. Лепа, Ю. Лисенко, І. Лук'яненко, А. Мадих, В. Мартиненко, А. Матвійчук, А. Недосєкін, О. Новоселецький, О. Піскунов, С. Рамазанов, Л. Сергєєва, В. Тимохин, О.Черняк,

© Г. С. СЕЛЕЗНЬОВА, Д. С. РЕВЕНКО, 2013

В. Шпілєвський. Незважаючи на значну кількість наукових публікацій з досліджуваної проблематики, питання управління життєздатністю проектів і програм наразі висвітлені недостатньо.

Мета роботи. Метою статті є огляд сучасних концепцій міждисциплінарної категорії «життєздатність», а також удосконалення обраної концепції для управління життєздатністю проектів.

Виклад основних результатів дослідження. У колі наукових дисциплін і теорій нині активно розвивається теорія життєздатності складних систем (ТЖС) — живих систем, суспільства і людини, а також складних гібридних систем, засновниками якої для біологічних систем є Р. Мілєр, а для організацій - С. Бір. У свою чергу, вони базувалися в своїх дослідженнях на роботах кібернетика Р. Ешбі.

У теорії життєздатності складних систем одним із базових її понять є поняття моделі життєздатності таких систем, яка має:

- включати в число об'єктів моделювання не тільки саму систему, а й актуальне для неї навколишнє середовище;
- адекватно відображати з єдиних позицій сім'ю систем;
- мати способи опису складних ієрархічних систем;
- враховувати наявність обмежень на архітектуру та поведінку системи;
- враховувати зміни архітектури та поведінки систем, а також зміни середовища їхнього існування;
- адекватно враховувати багатокритеріальність оптимізації архітектури, функцій і поведінки систем [9].

Початок дослідження життєздатності складних систем пов'язують з працею Р. Ешбі, у якій основою формулювання поняття життєздатності є «закон необхідної різноманітності». Відповідно до нього життєздатність – це здатність системи долати нарощування ентропії [8].

Загострення проблем життєздатності систем усіх рівнів, а саме до проблем управління життєздатністю проектів, активізував інтерес до робот Стаффорда Біра, який не тільки детально розробив модель життєздатної системи (Viable System Model — VSM) — МЖС, а й запровадив її в практику.

Детальний опис МЖС наводиться в трьох книгах С. Біра «Brain of the Firm» («Мозг фирмы») (1972), «Heart of the Enterprise» (1979) і «Diagnosing the System for Organizations» (1985).

МЖС є моделлю, що, з погляду С. Біра, характеризує поведінку ефективної організації. Це модель будь-якої життєздатної системи. МЖС визначає принципи, наслідуючи які, система стає «достойною виживання», до яких належать керованість, здатність до навчання, адаптації та розвитку. МЖС відповідає організації, яку побудовано на п'яти основних функціях управління: проведенні операцій, координації контролю, інтелектуальному розвитку та відпрацюванні політики. Для систем ключовими є питання про закони взаємозв'язку, що реалізуються у вигляді контурів управління й передавання інформації. Суттю основного принципу є те, що кожній організації і кожній з п'яти систем, які вона включає, має бути надано стільки автономії, скільки це можливо без порушення загальної цілісності. Для бізнесу і менеджменту це визначає особливості того, як могли б працювати підприємства порівняно з тими правилами, які С. Бір відкидає як просто спосіб розподілу відповідальності (кібернетична логіка проти ієрархічної логіки). С. Бір також зауважує, що відставання реакції традиційних систем

управління на зміни орієнтує систему на боротьбу з наслідками. Потрібні методи, які б адаптували підприємство не до змін, а до темпу цих змін; потрібні структури, що можуть самостійно змінюватися, тобто які працюють за правилами, що також самостійно змінюються, тобто самоорганізація. Однак визначені на загальному рівні принципи життєздатних систем потребують адаптації до умов конкретних систем з урахуванням їхньої специфіки. Такою системою, що визначено як об'єкт цього дослідження, є фінансова життєздатність підприємства [6].

Слід зазначити, що поняття «життєздатність» є міждисциплінарним і має місце в в багатьох галузях науки. Життєздатність в органічній системі визначається як основний потенціал органічної системи, що забезпечує безперервність відтворення. Вона полягає в анатомо-фізіологічній потужності елементів системи, що беруть участь в процесі, надійності підтримки поточної рівноваги система-середовище і ремонтантності (здібності до повторного і багатократного відновлення і відновлення власних можливостей). Якщо виживання і мінливість — це відповідь на виклики зовнішнього середовища, то життєздатність — це в першу чергу відповідь на вимоги подолання технічних (морфофізіологічних) складностей структурної обмеженості організмів.

У роботах російського ученого О.С. Разумовського [10] було розглянуто проблеми опису життєздатності живих систем, суспільства й людини, а також гібридних систем, проблеми збереження властивостей життєздатних систем. Також ними були сформовані функції й завдання теорії життєздатних систем.

Таким чином, існує багато визначень поняття «життєздатність». В одних джерелах це здатність до існування, розвитку та виживання, в інших — це здатність до самостійного існування. Це також може бути і здатність до довготривалого збереження важливих властивостей і недовготривалого — менш важливих, але більш актуальних тут і зараз, в існуючих умовах; це також і здатність раціонально планувати і ефективно, успішно діяти в певних умовах. У більш широкому розумінні життєздатність — це поєднання стійкості систем та її адаптованості, її самоідентичності й відповідності, корисності, придатності, оптимальності та неоптимальності.

У рамках менеджменту життєздатність системи в умовах, що змінюються, повинна забезпечувати стратегічне управління. Саме діяльність зі стратегічного управління спрямована на визначення стратегічної позиції, яка повинна забезпечити тривалу життєздатність організації. Успішно діючі організації керують власними змінами з метою постійної адаптації до зовнішнього середовища, що змінюється. У цих умовах детальні стратегії не можуть бути наперед збудовані. Часто їх доводиться корегувати у процесі [7].

Трансформаційні зміни, що відбуваються в зовнішньому середовищі, потребують оцінювання життєздатності економічних систем. Використання системного підходу до моделювання процесів у складних економічних системах, заснованого на поєднанні кібернетичного та синергетичного аспектів управління, дає змогу моделювати структуру соціально-економічної системи з метою забезпечення її життєздатності. Одним із сучасних і обґрунтованих підходів до життєздатності складних систем є підхід, запропонований Л. Сергєєвою. Вона дає таке тлумачення цього терміна «життєздатна система — це система, що здатна нескінченно довго зберігати й підтримувати самостійне існування». Забезпечення існування системи досягається наявністю властивостей стійкості та надійності.

Властивості стійкості системи проявляються в результаті взаємодії системи із зовнішнім середовищем і відповідає здатності системи зберігати свої функції й структуру при зовнішніх впливах, здатності системи повертатися до попереднього стану. Надійність характеризує здатність системи до досягнення мети за рахунок внутрішніх джерел системи, тобто її структури (вона сама викликає довіру до себе) Для забезпечення розвитку соціально-економічної системи потрібен деякий час: саме живучість характеризує час існування, здатність зберігати траєкторію розвитку в напрямку досягання мети або системи цілей при зовнішніх впливах, здатність. самовідновлювання [1].

На основі всього вищезазначеного Л. Сергєєва розробила схему оцінювання життєздатності системи в структурному аспекті, поданому на рис. 1

Рис. 1 – Схема оцінювання життєздатності системи [1]

Запропоновану вище концепцію управління і оцінювання життєздатності систем можна використати і в управлінні проектами, тому що кожен проект – це складна система взаємодії людських ресурсів, які організують і впроваджують різні заходи, спрямовані на досягнення поставлених цілей зі встановленими вимогами до якості результату в межах установленого часу і при встановленому бюджеті.

Використовуючи основний підхід до життєздатності систем за Л. Сергєєвою, з позиції управління проектами одержимо таке

Оцінювання життєздатності проекту G є функцією оцінювань стійкості Y, надійності N і живучості T цього проекту

$$G = f(Y, M, T). \qquad (1)$$

Складові й цілі проекту формують систему з певними системними цілями і функціями, що визначають зв'язки в системі управління проектами між елементами. Склад елементів може змінюватися з часом під впливом взаємодії з зовнішнім середовищем і взаємодії між елементами в самій системі управління проектами.

Оскільки стійкість до руйнування характеризує взаємодію системи управління проектами зі зовнішнім середовищем, то в цьому випадку найбільш уразливими є елементи, що утворюють систему управління проектами, а також здатність самої системи виконувати функції.

Надійність визначається внутрішніми силами системи управління проектами, характеризує її індивідуальність, довіру до системи з боку керівника проекту, тому найбільш уразливими є зв'язки, що визначають внутрішні сили системи управління проектами. Крім того важлива надійність кожного елемента, що формує поняття команди проекту. Зв'язки, з одного боку, визначають внутрішні сили системи, а з іншого – є шляхами збурень (навантажень) зовнішніх і внутрішніх.

Живучість характеризується тривалістю, часом існування й здатністю системи управління проектами відновлюватися, тому найбільшим впливом на систему, що змінює траєкторію її розвитку, є зміна цілей системи. Саме таким шляхом змінюється структура проекту в процесі навчання.

Згідно з синергетичною парадигмою система управління проектами може змінювати свою структуру, не руйнуючись при цьому, і набуває нових якостей, змінюючи цілі (тобто, зберігаючи гомеостазис, мати життєздатну траєкторію [1]).

Відповідно до запропонованої концепції треба зауважити, що суть життєздатності пов'язана зі здатністю системи управління проектами до адаптації, тому пропонується внести до складових оцінювання життєздатності проекту складову A, тобто адаптивність системи управління проектами, при цьому відношення (1) буде мати вигляд

$$G = f(Y, M, T, A). \qquad (2)$$

З урахуванням вищевказаного удосконалимо концепцію життєздатності системи управлінням проектами (рис. 2).

Рис. 2 - Роль структурних складових при управлінні життєздатністю проекту

Аналіз життєздатності проекту є найважливішою стадією життєвого циклу проекту, що дозволяє оцінювати можливість здійснення проекту, формулювати його суспільну і комерційну значущість, а також виявляти ключові фактори успіху його реалізації.

Види аналізу життєздатності проекту. У процесі планування і організації проекту проводять оцінювання його життєздатності, яке включає такі види його аналізу: технічний (розгляд альтернативних варіантів виконання проекту і оцінювання їх реалізованості, термінів здійснення проекту в цілому і всіх його стадій, складання календарних планів), фінансовий (визначення співвідношення фінансових витрат і результатів, що забезпечують необхідну норму прибутковості), економічний (відображення ефективності проекту з точки зору інтересів усього суспільства в цілому, наприклад надходжень коштів у різні бюджети), комерційний (визначення каналів, просування програмних продуктів на ринок, аналіз і оцінювання конкурентів).

Критерій життєздатності проекту. Вибір проектів за допомогою критеріїв спрямовано на виявлення загального уявлення про проект (його достоїнств і недоліків). При складанні переліку критеріїв необхідно використовувати лише ті з них, які відповідають пріоритетним цілям і завданням. До критеріїв вибору проектів належать: науково-технічні (перспективність використовуваних науково-технічних рішень, застосування отриманих результатів), виробничі (дані про наявність персоналу, доступність сировини, матеріалів), фінансово-економічні (очікувана норма прибутку, термін окупності), маркетингові (оцінювання ринкового потенціалу).

Показники життєздатності проекту. Критерії вибору проектів можуть оцінюватися прямими і непрямими показниками. Прямі показники безпосередньо характеризують критерій життєздатності проекту (час розробки, число виконавців і споживачів та ін.). Непрямі показники використовуються у разі, коли неможливо отримати значення прямих показників проекту (місткість ринку, вартість робіт, імовірність успіху і т.д.).

Висновки. Удосконалена концепція моделювання стійкості життєздатності системи управління проектами дозволяє на основі моделювання структури вивчати

початкові умови й стани, що забезпечують життєздатність траєкторії системи, надавати рекомендації для планування, підтримки й моніторингу життєздатності для проектів будь - якої складності.

Список літератури: **1.** *Сергєєва, Л. Н.* Концепція моделювання стійкості життєздатностної соціально-економічної системи [Текст] / *Л. Н. Сергєєва, А. В. Бакурова* // Економічна кібернетика: зб. наук. пр. – Донецьк, 2009. – Вип. 55-56. - С. 36 – 42. **2.** *Гриценко, К. Г.* Комплексне оцінювання рівня життєздатності страхової компанії на основі нечіткої ієрархічної моделі [Текст] / *К. Г. Гриценко* // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: зб. наук. пр. – Луганськ, 2012. – Вип.10. - С. 92 – 97. **3.** *Ілюхін, С. О.* Концепція формування розподіленої економічної системи [Текст] / *С. О. Ілюхін* // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: зб. наук. пр. – Луганськ, 2011. – Вип.2. - С. 210 – 216. **4.** *Сергєєва, Л. Н.* Концептуальні основи управління життєздатністю комерційного банку з урахуванням принципів гармонійності структури [Текст] / *Л. Н. Сергєєва, Т. М. Книшенко* // Економіка Криму: зб. наук. пр. –Сімферополь, 2010. – Вип. 3 (32). - С. 158 – 163. **5.** *Піскунова, О. В.* Моделювання життєздатності підприємства на основі системних характеристик [Текст] / *О. В. Піскунова* // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: зб. наук. пр. – Луганськ, 2012. – Вип. 10. - С. 92 – 97. **6.** *Шпілєвська, Г. М.* Механізм формування фінансової життєздатності підприємства на основі принципів організації життєздатних систем Стаффорда Біра [Текст] / *Г. М. Шпілєвська* // Научно-практические проблемы социально-экономического развития Украины. Бизнес-информ: сб. науч. тр. – Х., 2010. – Вип. 5 (1). - С. 113 – 117. **7.** *Гамма, Т. М.* Система життєздатності підприємства як основа його конкурентоспроможності [Текст] / *Т. М. Гамма, М. Г. Мола* // Вісник соціально-економічних досліджень: зб. наук. пр. – Одеса, 2010. – Вип. 38. - С. 233 – 237. **8.** *Колісник, Ю. О.* Архітектурні рівні управління життєздатністю економічних систем [Текст] / *Ю. О. Колісник* // Держава та регіони: зб. наук. пр. – Запоріжжя, 2010. – Вип. 2. – С. 104 – 108. **9.** *Ігнатенко, П. П.* Технологічні аспекти створення життєздатних програмних систем в умовах генеруючого програмування [Текст] / *П. П. Ігнатенко, В. М. Бистров* // Проблеми програмування. Моделі та процеси життєвого циклу програмного забезпечення: зб. наук. пр. – К., 2010. – Вип. 4. - С. 21 — 32. **10.** *Разумовский, О. С.* Бихевиоральность системы [Текст] / *О. С. Разумовский.* – Новосибирск: Наука, 1993. – 230 с.

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 004.41;054;519.81

Огляд і аналіз сучасних концепцій управління життєздатністю проектів / Селезньова Г. С., Ревенко Д. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.127-132 . – Бібліогр.: 10 назв.

Рассмотрены современные концепции и понятийный аппарат междисциплинарной категории «жизнеспособность». Проведены критический анализ и хронология формирования основных подходов к концепции управления и оценки жизнеспособности социально-экономических систем. Усовершенствована концепция управления жизнеспособностью проекта, которая включает в себя четыре составляющие: управление устойчивостью к изменениям, управление надежностью структуры проекта, управление живучестью проекта и управление адаптацией.

Ключевые слова: жизнеспособность, управление проектами, устойчивость, надежность, живучесть, адаптивность.

The article deals with advanced concepts and conceptual framework of the interdisciplinary categories of "viability". A critical analysis and a chronology of the formation of the main approaches to the concept of viability management and evaluation of socio-economic systems. It is indicated that the transformational changes occurring in the environment require assessment of viability using a systematic approach and synergistic aspects of management that allows to simulate the structure of the system to ensure its viability. The advanced management concept viability of the project, which includes four components: management resistance to change, reliability management structure of the project management and project management survivability adaptation.

Keywords: viability, project management, stability, reliability, survivability , adaptability.

УДК 664.2.058.02

Р. Є. СЛОБОДНЮК, здобувач, Дніпропетровський технолого-економічний коледж;
Д. Ю. ПРАСОЛ, канд. техн. наук, доц., Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ГІДГОАКУСТИЧНО ОБРОБЛЕНОГО ОКЛЕСТЕРИЗОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЮ

Розглянуто наслідки механічної дії на оклейстеризовану дисперсію кукурудзяного крохмалю. Оклейтеризовану дисперсію кукурудзяного крохмалю із заданими фізико-хімічними та функціонально-технологічними властивостями отримують з метою використання в технології десертної продукції замість хімічно модифікованої крохмальної сировини.

Ключові слова: оклейстеризована крохмальна дисперсія (ОКД), гідроакустичний вплив, кукурудзяний крохмаль, роторно-імпульсний апарат (РІА).

Постановка проблеми. Процес гідроакустичного диспергування ОКД, тобто руйнування її початкової зернистої структури, є цільовим в питанні отримання механічно модифікованого кукурудзяного крохмалю з метою використання його в технології харчової продукції з мазкою або емульсійною структурою. В проведених нами дослідженнях саме такий спосіб модифікації дозволив отримати натуральну основу для виготовлення десертної продукції, що не старіла внаслідок ретроградації кукурудзяного крохмалю протягом тривалого терміну зберігання. Однак процес диспергування може супроводжуватися і небажаними, в технологічному відношенні, структурними змінами в оброблених гелях, що зумовлено дією високої напруги зсуву.

Аналітичними дослідженнями встановлено, що за впливу гідродинамічного поля на системи полімер:розчинник, може спостерігатися руйнування наявних структур, деформація нових структурних утворень, а також нових надмолекулярных структур, з існуванням яких пов’язане явище драглеутворення. В залежності від умов механічної обробки, диспергування і динамічне структуроутворення можуть відбуватися паралельно з перевагою, чи без переваги одного процесу над іншим.

Мета досліджень. Однією з розв’язуваних у цій роботі проблем було дослідження впливу параметрів гідроакустичної обробки РІА на ймовірність перебігу конформаційних і фазових перетворень в ОКД.

Результати дослідження. Під час дії високих напруг зсуву, що є однією з найважливіших складових гідроакустичного впливу, на розчини і гелі полімерів, відбувається розгортання макромолекул і їхня орієнтація в напрямку руху зсувного потоку. Вважається [1], що за дії високих зсувних навантажень і/або кавітації на водно-полімерні системи, може відбуватися оборотна дегідратація гідрофільних груп. У разі ОКД це може стати причиною виникнення водневих зв’язків між дегідратованими гідроксильними групами сусідніх орієнтованих макромолекул та утворення нових надмолекулярних структур [2, 3].

© Р. Є. СЛОБОДНЮК, Д. Ю. ПРАСОЛ, 2013

Орієнтаційно-асоціативні процеси, що ініційовані дією високих напруг зсуву в крайньому випадку можуть викликати утворення зародків твердої фази. За відносно великої тривалості обробки ОКД з концентрацією крохмалю 3…7 % в РІА нами спостерігалося необоротне збільшення оптичної густини дисперсії.

На рис. 1, для порівняння, наведено залежності відносної оптичної густини ОКД з різним вмістом кукурудзяного крохмалю, від тривалості обробки в РІА.

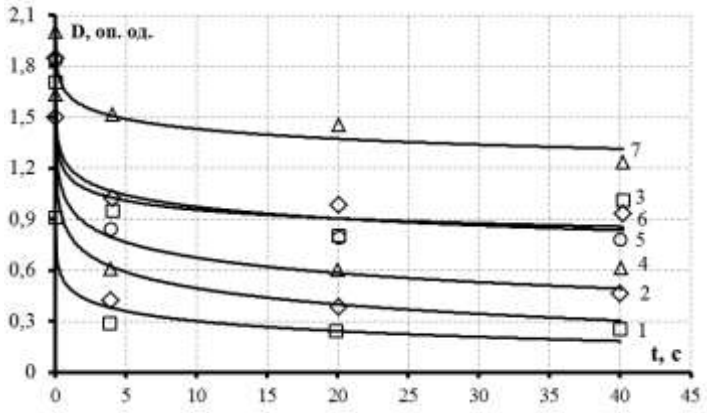


Рис. 1 – Залежності оптичної густини ОКД різної концентрації (%) від тривалості їх обробки в РІА:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – 1; 3; 4; 5; 6; 7; 8 % відповідно

Ймовірність утворення твердої фази зростає за збільшення концентрації крохмалю від 1 до 4 %, а під час подальшого збільшення концентрації – зменшується. Для 9 % ОКД утворення твердої фази зафіксовано не було.

На двофакторній діаграмі область в якій тривають фазові перетворення має позначення «4». Суцільні лінії в межах даної області відповідають граничним параметрам для різних концентрацій крохмалю в ОКД.

Утворення надмолекулярных структур в ОКД не завжди супроводжується вираженою зміною їх оптичних властивостей. Ще одним непрямим методом оцінки ступеня структурування ОКД, є метод заснований на вимірюванні реакційної здатності крохмалю в механічно оброблених ОКД.

Вплив механічної обробки ОКД на реакційну здатність крохмалю вивчали на прикладі реакції окислення за допомогою перманганату калію в кислому середовищі [4]. Реагенти вводили в ОКД безпосередньо після її механічної обробки. Таким чином оцінювався тільки постефект механічної обробки.

Експериментальні дані кінетичних вимірювань представлено в табл.

Таблиця – Вплив механічної обробки на реакційну здатність крохмалю в реакції окислення за допомогою перманганату калію

Концентрація крохмалю, %	К до оброки, л·моль$^{-1}$·с$^{-1}$	КА після обробки, л·моль$^{-1}$·с$^{-1}$	КА/К
3	2,8±0,32	1,8±0,14	0,64
5	3,2±0,46	3,1±0,23	0,97
7	6,7±0,59	9,3±0,46	1,59

З отриманих даних видно, що для ОКД з низькою концентрацією крохмалю (С<5 %) виявлено негативний постефект механічної активації. Для прикордонної області (С=5 %) постефект відсутній, а для концентраційної області С>5 % спостерігається збільшення реакційної здатності крохмалю після його попередньої механічної обробки.

Одним з факторів, що визначають швидкість хімічної реакції, є доступність функціональних груп, в нашому випадку гідроксильних, які під час механічної

обробки в умовах зміни дії високих напруг можуть як вивільнятися під час руйнування старої структури, так і залучатися до утворення водневих зв'язків при утворенні нової структури. Зниження реакційної здатності крохмалю в першій концентраційній області під час механічної обробки можна вважати наслідком зниження концентрації доступних -ОН груп, що є слідством механоініційованої асоціації з утворенням нових міжмолекулярних водневих зв'язків.

У другій концентраційній області наявність просторової флуктуаційної сітки перешкоджає орієнтації макромолекул та утворення нових водневих зв'язків між дегідратованими - ОН групами. В результаті спостерігається деяке збільшення реакційної здатності крохмалю в попередньо активованій ОКД як наслідок руйнування первинної структури.

Дослідження впливу механічної обробки на реакційну здатність крохмалю (постефект) провадились шляхом варіювання інтенсивності та тривалості дії в РІА. Встановлено, що вплив фактору інтенсивності механічної дії є не однозначним. Так, збільшення інтенсивності впливу приводить до збільшення структурування лише у певних межах. За швидкості обертання ротора n=5000 об/хв., під час короткотривалих впливів, дезактивація крохмалю за рахунок асоціативних процесів виявилася нижчою ніж за швидкості обертання ротора 4000 об/хв та за тієї ж тривалості обробки. Вочевидь це пов'язано з тим, що за високої інтенсивності впливу відбувається кавітаційне руйнування новостворених асоціатів. Як видно з наведеної діаграми стану механічно розщеплених ОКД область «4» відповідає моменту утворення зародків твердої фази і передує області «3», в якій ці процеси не встигають розвинутися. Саме ця область відповідає короткочасним впливам та представляє найбільший інтерес для практичного використання оскільки у виробничих умовах роторно-імпульсні апарати працюють як проточні, здійснюючи одно-циклову обробку. Однак, як було з'ясовано і в цій області механічного впливу можуть мати місце небажані структурні перетворення. Вперше встановлено, що найбільш характерним наслідком дії зсувних напруг на зв'язанодисперсні системи є виникнення постзсувної напруженості структури яка виражається в підвищенні поверхневого натягу. Це небажаний, в технологічному відношенні, ефект який погіршує умови утворення емульсій. У зв'язку з цим необхідним було з'ясування чинників, що визначають ступінь напруженості структури під час механічного розщеплення ОКД. Слід особливо зазначити, що термін «постзсувна напруженість» не є загальноприйнятим. Використання цього нетрадиційного терміну ми вважаємо допустимим у зв'язку з тим, що він найкраще відображає нові, ще не описані в літературі ефекти, які ініційовані комплексним впливом високих зсувних навантажень і кавітації на складно-дисперсні, рідкі системи.

Для низьких концентрацій ОКД (2...5%) в якості міри постзсувної напруженості можуть бути використані значення приросту поверхневого натягу ($\Delta\sigma$). Цей показник визначається як різниця поверхневого натягу механічно і термічно розщеплених ОКД.

На рис. 2 показані залежності $\Delta\sigma$ від умов обробки ОКД в роторно-імпульсних апаратах різної конструкції. Апарати різної конструкції за однакової швидкості обертання ротора забезпечують різну ступінь руйнування часток дисперсної фази.

На підставі отриманих даних зроблені припущення, щодо характеру структурних змін, які приводять до підвищення поверхневого натягу під час

механічної обробки ОКД. Під час виникнення зсувних навантажень відбувається зміна конформації крохмальних макромолекул, вони розтягуються у напрямку дії зміни. Найбільш сильно схильні до деформацій лінійні макромолекули амілози, що розчинені у водному середовищі ОКД. Макромолекули амілопектину через свою розгалуженість мають малу ступінь асиметрії і тому не піддаються зсувним деформаціям. Таким чином, найбільшу роль в процесі виникнення зсувної напруженої структури

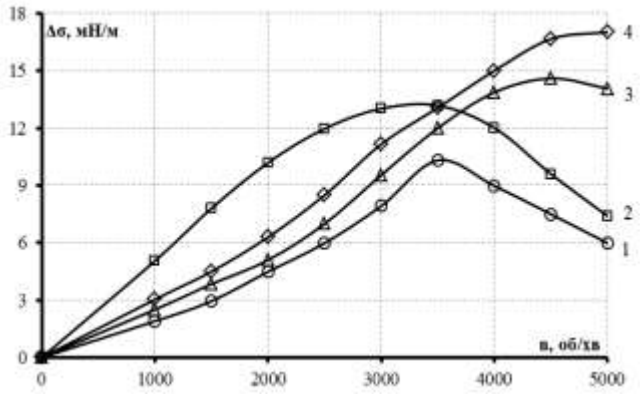


Рис. 2 – Залежності приросту поверхневого натягу Δσ (мН/м) ОКД (С–4%) від інтенсивності n (об/хв) механічної обробки: 1 – ротор № 1; 2 – ротор № 2; 3 – ротор № 3; 4 – ротор № 4

відіграє, вочевидь, вміст водорозчинної фракції, яка за даної швидкості обертання ротора визначає ефективність утворення розщеплених зерен. Після припинення дії зсувних навантажень система прагне повернутися в рівноважний стан, проте деяка напруженість структури зберігається за рахунок фіксації вимушених деформацій у момент обробки. Під час обробки, напружений деформований стан водорозчинної амілози може бути зафіксовано утворенням сітки міжмолекулярних зчеплень, асоціативними контактами, а також міжмолекулярними зшивками, що ініційовані кавітацією. Дані рис. 2 дозволяють припустити, що під час обробки відбуваються одночасно процеси утворення напруженої просторової сітки полімеру і її механічне руйнування, оскільки вузли сітки є механічно напруженими та, в першу чергу, піддаються розриву. На одночасний перебіг механічного руйнування структурної сітки, що утворилася, вказує зниження Δσ за збільшення терміну обробки (рис. 3), а також той факт, що для роторів з високою механічною ефективністю значення Δσ при швидкості обертання ротора у 5000 об/хв виявилася нижчою, ніж при n=4000 об/хв. (рис. 3).

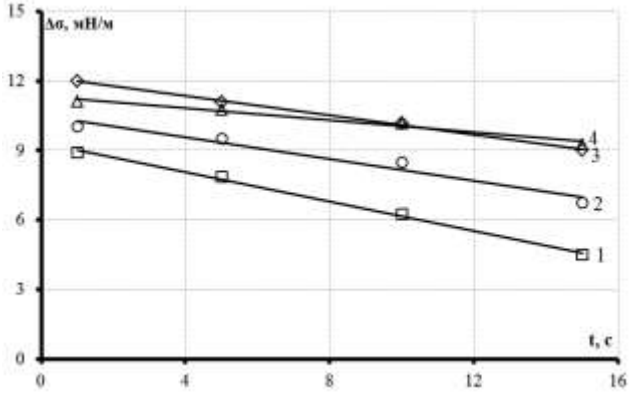


Рис. 3 – Залежності приросту поверхневого натягу Δσ (мН/м) від часу t (с) механічної обробки при його обробці в РІА:1 – ротор № 1; 2 – ротор № 2; 3 – ротор № 3; 4 – ротор № 4

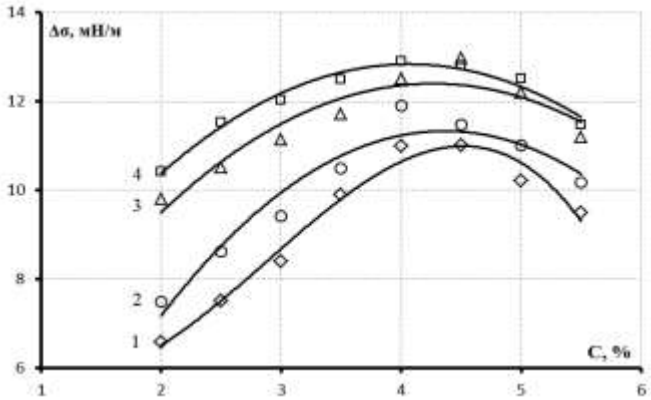


Рис. 4 – Залежності приросту поверхневого натягу Δσ (мН/м) від концентрації ОКД С (%) при його обробці РІА:1 – ротор № 1; 2 – ротор № 2; 3 – ротор № 3; 4 – ротор № 4

Концентраційні залежності Δσ можна пояснити наступним чином.

Зростання Δσ в області низьких концентрацій пов'язане зі збільшенням загального вмісту розчиненої амілози в ОКД. Однак за збільшення концентрації більше 4...4,5% спостерігається зниження напруженості. Характерно, що екстремальне значення Δσ досягається за концентрації крохмалю, що відповідає критичній концентрації крохмалю (Скр), при якій відбувається зміна механізму в'язкої течії за рахунок утворення флуктуаційної фізичної сітки (рис. 4).

Збільшення концентрації крохмалю після досягнення Скр викликає зниження Δσ, за рахунок труднощів які ініційовані зсувом та орієнтаційно-асоціативних процесів в системі. Вимір величини поверхневого натягу для ОКД більш високої концентрації пов'язане з методичними труднощами, але є підстави припустити, що Δσ за збільшення концентрації крохмалю буде зменшуватися.

Представляло інтерес оцінити оборотність напруженості структури механічно розщепленої ОКД.

Дослідним шляхом встановлено, що під час накладення повторних механічних навантажень помірної інтенсивності (n=50 об/хв), наприклад за перемішування, поверхневий натяг знову знижується. Як приклад, на рис. 5 представлено залежність зміни поверхневого натягу від часу релаксації.

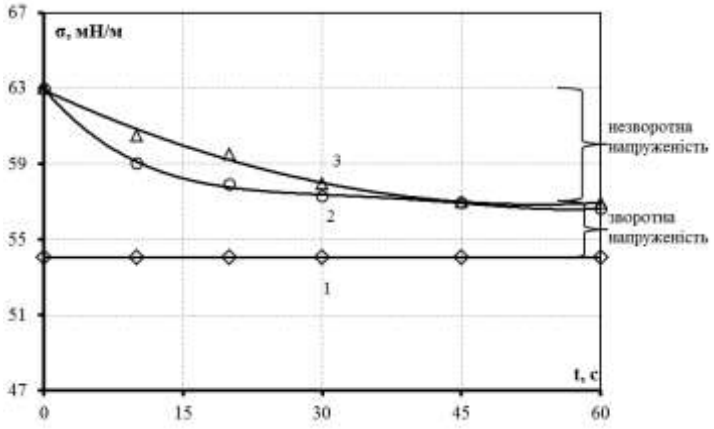


Рис. 5 - Залежності поверхневого натягу Δσ (мН/м) механічно розщепленої ОКД від терміну релаксації: 1–термічно розщеплена ОКД; 2–механічно розщеплена ОКД (t=40 °С); 3 – механічно розщеплена ОКД (t=20 °С)

З рис. 5 видно, що під час перемішування магнітною мішалкою (n=50 об/хв), знижується напруженість зсуву системи, причому із збільшенням температури процес йде більше інтенсивно. Однак значення поверхневого натягу механічно розщепленої ОКД не знижуються до значень поверхневого натягу термічно розщепленого крохмалю.

Це дозволило виділити області оборотної і необоротної напруженості.

Як показав дослід з розробки власне технології десертної продукції, проблем, що були б пов'язані із збільшенням поверхневого натягу ОКД не виникало. Можливо таке пояснюється прискоренням релаксації за рахунок додаткових механічних навантажень під час перекачування готової продукції в якій як основа була використана саме так підготовлена крохмальна сировина.

Висновки

1. Експериментальними дослідженнями підтверджено доцільність використання роторно-імпульсного апарату для механічної модифікації оклейстеризованої крохмальної дисперсії. Механічна модифікація крохмалю відбувається під дією акустичної енергії та високих напруг зсуву.

2. Механічний спосіб розщеплення з використанням РІА дозволяє отримувати ОКД з різними властивостями, що відкриває нові можливості для їх використання в технології десертної продукції, а саме як згущувач з низькою здатністю до ретроградації.

Список літератури: 1. *Казале А.* Реакция полимеров под действием напряжений [Текст] / А. Казале, Р. Портер. – Л. : Химия, 1983. – 440 с. **2.** *Плотников В.А.* Разработка и исследование роторно–пульсационного аппарата для получения комбинированных продуктов питания на молочной основе [Текст]: автореф. дис... канд. тех. наук : 05.18.04 – К., 2000. – 16 с. **3.** *Ohta K.* [Text] / K. Ohta, K. Urano, K. Kawahara // Kobunshi robunshu. – 1984. – Vol. 41. – № 12. – P. 739–744. **4.** *Patterson Gary K.* [Text] / K. Patterson Gary // "Drag Redact. 3 rd Int. Conf., 2–5 July 1984. – Bristol, 1984. – E4/1–E4/6.

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 664.2.058.02

Вивчення процесу фазових перетворень гідроакустично обробленого оклестеризованого кукурудзяного крохмалю / . Слободнюк Р. Є, Прасол Д. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.133-138. – Бібліогр.: 4 назв.

Рассмотрены вопросы механического воздействия на оклейстеризованную дисперсию кукурузного крахмала. Оклейтеризованную, гидроакустически обработанную дисперсию кукурузного крахмала, с заданными физико-химическими и функционально-технологическими свойствами, используют в технологии десертной продукции вместо химически модифицированного крахмального сырья.

Ключевые слова: оклейстеризованная крахмальная дисперсия (ОКД), гидроакустическое влияние, кукурузный крахмал, роторно-импульсный аппарат (РИА).

Results from a mechanical action are considered on paste of corn starch. Such geared-up raw material with the set physical, chemical, functional and technological properties is got with an aim by the uses in technology dessert products instead of the chemically modified starched raw material.

Keywords: Converted into paste starch dispersion (BAS), the influence of sonar, corn starch, rotary-pulse unit (RIA).

УДК 613/614:669.013+622.8

И. В. МОСКАЛЮК, канд. техн. наук, доц., Одесский государственный аграрный университет;
Н. Н. САКУН, канд. техн. наук, доц., зав. каф., Одесский государственный аграрный университет;
Н. И. ШУЛЯК, ассистент, Одесский государственный аграрный университет

АНАЛИЗ И ПРОФИЛАКТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ И ГОРНО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проведены исследования по разработке комплекса гигиенических и медицинских мер по оптимизации профилактики профессиональных заболеваний у лиц, которые работают в металлургическом и горно-химическом производствах.

Ключевые слова: профессиональные заболевания, патологии, вредные факторы.

Введение. Низкий уровень здоровья, частые случаи острых и хронических профессиональных заболеваний у рабочих, занятых в производстве цветных металлов и на предприятиях горно-химической промышленности, отсутствие перспектив внедрения безопасных инженерно-технических решений в ближайшие десятилетия обусловливают необходимость совершенствования системы профилактических и оздоровительных мероприятий.

Установлено, что труд людей, работа которых связана с производством никеля

© И. В. МОСКАЛЮК, Н. Н. САКУН, Н. И. ШУЛЯК, 2013

и сопутствующих металлов (меди, кобальта, платиноидов), связан с высоким риском возникновения острых и хронических профессиональных заболеваний. Это выражается в чрезвычайно высоких показателях распространенности (5,1 на 100 работающих) и многообразии клинических форм (заболевания бронхов и легких, верхних дыхательных путей, кожи, сердца, опорно-двигательного аппарата, злокачественные новообразования).

Вопросы сохранения здоровья людей, которые работают на металлургическом и горно-химическом производстве, являются актуальными. Условия труда на этих производствах связаны с интенсивным воздействием на организм человека аэрозолей, содержащих сложный комплекс соединений фосфора, алюминия, фтора, стронция, естественных радионуклидов из ряда тория и урана, однако не вполне определено их совместное биологическое действие. В то же время малочисленные данные о высоких показателях смертности от злокачественных новообразований среди рабочих рудников, рака легких и желудочно-кишечного тракта у рабочих и населения, проживающего вблизи заводов, производящих фосфорные удобрения, заставляют незамедлительно разрабатывать комплекс мер медицинской профилактики.

Цель работы. Целью работы является научное обоснование и разработка комплекса гигиенических и медицинских мер по оптимизации профилактики профессиональных заболеваний у людей, которые работают в металлургическом и горно-химическом производствах.

Методика экспериментов. При выполнении работы были использованы основные методические подходы, принятые в гигиене труда и профессиональной патологии.

Мониторинг вредных веществ воздуха осуществлялся с помощью использования индивидуальных пробоотборников. Для анализа на содержание Ni, Co, Cd, Си, РЬ, и As в ингалируемом воздухе было отобрано 147 проб, для спектрометрического анализа - 10 проб, для химического анализа аэрозольных частиц - 18 проб. Точность и аккуратность измерений оценивали, используя стандартные фильтры.

Определение металлов в биосредах осуществлялся на основе до- и послесменного отбора проб мочи (5-20 мл) в проверенные на отсутствие загрязнения металлами пластиковые пробирки, которые помещали дополнительно в пластиковые контейнеры.

Оценка состояния здоровья рабочих осуществлена на основе углубленного изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности (ВУТ); анализа результатов углубленных медицинских осмотров; периодических медицинских осмотров и анализа профессиональной заболеваемости по данным архива областного профпатологического центра. При проведении сопоставительного анализа использован косвенный метод стандартизации.

При выполнении углубленных медицинских осмотров применялись стандартные и специальные клинико-физиологические методы исследования.

По результатам периодического медицинского осмотра были выделены «группы риска» развития профессиональных болезней.

Обсуждение результатов. Анализ гигиенических условий труда и заболеваемости по данным углубленного медицинского осмотра различных профессиональных групп и данным периодических осмотров рабочих основных

металлургических цехов свидетельствует о процессе формирования определенных видов патологии в связи с особенностями этапов технологического процесса. Так, данные по анализу заболеваемости выявили ряд существующих проблем со здоровьем, связанных с работой в металлургическом производстве. Это - высокие показатели опухолевых заболеваний, воспалительно-дегенеративных заболеваний верхних дыхательных путей, бронхов и легких, болезней органов кровообращения, заболеваний эндокринной системы, кожи.

Можно полагать, что характерная высокая распространенность среди рабочих основных металлургических цехов этих заболеваний обусловлена тем, что в их этиопатогенезе исключительную роль играют ведущие вредные факторы металлургического производства - диоксид серы и аэрозоли металлов. Ведущим вредным фактором в обоих производствах следует признать никельсодержащие аэрозоли. В результате проведенных исследований установлено, что в воздухе пирометаллургических цехов наблюдается превышение допустимых уровней загрязнения воздуха соединениями никеля в сотни раз (0,6 - 535 мг/м^3). Наблюдается также превышение нормы загрязненности воздуха и в гидрометаллургических цехах в 15-40 раз (0,08 - 0,322 мг/м^3). Мониторинг воздушной среды также показал, что наиболее высокая загрязненность воздуха рабочей зоны в пирометаллургическом и в гидрометаллургическом производствах определяется соединениями никеля. Установлено, что концентрация никеля колеблется в пирометаллургическом производстве от 0,45 до 198 мг/м^3, в гидрометаллургических цехах от 0,01 до 1,2 мг/м^3.

Соотношение растворимых и нерастворимых соединений никеля для воздуха рабочих зон при пиро- и гидрометаллургическом процессах получения никеля характеризуется существенными различиями (табл.).

Таблиця – Соотношение растворимых и нерастворимых соединений никеля у рабочих пиро- и гидрометалургического производств, % от общего содержание Ni

Профессия, операция	Раств. соед. Ni	Сульфиды	Мет. Ni	Оксиды Ni	Общий Ni в пробе
Обжигальщик, выгрузка из печи	2,8	4,2	12,1	80,9	7,94
Обжигальщик, купол печи	21,5	5,2	4,4	68,8	3,14
Обжигальщик, высыпка готовой продукции	3,4	47,7	13,2	35,7	7,87
Плавильщик	2,5	2,2	15,6	79,7	11,4
Сварщик	2,9	1,0	22,3	73,8	1,53
Крановщик	97	1,2	<1,1	2,3	0,086
Электролизник	99	1,3	<0,6	<0,6	0,16
Крановщик	60	19	4,4	17	0,09
Аппаратчик	55	5,4	5,4	34	0,074

Для аэрозолей цехов электролиза никеля характерным является повышенное содержание растворимых соединений (55-99 %), тогда как в воздухе пирометаллургических цехов преобладают нерастворимые соединения: сульфиды никеля (до 50%) - в обжиговом отделении, оксиды никеля (46-80%) - в электропечном отделении. Сравнение абсолютных величин растворимых

соединений никеля в зоне дыхания у работающих в гидро- и пирометаллургическом переделах показывает, что их значения достаточно близки: 0,010-0,159 мг/м3 и 0,035-0,676 мг/м3, соответственно.

Таким образом, особенности соотношений растворимой и нерастворимой фракций, существенным образом определяют уровень экспозиции внутри каждого производства.

При этом определенное влияние оказывают и такие факторы, как профессия рабочего, производственный микроклимат, состояние здоровья. Так, наиболее экспонированной группой в пирометаллургическом производстве являются обжигальщики. У плавильщиков и крановщиков концентрация никеля и пыли в зоне дыхания существенно ниже, чем у обжигальщиков.

В гидрометаллургическом производстве наиболее экспонируемыми группами являются электролизники, катодчики, циркуляторщики (рабочие, находящиеся вблизи электролизных ванн большую часть рабочего времени). Аппаратчики гидрометаллургического отделения этих цехов испытывают меньшую никелевую нагрузку по сравнению с электролизниками.

Данные биомониторинга подтвердили влияние микроклиматических условий на уровень экспозиции. Так, содержание никеля в моче после рабочей смены заметно возрастает у рабочих в гидрометаллургическом производстве, что, возможно, связано с большей тепловой нагрузкой на организм в этом производстве. Отмечено также, что экспозиционная нагрузка была выше у лиц с хроническими заболеваниями кардиореспираторной системы и почек, у которых наблюдалась задержка выведения никеля, особенно в пирометаллургическом производстве.

Таким образом, гигиеническая оценка условий труда в основных производствах цветной металлургии с привлечением современных способов оценки экспозиции показывает, что загрязнение воздуха различными соединениями никеля обусловлено особенностями производственных процессов.

Для работающих в гидрометаллургических цехах характерным явилась высокая распространенность дерматозов, дегенеративно-воспалительных заболеваний верхних дыхательных путей, заболеваний почек и выводящих путей. Всесторонняя оценка экспозиции объясняет также специфичность распространения форм рака в зависимости от технологического этапа рафинирования никеля. Преобладание растворимых соединений никеля в гидрометаллургическом производстве увеличивает риск развития рака носовых пазух, а экспозиция преимущественно к нерастворимым формам никеля в пирометаллургическом производстве способствует развитию рака бронхов и легких.

Установлено, что формируется специфическая профессиональная патология у людей, которые работают под землей. Это связано с производством по добыче и переработке фосфорного сырья.

В результате проведенных статистических исследований установлено, что основная масса людей, которые состоят на учете профцентра (до 93 %), представлена рабочими основных профессий рудников. При проведении анализа вредных факторов, были выявлены основные профессиональные заболевания людей, которые работают на рудниках. Установлено, что 68 % всех случаев профессиональных заболеваний составляют вибрационная болезнь, кохлеарные невриты, ангионевроз и вегетативная полиневропатия. Это связано с такими

вредными факторами, как вибрация, шум, неоптимальные метеорологические условия, физические и нервно-психологические перегрузки.

В то же время был проведен анализ профессиональной патологии на обогатительных фабриках. Наблюдается крайне незначительное количество профессиональных заболеваний среди людей, которые работают на обогатительных фабриках. Установлено, что за тридцатилетний период работы по данной профессии выявлено всего 15 заболеваний у женщин и 13 – у мужчин.

Анализ структуры заболеваемости по данным углубленного и периодического медицинского осмотров совместно с гигиенической оценкой технологического процесса обогащения апатитовой руды, оборудования, сырья и концентрата не позволяет выделить какой-либо отдельный фактор в качестве ведущего, как это было показано на примере никеля в производстве цветных металлов. В то же время наблюдается явное нарушение состояния здоровья у работающих на обогатительных фабриках. Это связано с воздействием на организм человека различных вредных факторов, которые приводят к повышенному количеству хронических заболеваний у женщин эндокринного характера. Установлено, что на производстве у 64,5 % женщин наблюдается нетоксический зоб и у 25,8 % - ожирение. Также выявлены болезни крови (преимущественно железодефецитные анемии) и заболевания сердца дистрофического характера. Нельзя оставить без внимания и заболевания кожи у работников основных профессий, что выражается в сухости, шелушении кожи кистей и ступ. При этом у лиц, не занятых в производственном процессе обогащения руды, этих заболеваний не наблюдается.

Таким образом, полученные данные отражают степень опасности производства в целом, без выделения ведущего фактора, как это принято в гигиенической классификации канцерогенных производств.

По результатам статистических данных углубленного периодического медицинского осмотра, проведенного в 2011 году, 645 рабочих гидрометаллургического цеха были распределены по группам здоровья следующим образом: здоровые - 135 человек (21%), группы риска - 105 человек (16,5%), с подозрением на профессиональное заболевание -35 человек (5,5%). После пятилетнего динамического наблюдения и профилактического лечения 40 человек, что составляет 38% от общего количества группы, установлена стабилизация процесса, которая выражается в неизменной рентгенологической картине, отсутствие изменений функций внешнего дыхания у 36 человек (31%). У оставшихся четырех человек (3,5 %) произошло прогрессирование патологических изменений.

В группе риска в количестве 32 человек, которые не получали регулярного профилактического лечения, через 5 лет отмечено прогрессирование заболевания у 29 человек, что составляет 27,5% от общей группы риска.

Таким образом, дифференцированная по критерию «групп риска» система реабилитационных мер обеспечивает эффективность профилактики общей и профессиональной заболеваемости.

Таким образом, можно сделать вывод, что условия труда людей, которые работают на предприятиях металлургической и горно-химической промышленности, характеризуются воздействием на организм человека комплекса вредных производственных факторов, ведущую роль которых занимают аэрозоли соединений никеля, неблагоприятный химический состав воздуха, запыленность, вибрация. В

результате у работников данной производственной сферы наблюдается ускоренное развитие хронических заболеваний. В целях оздоровления, улучшения условий труда существенное значение имеет совершенствование технологического процесса, машин, что должно уменьшить влияние на людей таких вредных факторов, как шум, вибрация, микроклимат, содержание в воздухе рабочей зоны пыли, газов, химических веществ. Все работники производственной сферы должны проходить плановые медосмотры. На производстве обязательно должно быть лечебно-профилактическое питание.

Выводы. В результате проведенных статистических исследований выявлены вредные факторы предприятий металлургической и горно-химической промышленности, определены основные профессиональные заболевания, разработаны критерии формирования групп повышенного риска утраты здоровья, предложены меры медицинской и производственной профилактики, что приводит к эффективному снижению общей и профессиональной заболеваемости.

Список литературы: 1. *Кононова І.В.* Профзахворюваність серед працівників підприємств машинобудування [Текст] / *І. В. Кононова* // Охорона праці. – 2010. - № 1. – С. 46 – 47. **2.** *Басанець А. О.* Профзахворюваність – актуальна проблема сучасності [Текст] / *А. О. Басанець, І. В. Луб'янова, Д. П. Тімошина* // Охорона праці. – 2010. - № 2. - С. 42 – 45. **3.** *Такала Ю.В.* Оценка мирового уровня производственного травматизма [Текст] / *Ю. В. Такала* // Охрана труда: Информационно-аналитический бюлетень. – М.: Министерство труда и социального развития России. – 2000. – Вып. 4. – С. 21 – 33. **4.** *Чащин В. П.* Влияние некоторых видов бальнео- и физиотерапевтического лечения на выведение никеля и кобальта из организма [Текст] / *В. П. Чащин, И. И. Рочева* // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 1995. – № 1. – С. 36 – 38. **5.** *Чащин В. П.* Проблемы профессиональной патологии у рабочих в никель-кобальтовой промышленности [Текст] / *В. П. Чащин, И. И. Рочева* // Гигиена и санитария. – 1998. – № 1. – С. 9 – 12.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 613/614:669.013+622.8

Анализ и профилактика профессиональных заболеваний на предприятиях металлургической и горно-химической промышленности / Москалюк И. В., Сакун Н. Н., Шуляк Н. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.138-143 . – Бібліогр.: 5 назв.

Проведено дослідження по розробці комплексу гігієнічних і медичних заходів по оптимізації профілактики професійних захворювань у осіб, які працюють в металургійному та гірничо-хімічному виробництвах.

Ключові слова: професійні захворювання, патології, шкідливі фактори.

Research has been conducted to develop a complex of sanitary and medical measures to optimize the prevention of occupational diseases in persons who work in the metallurgical and mining and chemical industries.

Keywords: occupational diseases, pathology, harmful factors.

УДК 631.41 (477.8) 631.316; 631.343

Є. Я. ПРАСОЛОВ, канд. техн. наук, доц., проф., ПДАА,. Полтава;
Т. Г. ЛАПЕНКО, канд. техн. наук, доц., зав. каф., ПДАА, Полтава

ЗНИЖЕННЯ ТРАВМО НЕБЕЗПЕК МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ЗАХИСТУ

Приведений аналіз причини виникнення травм та вузли машини для розкидання органічних добрив, робота з якими є небезпечною. Розроблений пристрій блокування робочих органів розкидача та побудована математична модель його роботи. За результатами математичного моделювання розроблені рекомендації щодо роботи з розкидачем органічних добрив при використанні запропонованого пристрою, що дозволило підвищити вірогідність безпечної роботи до 98%.

Ключові слова: травматизм, машини для внесення органічних добрив, шнековий барабан, пристрій блокування робочих органів, математичне моделювання, коефіцієнт безпечної діяльності.

Вступ. Показники виробничого травматизму в агропромисловому комплексі в 1,5…2 рази перевищують рівень травматизму в інших галузях по Україні, причому 75…80% нещасних випадків приходиться на механізовані технологічні процеси.

Одним із трудомістких процесів в рослинництві є внесення добрив, на долю яких припадає 30…35% від загальних затрат праці. Механізація процесу знижує ці затрати на 17…20%, але при цьому підвищується вірогідність травмування операторів під час використання механізмів та устаткування.

Постановка проблеми. Нині найбільш розповсюдженим і ефективним є розкидач органічних добрив РОУ-6, який має низькі експлуатаційні витрати. Аналіз летального травматизму показав, що кожний десятий випадок виник під час обслуговування агрегатів. Тому, питання підвищення безпеки праці операторів мобільних розкидачів органічних добрив є актуальними [1].

Аналіз стану питання. Значну небезпеку для персоналу в конструкції агрегату створюють шнекові барабани та карданний вал.

Основні причини травмування механізаторів це:

- очищення кузова і робочих органів розкидача від залишків органічних добрив;
- звільнення заклинених шнекових барабанів від чужорідних включень;
- виконання ремонтних робіт в кузові мобільного розкидача добрив при працюючому двигуні трактора, з яким агрегатується машина;
- виконання технічного обслуговування, регулювання і очищення від решток при включеному приводі вала відбору потужності трактора, з яким агрегатується машина.

Із аналізу статистичних даних було встановлено, що зі збільшенням віку оператора спостерігається зниження числа травмованих, що пояснюється:

а) придбанням навичок безпечного виконання робіт;

б) перевага обдуманих дій над необґрунтованим ризиком при роботі;

в) додаткові труднощі доступу до робочих органів, що викликано похилим віком.

Зрозуміло, що передбаченого комплексу профілактичних заходів по попередженню нещасних випадків під час експлуатації мобільних розкидачів недостатньо і тому необхідно розробити та дослідити роботу блокувальних технічних засобів [2 – 4].

Мета досліджень – зниження травмо небезпек мобільних агрегатів для

© Є. Я. ПРАСОЛОВ, Т. Г. ЛАПЕНКО, 2013

внесення органічних добрив, шляхом розробки та дослідження роботи технічних засобів захисту механізаторів.

Викладення основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети була розроблена математична модель, з використанням якої забезпечувалась безпечна експлуатація агрегату під час очищення робочих органів шнекових барабанів. В основу моделі взято: моторно-трансмісійна установка трактора; виконавчий та клерувальний механізм блокувального пристрою.

На вході моделі вибрано крутний момент на валу відбору потужності трактора. На виході системи – вірогідність роботи без травм, що контролюється часом швидкодії блокувального пристрою [5]. Обернений зв'язок забезпечує умову, коли роз'єднуються муфти і проходить повна зупинка робочих органів гальмом блокувального пристрою, тоді оператор здійснюватиме роботу в кузові розкидача добрив без травмування. В цьому випадку момент гальмування більший або дорівнює крутному моменту. На рис. 1 представлений графік залежності між швидкодією системи блокування і безпекою оператора мобільного розкидача добрив при роботі в зоні дії шнекових барабанів.

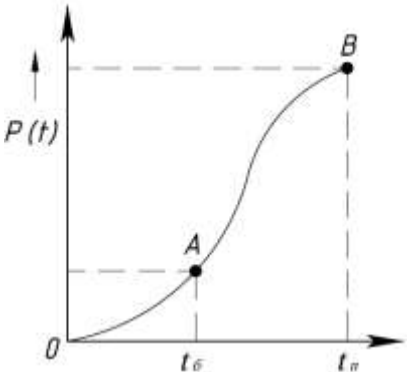


Рис. 1 – Вірогідність попадання робочого в небезпечну зону дії шнекових барабанів в залежності від часу

Точка А – це середньостатистичний час попадання оператора в небезпечну зону. Відрізок АВ відповідає швидкодії системи блокування з гарантованою безпекою обслуговування робочих органів. Координати точок А і В визначаються дослідним шляхом.

Для оцінки вірогідності *P(t)* травмування оператора мобільного розкидача добрив використаємо коефіцієнт безпечної діяльності: $k_б=1-P(t)$ [6,7,8].

Для досягнення поставленої мети був розроблений пристрій блокування робочих органів розкидача органічних добрив, який включає роз'єднуючи муфту, барабанне гальмо, механізм керування пристроєм. Принцип роботи пристрою полягає в роз'єднанні привода розкидача муфтою і блокування обертів робочих органів розкидача гальмом.

Під час реалізації програми досліджень використовувались методика аналізу та прогнозування травматизму, експертної оцінки, матричне планування експерименту і хронометраж [9 –12].

Виходячи із аналізу конструкції блокування і апріорної інформації, визначені наступні впливові фактори: зусилля на сходи блокувального пристрою, відповідно до маси людини, котра піднімається до кузова мобільного розкидача добрив в межах 55…75 кг; кількість обертів гвинта від 1 до 11,0 об., зміна зусилля пружини 410…610Н блокувального пристрою; частота обертів вала відбору потужності трактора, з яким агрегатується машина 200…540 $хв^{-1}$.

Для визначення оптимальних параметрів і режимів спрацювання запропонованого пристрою було використане матричне планування експерименту із наступною статистичною обробкою результатів досліджень. По результатам досліджень визначені закономірності впливу факторів на безпеку роботи операторів мобільного розкидача органічних добрив і представлені у вигляді загального рівняння регресії (1).

$$t_b=4,6571-0,1113F_m+0.1715F_N-0.0509f-0.0025F_m\cdot F_N+ \quad (1)$$
$$+0.0042F_N\cdot f+0.00065F_m^2+0.0105F_N-0,0025\cdot f^2$$

де F_m – зусилля на сходах драбини при масі людини 55…75 кг; F_N – зусилля пружини блокувального пристрою; f – частота обертання ВВП трактора, з яким агрегатується машина.

Перевірка по критерію Фішера показала, що при рівні значущості 0,05 модель регресії адекватно описує процес дослідження.

Згідно моделі регресії графічні залежності часу спрацювання блокувального пристрою від зміни значення окремого фактору при граничних значеннях двох інших відповідного рівняння представлені на рис. 2.

При зміні частоти обертів вала відбору потужності трактора (рис.2) час до повної зупинки робочих органів мобільного розкидача органічних добрив змінюється в діапазоні 0,05…0,45 с, а при варіанті фактора F_m в межах досліджень (рис.3) спостерігається зміна критерію оптимізації на 0,075…0,75 с. найбільше впливає на час швидкодії системи блокування кількість обертів гвинта пружини (рис.4) і складає десь 0,75…1,55 с.

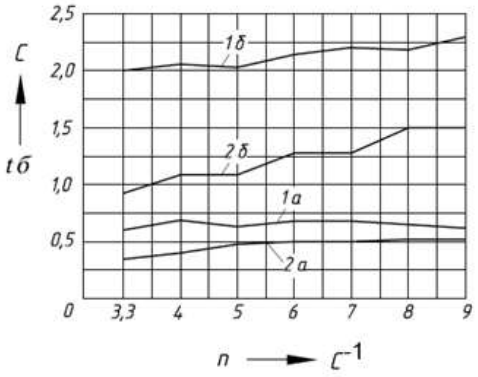


Рис. 2 – Залежність часу швидкодії системи блокування від частоти обертів вала відбору потужності при: *1а і 2а* відповідно *N=1об* і *N=11об* при *m=55 кг*; *1б* і *2б* відповідно *N=1об* і *N=11об* при *m=75 кг.*

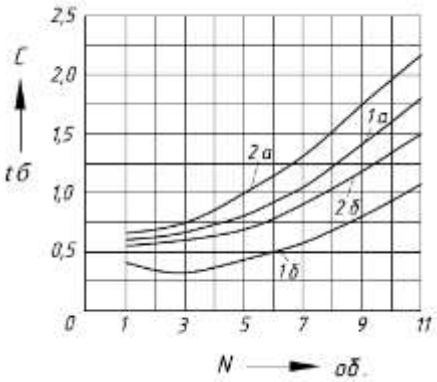


Рис. 3. Залежність часу швидкодії системи блокування від зусилля на сходах при: 1а і 2а відповідно N=1об і N=11об при n=3,3с$^{-1}$; 1б і 2б відповідно N=1об і N=11об при n=9,0с$^{-1}$.

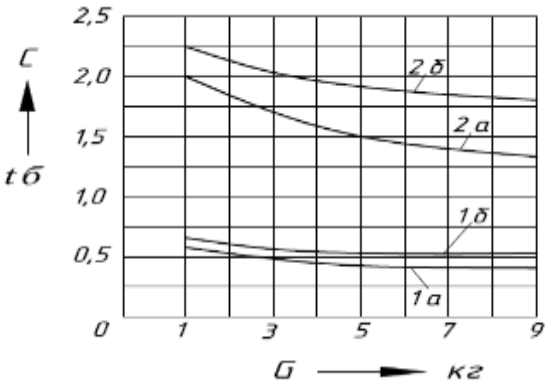


Рис. 4 – Залежність часу швидкодії системи блокування від кількості обертів гвинта пружини при: *1а* і *2а* відповідно *n=3,3с*$^{-1}$ і *n=9,0с*$^{-1}$ при *m=55 кг; 1б* і *2б* відповідно *n=3,3с*$^{-1}$ *і n=9,0с*$^{-1}$ при *m=75 кг.*

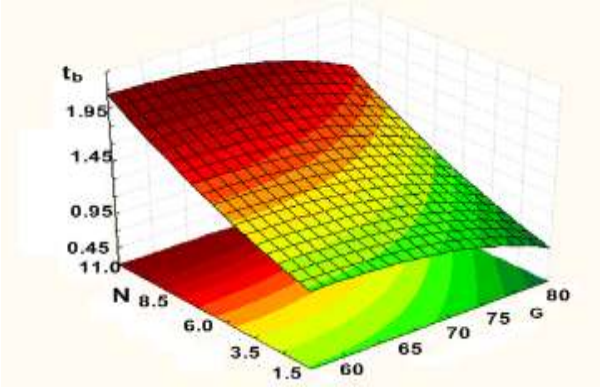


Рис. 5 – Поверхня відгуку, яка характеризує час швидкодії від зусилля на сходах керування роз'єднуючою муфтою, гальмом і числом обертів закручування гвинта пружини при *n=6,15с*$^{-1}$: t_b – час швидкодії блокування пристрою, с; *N* – кількість обертів гвинта, що змінює зусилля пружини блокую чого пристрою, об; *G* – зусилля на драбині блокувального пристрою, кг.

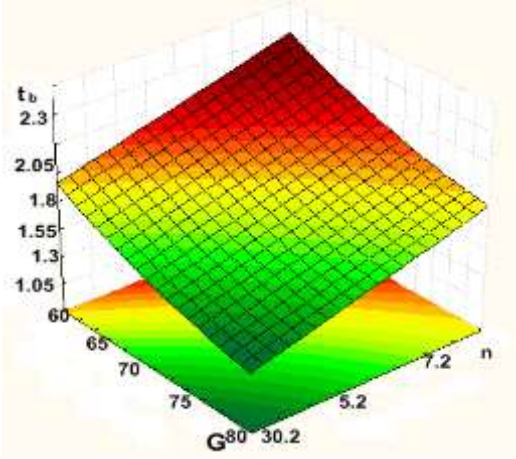


Рис. 6 – Поверхня відгуку, яка характеризує час швидкодію від зусилля на сходах керування муфти, гальма, частоти обертів відбору потужності при *N=10,5* об: t_b – час швидкодії блокування пристрою, с; *G* – зусилля на драбині блокувального пристрою, кг; *n* – частота обертів ВВП, с^{1}.

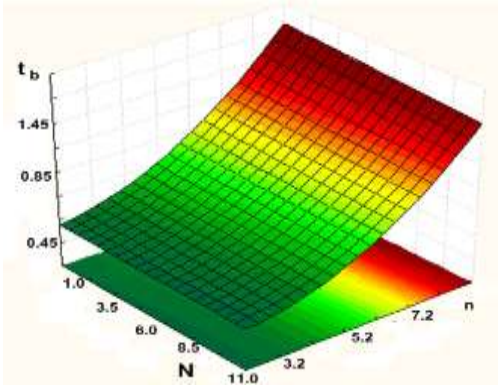


Рис. 7 – Поверхня відгуку, що характеризує час швидкодії в залежності від числа обертів закручення гвинта жорсткості пружини і частоти обертання відбору валом потужності трактора при 65 кг: t_b – час швидкодії блокування пристрою, с; N – кількість обертів гвинта, що змінює зусилля пружини блокую чого пристрою, об; *n* – частота обертів ВВП, с^{1}.

Розроблена математична модель визначає наступні оптимальні значення впливових факторів, які забезпечують узгодження конструктивних параметрів блокувального пристрою та раціональні режими безпечної експлуатації розкидача добрив:

а)зусилля на сходах блокувального пристрою *G*=715…775А;

б)зусилля пружини блокувального пристрою *F*=60…620 Н при *N*=10…11об;

в)частота обертання валу відбору потужності трактора, з яким агрегатується трактор – n=200…320хв$^{-1}$.

Параметри безпеки діяльності оператора мобільного розкидача добрив при виконанні рекомендацій, розроблених згідно із приведеною математичною моделлю складає k_o=0,925…0,985, час швидкодії блокувального пристрою під час раціонального режиму роботи мобільного розкидача добрив дорівнює 1,25…1,65 с, що в 2,9…3,45 рази менше часу попадання оператора в зону дії шнекових барабанів і складає 3,5…5,85 с. При таких показниках значно зменшується травмо небезпечність розкидача добрив і скорочується рівень травматизму під час обслуговування запропонованого пристрою в 3,45…3,75 рази в порівнянні з існуючим.

Висновки. За результатами проведеного системного аналізу травматизму операторів сільськогосподарської техніки встановлено, що найчастіше поширеним і ефективним засобом внесення добрив є розкидач органічних добрив РОУ-6. Більшість травм відбувається при роботі із шнековими барабанами машини. Для зниження рівня травматизму запропонований пристрій блокування робочих органів розкидача органічних добрив.

Обґрунтована принципова схема пристрою блокування робочих органів, використання якого приводить до зниження виробничого травматизму під час експлуатації мобільного розкидача добрив. Час швидкодії блокувального пристрою під час експлуатації розкидача добрив складає 1,25…2,0 с, що є достатньо для

попередження попадання оператора в зону дії робочих органів. Для дослідження ефективності його роботи та розробки рекомендацій щодо оптимальних параметрів його використання побудована математична модель. Із використанням розроблених на основі математичної моделі рекомендацій при застосуванні запропонованого блокувального пристрою забезпечуються коефіцієнт безпечної діяльності оператора, який сягає значення 0,98. На даному етапі проводяться подальші дослідження щодо вдосконалення та оптимізації параметрів запропонованого пристрою блокування робочих органів.

Список літератури: **1.** *Прасолов, Є. Я.* Вдосконалення агрегату для розкидання мінеральних добрив добрив Текст. / *Є. Я, Прасолво, Є. В. Педора, Я. В. Бочарова* // Вісник НТУ «ХПІ» Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2013 р. – № 38 (1011) – С 26–33. **2.** *Чепелев, Н. И.* Анализ травматизма и основное направление повышения безопасности при внесении твёрдых органических удобрений Текст. / *Н.И. Чепелев, А.В. Зотов, А. В. Гордеев, А. Ю. Щёкин* // Вестник КрасГАУ – 2009. – №7 – С. 175–178. **3.** *Киндер, Н.В.* Прогнозирование производственных опасностей Текст. / *Н.В. Киндер* // Мех. и электр. сел. хоз-ва. 1982. – № 75 с. 51-53. **4.** *Дронте, М. Я.* Анализ производственного травматизма при использовании мобильной сельскохозяйственной техники Текст. / *М. Я. Дронте, Е.Д. Лесков* // Охрана труда в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. Лит. СХА. Вильнюс, 1986. – С. 58-62. **5.** *Белов, С. В.* Средства защиты в машиностроении: расчет и проектирование: справочник Текст. / *С.В. Белов* [и др.]; под ред. *С. Ф. Белова*. –М.: Машиностроение, 1989. 368 с. **6.** *Прыгунов, М. И.* Исследование и пути совершенствования защитных ограждений сельскохозяйственной техники Текст. / *М.И. Прыгунов, А. В. Пыталев* // Охрана труда в АПК: сб. науч. тр. Т. 2. Вильнюс: Мокслас, 1988.-С. 135-138. **7.** *Канарев, Ф. М.* Охрана труда Текст. / *Ф. М. Канарев*, [и др.]; под ред. *Ф. М. Канарева*. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. -351 с. **8.** *Козлов, В. И.* Модели и алгоритмы решения задач безопасности труда Текст. / *В. И. Козлов*. Рига: Зинатне, 1978. – 131с. **9.** Безпечність машин. Основні поняття, загальні принципи проектування. Ч. 2. Технічні принципи і технічні умови: ДСТУ EN 292-2-2001 – [Чинний від 2002-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 63 с. – (Національний стандарт України). **10.** Безпечність машин. Мінімальні зазори для виключення можливості роздавлювання частин тіла людини: ДСТУ EN 349-2002 – [Чинний від 2004-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 10 с. – (Національний стандарт України). **11.** Безпечність машин. Блокувальні пристрої, що з'єднані з огорожами. Принципи проектування і вибору: ДСТУ EN 1088-2003 – [Чинний від 2004-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 32 с. – (Національний стандарт України). **12.** *Абегауз, Г. Г.* Справочник по вероятностным расчетам Текст. / *Г. Г. Абегауз, А. П. Тронь, Ю. Н. Копенкин, И. А. Коровина*. М.: Воениздат, 1970. – 536 с.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 631.41 (477.8) 631.316; 631.343

Зниження травмо небезпек мобільних агрегатів для внесення добрив технічними засобами захисту / Прасолов Є. Я., Лапенко Т. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.144-148. – Бібліогр.: 12 назв.

Приведен анализ причин возникновения травм и выявлены узлы машин для разбрасывания органических удобрений, работа с которыми является опасной. Разработано устройство блокировки рабочих органов разбрасывателя и построена математическая модель его работы. По результатам математического моделирования разработаны рекомендации по работе с разбрасывателем органических удобрений при использовании предлагаемого устройства, что позволило повысить вероятность безопасной работы до 98 %.

Ключевые слова: травматизм, машины для внесения органических удобрений, шнековый барабан, устройство блокировки рабочих органов, математическое моделирование, коэффициент безопасной деятельности.

The analysis of the causes of injuries and identified dangerous units of machines for application of organic fertilizers has been held. Devices lock workers of the spreader and a mathematical model of its operation. According to the results of mathematical modeling developed guidelines for working with organic manure spreader using the proposed device, thus improving the probability of safe operation up to 98 %.

Keywords: injuries, machinery for making organic fertilizer, mathematical modeling, the coefficient of safe operation.
УДК 66.061:569.21

В. В. ШМЕЛЬКОВ, аспирант, НТУ «ХПИ»;
В. Ф. РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»;
М. А. ЦЕЙТЛИН, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕДАНИЯ ТВЕРДОЙ ЧАСТИЦЫ, СОПРОВОЖДАЮЩЕЕСЯ ЕЕ РАСТВОРЕНИЕМ

Рассмотрен процесс осаждения частицы в жидкости под действием сил гравитации, сопровождающийся ее растворением. Получено уравнение для расчета скорости и глубины оседания в произвольный момент времени. Найдено, что оседающая частица движется равнозамедленно с ускорением, зависящим от скорости растворения. Уравнение преобразовано для расчета коэффициента скорости растворения по результатам эксперимента.

Ключевые слова: осаждение, растворение, коэффициент скорости растворения, математическое моделирование

Введение. Растворение твердых веществ в воде – процесс достаточно широко распространенный в ряде отраслей, в частности, пищевой и химической промышленности, а также энергетике. В большом разнообразии предложенных для этого устройств значительное место принадлежит аппаратам, в которых растворяемый материал находится во взвешенном состоянии в восходящем токе растворителя [1]. Кинетика растворения в этих аппаратах определяется скоростью скольжения растворяемого материала относительно растворителя, которая зависит от структуры потока и физико-химических свойств растворителя, а также геометрии растворяемых частиц и силы гравитации [2]. Последняя является константой и может быть исключена из состава факторов. При ламинарном течении жидкости в солерастворителе структура потоков также оказывает весьма незначительное влияние на скорость скольжения и эту величину можно практически приравнять к скорости оседания растворяемого вещества в растворителе. Таким образом, скорость оседания частиц оказывается определяющим фактором, как в исследовании кинетики растворения, так и в расчете и проектировании солерастворителей с восходящим током растворителя.

Цель работы. Настоящая статья посвящена математическому описанию осаждения твердой частицы, которое сопровождается ее растворением и разработке на этой основе методики экспериментального определения коэффициента скорости растворения.

Обсуждение результатов. Математическому моделированию растворения твердых веществ в жидкостях посвящена обширная литература и, в том числе, ряд монографий, среди которых следует особо отметить работы [2] и [3]. Методы разработки моделей рассматриваемого процесса можно подразделить на две группы. В первой из них используют теоретические или экспериментальных данные о кинетике растворении одиночных сферических частиц или монодисперсной системы сферических частиц, функции распределения частиц полидисперсного материала по размерам и структуре потока растворителя в рассчитываемом аппарате.

В основе методов второй группы лежит понятие кинетической функции – зависимости доли нерастворившегося компонента от безразмерного времени при

© В. В. ШМЕЛЬКОВ, В. Ф. РАЙКО, М. А. ЦЕЙТЛИН, 2013
постоянных концентрации и температуре. Следует отметить, что модели этой группы базируются на данных, полученных по результатам опытов в периодическом режиме с использованием сырья и растворителя, аналогичных тем, что будут использоваться в промышленных установках. Это в значительной степени ограничивает общность получаемых результатов. Поэтому при разработке математической модели оседания растворяющейся частицы исходили из идеологии первой из перечисленных групп.

Математическую модель, описывающую скорость и глубину оседания частицы, подвергающейся растворению, можно получить путем нахождения зависимости размера частицы от времени оседания и кинетики ее растворения. При нахождении такой зависимости были приняты следующие допущения.

Наличие диффузионного потока растворяемого вещества в пленке вокруг оседающей частицы не меняет скорости осаждения.

Скорость осаждения пропорциональна определяющему размеру частицы.

Коэффициент скорости растворения в процессе оседания частицы не изменяется.

Изменение концентрации раствора за счет растворения частицы в процессе оседания пренебрежимо мало и не влияет на кинетику процесса.

Силы, связанные с инерцией растворяемой частицы, пренебрежимо меньше ее веса.

Растворяемые частицы имеют сферическую форму.

То, что допущение 2 не искажает реальной картины процесса, можно видеть, анализируя данные работы [4], авторами которой изучалось оседание кристаллов хлорида натрия, полученных по различным технологиям. Было показано, что в интервале размера частиц от 0,1 до 6 мм скорость их оседания с приемлемой точностью может считаться прямо пропорциональной определяющему размеру.

Допущение 3, во всяком случае, при относительно небольших изменениях определяющего размера частицы, можно обосновать следующим анализом. Как известно из теории процесса растворения [5], для частицы, обтекаемой потоком жидкости, зависимость критерия Нуссельта (Nu) от критериев Прандтля (Pr) и Рейнольдса (Re) имеет вид:

$$\mathrm{Nu} = \mathrm{A}\ \mathrm{Pr}1/3\ \mathrm{Re}1/2\ , \qquad (1)$$

где A – коэффициент пропорциональности.

Из уравнения (1) можно найти, что коэффициент скорости растворения (kp) пропорционален корню из отношения скорости обтекания (в нашем случае – скорости оседания) к диаметру частицы. Но в соответствии с допущением 2 между этими величинами существует прямая пропорциональность, а, следовательно, kp = const.

Искомая модель представляет собой очевидный интеграл:

$$L_{\hat{i}\,\tilde{n}} = \int_0^{\tau_{\hat{i}\,\tilde{n}}} w\,\mathrm{d}\,\tau \qquad (2)$$

где Loc – глубина, на которую опустилась частица в процессе осаждения, м; τ – текущее значение времени, с; τос – время оседания, с.

Для нахождения необходимой для интегрирования уравнения (2) зависимости скорости оседания w от времени обратимся к уравнению кинетики растворения [2]

$$\mathrm{d}g = k_p S(C^* - C)\cdot \mathrm{d}\tau \quad (3)$$

где g– масса растворившейся соли, кг; kp – коэффициент скорости растворения, м/с; C и C*– концентрации соли в растворе текущая и при насыщении, соответственно, кг/м3; S – суммарная поверхность кристаллов соли, м2; τ – время протекания процесса растворения, с.

В соответствии с допущением 6 можно записать следующие равенства $g = \frac{1}{6}\pi d^3 \rho$, $\mathrm{d}g = \frac{1}{2}\pi d^2 \rho\, \mathrm{d}d$ и $S = \pi d^2$. После подстановки их в уравнении (3) и сокращений получим:

$$\mathrm{d}d = -2\frac{k_p}{\rho}\left(C^* - C\right)\mathrm{d}\tau \quad (4)$$

где ρ – плотность кристаллов хлорида натрия (2162 кг/м3).

Заменяя, с учетом допущения 2, в уравнении (4) dd на adw, где a – коэффициент пропорциональности (например, по данным работы [4] для выварочной соли с размером частиц от 0,1 до 0,8 мм при осаждении в аммиачном конденсате, не содержащем хлорида натрия при температуре 23 °C, a = 0,0092, в насыщенном растворе хлорида натрия a = 0,0139), получим зависимость скорости оседания частицы от времени протекания этого процесса в интегральном виде $\int_{w_0}^{w} \mathrm{d}w = -\frac{2k_p}{a\rho}\left(C^* - C\right)\int_0^{\tau_{oc}} \mathrm{d}\tau$, откуда после интегрирования находим:

$$w = w_0 - \frac{2k_p}{a\rho}\left(C^* - C\right)\tau_{oc} \quad (5)$$

где w0 – скорость оседания частицы с исходным размером d0.

Теперь, подставляя (5) в (2), после интегрирования получим:

$$L_{oc} = w_0\tau_{oc} - \frac{k_p}{a\rho}\left(C^* - C\right)\tau_{oc}^2 \quad (6)$$

Из уравнений (5) и (6) легко видеть, что в процессе оседания в ненасыщенном растворе частица движется равнозамедленно, причем отношение $k_p\left(C^* - C\right)/a\rho$ представляет собой ускорение, с которым растворяющаяся частица тормозится в результате растворения и уменьшения веса. В частности, сравнивая эту величину с ускорением свободного падения можно оценить справедливость допущения 5.

Для целей изучения кинетики растворения из уравнения (6) можно получить формулу для расчета коэффициента скорости растворения kp, по результатам измерения времени оседания растворяемого вещества до заданной глубины Loc:

$$k_p = \frac{a\rho\left(w_0\tau_{oc} - L_{oc}\right)}{\left(C^* - C\right)\tau_{oc}^2} \quad (7)$$

Анализируя вид уравнения (7) можно заключить, что на точность определения kp существенное влияние оказывает точность определения скорости оседания w0, которую можно рассчитать для каждого случая пользуясь результатами соответствующих исследований [6] с корректировкой по вязкости и плотности раствора., Указанные физические свойства сложных растворов рассчитываются по

методикам описанным, например (применительно к растворам, используемым в технологии содового производства), в [7]. Следует, однако, отметить Возможные относительные ошибки таких расчетов, достигают 10 %, что сказывается на точности расчета w0. Поэтому с целью исключения влияния ошибки в расчете w0 на результаты экспериментального определения kp величину последнего целесообразно рассчитывать, по двум замерам, сделанным в одном опыте. А именно: времени достижение оседающего и растворяемого при этом вещества ½ длинны измерительного сосуда (далее – τ1/2) и времени достижения его дна – τос.

Уравнение для расчета коэффициента скорости растворения получается путем решения относительно w0 уравнения аналогичного (6) с подстановкой в него L1/2 и τ1/2 вместо Loc и τос и, затем, подстановкой полученного значения w0 в (7). В результате получается следующая формула:

$$k_p = \frac{a\rho\left(L_{1/2}\dfrac{\tau_{oc}}{\tau_{1/2}} - L_{oc}\right)}{\left(C^* - C\right)\left(\tau_{oc}^2 - \tau_{oc}\tau_{1/2}\right)} \qquad (8)$$

Проверку адекватности полученного описания оседания растворяющейся частицы проводили по двум показателям. Во-первых, было оценено соответствие экспериментальной глубины оседания частиц предсказанию по уравнению (6) и, во-вторых, определена зависимость ошибки коэффициента скорости растворения, рассчитанного по уравнению (8), от размера частицы и температуры.

Выбор растворяемого вещества и растворителя определялся технологией, в рамках разработки которой выполнялось данное исследование. Изучалось осаждение кристаллов хлорида натрия (выварочной соли), в аммиачном конденсате содового производства следующего состава: общая мольная концентрация аммиачных соединений в пересчете на NH3 – 5,1 моль/дм3, углеаммонийных соединений в пересчете на CO2 – 1,62 моль/дм3. Изначально раствор хлорида натрия не содержал. Для опытов использовалась термостатированная стеклянная трубка длинной 2 м и диаметром 50 мм. В заполненную раствором трубку всыпали навеску кристаллов NaCl узкого фракционного состава, выделенного путем рассева. Измеряли время продвижения фронта оседающих частиц (самых крупных во фракции) до заданной в опыте метки. В предварительных опытах было установлено, что скорость оседания навески массой менее 0,5 г не зависит от массы навески, то есть ее можно считать равной скорости оседания отдельных кристаллов.

В опыте по оценке соответствия пути, пройденного оседающими частицами, предсказанию по уравнению (6) измерялось время достижения фронтом оседающих частиц фракции 0,16-0,25 мм меток, расставленных на трубке с интервалом 200 мм. Результаты

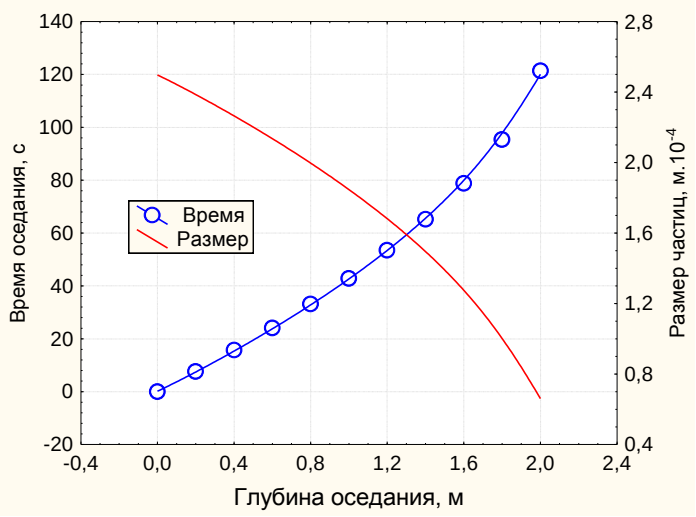


Рис. 1 – Зависимость времени оседания частиц растворяющейся соли и их размера от глубины оседания

представлены на графике рис. 1.

Как видно из графика линии (расчет глубины оседания по уравнению (6), а размера частиц по (4)) достаточно точно проходят по точкам (эксперимент). Некоторые отклонения наблюдаются лишь в области, где размеры частиц снижаются до менее чем 0,1 мм, то есть попадают в область, находящуюся за пределами приемлемости допущения 2. Хотя, как видно из рисунка, существенной ошибки в описание оседания частицы с одновременным растворением с помощью уравнения (6) это не вносит и можно считать, что данное уравнение адекватно описывает моделируемый процесс. Подтверждением тому служит также коэффициент корреляции между расчетом и экспериментом, равный 0,99.

Для оценки точности определения коэффициента скорости растворения по уравнению (8) было проведено по 5 опытов при температуре 40 °С с фракциями соли, максимальный размер частиц в которых составлял 0,125, 0,16, 0,25, 0,315 и 0,4 мм. Состав конденсата был тот же, что и в опыте, представленном на рис. 1. В опытах измерялось время достижения фронтом оседающих частиц середины трубки и ее нижнего конца. По полученным результатам с использованием формулы (8) были рассчитаны значения kp их средние значения и среднеквадратические отклонения (СКО) определения величины kp. Результаты в виде графика отношения СКО к среднему значению kp приведены на рис. 2. Из него видно, что при комнатной температуре в рамках данной методики и длины трубки, используемой для эксперимента, коэффициент скорости растворения можно с приемлемой точностью определить только для частиц с размером не более 0,315 мм. Причина такого ограничения в том, что с увеличением размера частицы уменьшается время оседания частиц и относительное изменение их определяющего размера. Как следствие, растет относительная ошибка измерения времени оседания, что и приводит к снижению точности определения kp.

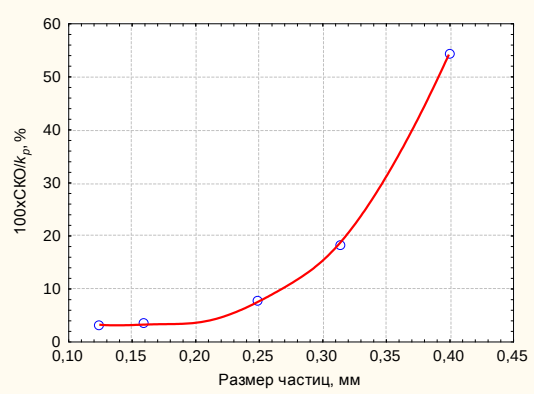


Рис. 2 – Зависимость СКО/kp от размера частиц

Анализируя уравнение (8) можно предположить, что точность определения коэффициента скорости растворения kp будет тем выше, чем при прочих равных больше разность между временем осаждения до нижнего конца трубки и – τос и до ее середины – τ1/2. Как можно видеть из уравнения (6) эта разность тем больше, чем больше величина комплекса (С*– С)kp/aρ, определяющего величину ускорения, с которым частица замедляется в результате растворения и уменьшения в размере. Из этого следует, что точность экспериментального определения kp будет расти с увеличением разности концентраций хлорида натрия в насыщенном растворе и в примененном в опыте и будет максимальной при использовании раствора не содержащего NaCl. Кроме того, точность будет расти с ростом величины отношения kp/a, в котором обе величины зависят от температуры.

Оценим эту зависимость. Коэффициент скорости растворения хлорида натрия растет с увеличением температуры, причем, например при растворении соли в аппарате с мешалкой kp при подъеме температуры от 40 до 80 °С, как можно судить по материалам работы (7), увеличивается примерно в 2 раза. Величина

коэффициента а также растет с ростом температуры обратно пропорционально вязкости. За счет этого в интервале 40-80 °С величина а увеличивается 1,3 раза. Таким образом, отношение kp/a растет с температурой, что должно вызвать рост точности определения kp для частиц большего размера.

Для проверки этого предположения была экспериментально оценена точность определения kp для частиц с определяющим размером 0,4 мм при температуре 80 °С. Действительно, найденная при этом относительная величина СКО для kp снизилась с 54 (см. рис. 2) до 30 %, что при 5-6 параллельных опытах может дать удовлетворительную точность значения kp.

Выводы. Таким образом, математическая модель движения оседающей частицы в процессе растворения в виде уравнения (6) адекватно описывает моделируемый процесс. Построенная на ее основе методика экспериментального определения коэффициента скорости растворения по уравнению (8) позволяет получать достаточно точные результаты при условии соблюдения определенных требований по температуре габаритам опытной установки и размеру испытываемых частиц твердого материала.

Список литературы: 1. *Фурман, А. А.* Поваренная соль. Производство и применение в химической промышленности [Текст] // *А. А. Фурман, М. П. Бельды, И. Д. Соколов*.– М.: Химия, 1989.– 272 с. **2.** *Аксельруд, Г. А.* Растворение твердых веществ [Текст] // *Г. А. Аксельруд, А. Д. Молчанов*. – М.: Химия, 1977. – 272 с. **3.** *Вигдорчик Е. М.* Математическое моделирование непрерывных процессов растворения [Текст] // *Е. М. Вигдорчик, А. Б. Шейнин* – Л.: Химия, 1971. – 248 с **4.** *Шмельков В. В.* Кинетика осаждения кристаллов хлорида натрия в жидкостях содового производства [Текст] // *В. В. Шмельков, В. Ф., Райко, М. А. Цейтлин* / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 70 (1043). – С. 164-170. **5.** *Лойняцкий Л. Г.* Механика жидкости и газа [Текст] / *Л. Г. Лойняцкий* – М.: Наука, 1973.– 847 с. **6.** *Коузов П. А.* Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов [Текст] // *П. А. Коузов*.– Л.: Химия, 1987.– 264 с. **7.** *Ткач Г. А.* Производство соды по малоотходной технологии [Текст] // *Г. А. Ткач, В. П. Шапорев*, В. М. Титов – Харьков: ХГПУ, 1998.– 429 с. **8.** *Цейтлин М. А.* Равновесие и кинетика растворения натрия хлорида в растворе аммиака и аммонийных солей карбононатной кислоты [Текст] // *М. А. Цейтлин, В. В. Шмельков, В. Ф. Райко* / Інтегровані технології та енергозбереження / щоквартальний наук. практичн. журнал – Харків: НТУ «ХПІ», 2011.– № 4.– с. 36–40.

Поступила в редколлегию 25.11.2013

УДК 66.061:569.21

Математическое моделирование оседания твердой частицы, сопровождающееся ее растворением / Шмельков В. В., Райко В. Ф., Цейтлин М. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.149-154 . – Бібліогр.: 8 назв.

Розглянуто процес осадження частинки в рідині під дією сил гравітації, який супроводжується її розчиненням. Отримано рівняння для розрахунку швидкості і глибини осідання в довільний момент часу. Знайдено, що частинка яка осідає рухається равноуповільнено з прискоренням, що залежить від швидкості розчинення. Рівняння перетворено для розрахунку коефіцієнта швидкості розчинення за результатами експерименту.

Ключові слова: осадження, розчинення, коефіцієнт швидкості розчинення, математичне моделювання.

The process of precipitation in the liquid under the influence of gravitational forces, accompanied by its dissolution was examined. The equation for calculating the speed and depth of subsidence at any given time was obtained. It was found that settling particle moves with constant slow down with acceleration

that depends on the rate of dissolution. Equation was transformed to calculate the coefficient of the rate of dissolution by the results of the experiment.
Keywords: precipitation, dissolution, constant of dissolution rate, mathematical modeling

УДК 665.36

А. О. НЕТРЕБА, аспірант, НТУ «ХПІ»;
Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн.. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

ВОЛОКНИСТІ ФІЛЬТРУЮЧІ МАТЕРІАЛИ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ЖИРІВ

В статті встановлена можливість повторного використання волокнистих фільтруючих матеріалів при виробництві олій, щодо вдосконалення процесу вінтеризації. Досліджено якість та швидкість фільтрації соняшникової олії після регенерації фільтрів Петрянова. Також визначені якісні показники олії після застосування регенерованих фільтрів.
Ключеві слова: волокнисті фільтруючі матеріали, соняшникова олія, воскоподібні речовини, швидкість фільтрації.

Вступ. В олійно-жировій промисловості значне місце відводиться конкурентоспроможності продукції, що випускається, яка визначається її якістю, собівартістю і екологічною безпекою. Тому існує необхідність використання високоефективних екологічно чистих технологій і виробництв.

У виробництві олії важливе значення мають на тільки її фізико-хімічні показники, але і товарний вигляд, який визначається ступенем її прозорості, яка залежить від присутності в ній воскоподібних речовин. Як відомо, віск при зберіганні олії кристалізується, утворюючи так звану "сітку", що викликає помутніння олії, яке значно погіршує її товарно-споживчі властивості. Застосовувана за кордоном і на вітчизняних підприємствах технологія виведення воскоподібних речовин із соняшникової олії – технологія "виморожування" – характеризується низькою ефективністю, пов'язаної з тривалістю процесу кристалізації воску, низькою продуктивністю в процесі фільтрації, великими енерговитратами, недостатнім ступенем виведення воскоподібних речовин і утворенням значної кількості олієвмісних відходів [1 – 3].

Тому проблема вдосконалення технології виведення воску є актуальною.

Мета роботи. Метою роботи є визначення можливості повторного використання волокнистих фільтруючих матеріалів – фільтрів Петрянова. Також є необхідність перевірення фільтруючої здатності таких матеріалів затримувати полярні супутні речовини і домішки, які розчинні в олії, після регенерації. Зважаючи на особливі властивості волокнистих фільтруючих матеріалів (фільтрі Петрянова), а саме наявність на робочій поверхні електричних зарядів, визначити вплив регенерації на ефективність фільтрації воскоподібних речовин.

Матеріали та результати досліджень. Найбільші складнощі виникають при видаленні воску методом фільтрації. Розділення неоднорідних систем рідина-тверді часточки (суспензії) можливе при використанні спеціальних фільтруючих перегородок, які пропускають рідку фазу (олію) і затримують тверду (віск). Та не всі фільтруючі тканини здатні затримати найменші часточки суспензії [4].

Процес фільтрації на стадії рафінації соняшникової олії – вінтеризації – ускладнюється із-за швидкого засмічення фільтрів воском, який буквально обволікає

фільтр, закупорюючи його пори; труднощів очищення фільтрів від осаду та утворення значної кількості олієвмісних відходів. Також віск, який

© А. О. НЕТРЕБА, Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, 2013

відфільтровується після виморожування олії, не передбачає подальшого використання, як самостійний товарний продукт, що призводить до його втрат у відходи [1 – 3].

Пропонуємо покращення фільтрації у виробництві олій, а саме в процесі вінтеризації, за допомогою волокнистих полімерних фільтруючих матеріалів..

Високоефективні фільтруючі матеріали – фільтри Петрянова –представляють собою рівномірні шари електростатично-заряджених ультратонких полімерних волокон, нанесених на підложку із марлі або іншого матеріалу [5].

Особливістю таких фільтрів являється їх властивість накопичувати електричний заряд під час свого формування, який істотно поліпшує фільтруючі властивості матеріалу. Однак, за наявності іонізуючого опромінення, підвищеної вологості, пластифікаторів і т.д. спостерігається стікання електричного заряду і ефективність очищення знижується [6 – 9].

Ще одна властивість фільтрів Петрянова, яка дуже цінна та необхідна для фільтрації воскоподібних речовин, полягає в їх структурі волокнистого шару (рис. 1). Матеріал складається із суміші волокон різних діаметрів з рихлою структурою волокнистого шару. Волокна розміщенні у двомірному просторі з малою щільністю упаковки (0,02 – 0,15). Пори в такому матеріалі представляють собою проміжки між волокнами. Рідина проходить через шар фільтруючого матеріалу не тільки по напряму потоку рідини, але й поперек нього, тобто в проміжках між волокнами, що набагато підвищує площу фільтрації. Тобто ці фільтри відносяться до глибинних фільтрів, які затримують дисперсну фазу по всьому своєму об’ємі [5 – 9].

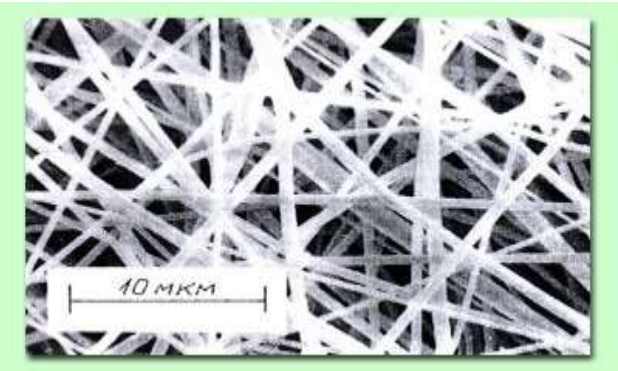


Рис. 1 – Структура та упаковка волокон фільтру Петрянова (вид під мікроскопом)

Рис. 2. – Налипання воскових речовин на волокна фільтру Петрянова (вид під мікроскопом)

Згідно попередніх досліджень встановлено можливість використовувати волокнисті фільтруючі матеріали в процесі вінтеризації соняшникової олії на стадії фільтрації. При цьому з’являється можливість видалення всіх воскоподібних речовин.

На ри. 2 показано налипання воскових речовин на волокна фільтру. При цьому при зростанні забруднення волокон фільтру, фільтруючі здатності матеріалу набагато знижуються та втрачаються його властивості до затримання на своїй поверхні супутніх речовин. При очищенні волокон фільтру, ці здатності відновлюються.

При наявності на робочій поверхні фільтрів Петрянова електричних зарядів доведена їх здатність впливати на ефективність фільтрації воскоподібних речовин. Для цього готували модельні зразки на тричі вимороженій соняшниковій олії, з внесенням в неї необхідної кількості воску (виділеного та очищеного, обезжиреного воску із соняшникової олії) концентрацією 0,3 мас.%. З метою повного розчинення воску пробу соняшникової олії з внесеним воском нагрівали до температури 90 – 105°С та витримували при цій температурі до повного розчинення воску в олії. Потім пробу соняшникової олії охолоджували до температури 7 – 5 °С. Темп охолодження становить 1 °С/хв. Віск та воскові сполуки виділились у вигляді «сітки» (спостерігалось помутніння олії), після чого проводили фільтрацію з використанням фільтрів Петрянова. Після повного засмічення фільтру, проводимо його регенерацію декількома способами:

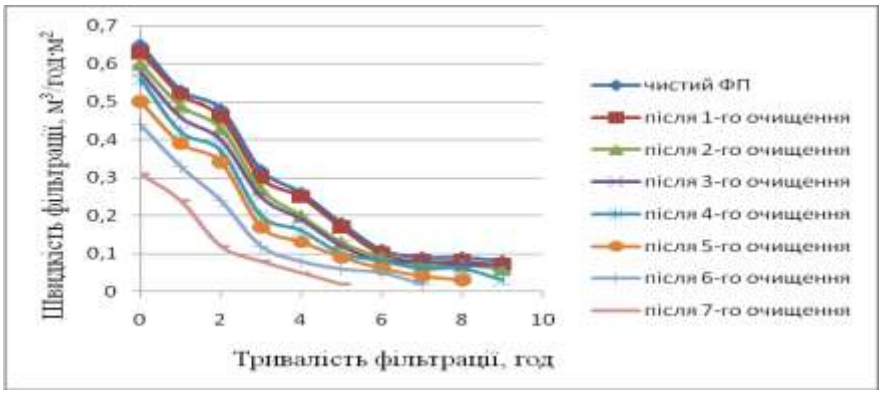
- виплавка воскового осаду в атмосфері гарячого повітря, температурою 95 – 100 ºС;
- промивка воскового осаду нагрітим до температури 45 – 50 ºС розчинником – гексаном;
- промивка воскового осаду нагрітою до температури 90 – 95 ºС гарячою олією.

Результати дослідження здатності фільтрів до регенерації та збереження фільтруючих властивостей після неї, представлені в табл.1, 2 та на рис. 3 – 5.

Таблиця 1 – Фільтруюча здатність фільтрів Петрянова після регенерації

Показники	Модельна суміш (початкова олія)	Олія, профільтрована через фільтр Петрянова	Олія, профільтрована через фільтр Петрянова після його регенерації
Смак та запах	Притаманні олії соняшниковій без стороннього запаху, присмаку та гіркоти		
Прозорість	Мутна	Прозора без осаду	Прозора без осаду
Кислотне число, мг КОН/г	1,9	1,2	1,3
Пероксидне число, ½ О ммоль/кг	6,5	4,4	4,8
Колірне число, мг j_2	25	15	15
Масова частка фосфоровмісних речовин, %	0,6	0,4	0,5
Вміст воску та воскоподібних речовин, % мас.	0,3	Відсутність	Відсутність

Тобто після очищення фільтру – виплавка гарячим повітрям та промивкою гексаном – властивості фільтру відновлюються.



А після промивки гарячою олією швидкість фільтрації

помітно знижується.

Рис. 3 – Швидкість фільтрації волокнистих фільтруючих матеріалів після виплавки в атмосфері гарячого повітря (температурою 95 – 100 ºС)

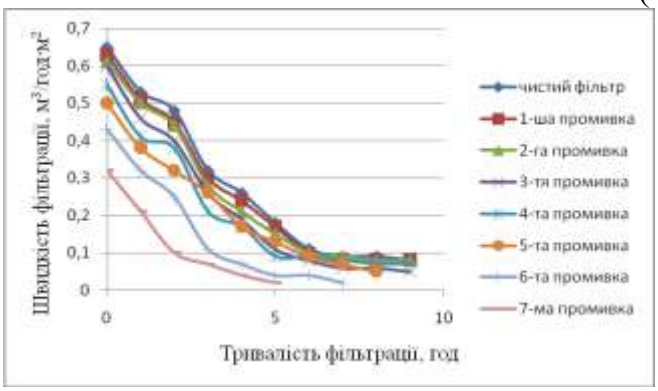


Рис. 4 – Швидкість фільтрації волокнистих фільтруючих матеріалів після промивки гексаном (температурою 45 – 50 ºС)

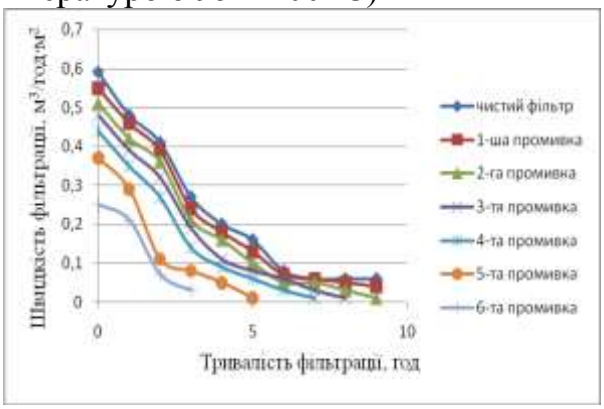


Рис. 5 – Швидкість фільтрації волокнистих фільтруючих матеріалів після промивки гарячою олією (температурою 90 – 95 ºС)

Таблиця 2 – Кількість регенерацій волокнистих фільтруючих матеріалів в технології вінтеризації соняшникової олії

Вид регенерації / Зразок олії	Виплавка гарячим повітрям		Промивка гексаном		Промивка гарячою олією	
	Кислотне число,мг КОН/г	Пероксидне число,½ О ммоль/кг	Кислотне число, мг КОН/г	Пероксидне число,½ О ммоль/кг	Кислотне число,мг КОН/г	Пероксидне число,½ О ммоль/кг
Модельна суміш	1,92	6,52	1,92	6,52	1,92	6,52
Олія, профільтрована через фільтр Петрянова вперше	1,22	4,43	1,22	4,43	1,22	4,43
після першої промивки	1,29	4,84	1,30	4,85	1,38	4,98
після другої промивки	1,31	5,01	1,33	5,02	1,47	5,25
після третьої промивки	1,35	5,35	1,37	5,34	1,53	6,02
після четвертої промивки	1,42	5,82	1,45	5,84	1,66	6,32
після п’ятої промивки	1,47	6,02	1,49	6,01	1,88	6,68
після шостої промивки	1,62	6,34	1,66	6,36	2,01	6,72
після сьомої промивки	1,93	6,57	1,94	6,58	–	–

Висновок. Доведено можливість регенерації волокнистих фільтруючих матеріалів, щодо видалення воскоподібних речовин з охолодженої олії шляхом виплавлення твердої фази, промивкою розчинниками (гексаном температурою 45 –

50 ºС та олією температурою 90 – 95 ºС). Встановлено, що збереження фільтруючих властивостей спостерігається при регенерації фільтруючих матеріалів шляхом виплавки твердої фази та промивкою гарячим розчинником.

Список літератури: 1. *Осейко М. І.* Технологія рослинних олій: Підручник / *М. І. Осейко*. – К: Варта. – 2006. – 280 с. **2.** *Арутюнян Н. С*. Рафинация масел и жиров. Теоретические основы, практика, технология, оборудование [Текст] / *Н. С. Арутюнян, Е. П. Корнена, Е. А. Нестерова*. – С.-Пб.: ГИОРД, 2004. – 288 с. : ил. **3.** О'Браєн Р. Жири и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О'Браєн; [пер. с англ. [В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Маглы]]. – [2-е изд.]. – С-Пб.: Профессия, 2007. – 752 с. **4.** Процессы и аппараты химической технологи: [учебник для студентов высших учебных заведений]. В 2 частях. Часть 1 / [*Товажнянский Л. Л., Готлинская А. П., Лещенко В. А. и др.];* под. ред. *Л. Л. Товажнянского*. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 523 с**. 5.** Волокнистые фильтрующие материалы ФП / *И. В. Петрянов, В. И. Козлов, П. И. Басманов, Б. И. Огородников*.— М.: Знание, 1968. – 78 с. **6.** *Филатов Ю. Н.* Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) Под ред. проф. *В.Н. Кириченко*. – Москва, 2001. – 232с. **7.** *Резанова В. Г.* Розробка тонковолокнистих матеріалів на основі компатибілізованих сумішей полімерів. автореф. дис. канд. техн. наук : спеціальність 05.17.15 / *В. Г. Резанова* // Київський Національний Університет технологій та дизайну. – К. 2004. – 20С. **8**. *Шутов А. А*. Формование волокнистих фильтрующих мембран методом электропрядения. / *А. А. Шутов, Е. Ю. Астахов* // Журнал технической физики. – 2006. – том 76, № 8. – С. 132 – 135. **9.** *Кириченко В. Н*. Электроформование волокнистых материалов / *В. Н. Кириченко, Ю. Н. Филатов, Ю. Л. Юров* // Новоросийск: Кубанский Государственный Технологический Университет. – 1997. – С. 45 – 52.

Надійшла до редколегії 20.11.2013

УДК 665.36

Волокнисті фільтруючі матеріали в технології очистки жирів / Нетреба А. О., Гладкий Ф. Ф. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.155-159 . – Бібліогр.: 9 назв.

В статье установлена возможность повторного использования волокнистых фильтрующих материалов при производстве масел, для усовершенствования процесса винтеризации. Исследовано качество и скорость фильтрации подсолнечного масла после регенерации фильтров Петрянова. Также определены качественные показатели масла после применения регенерированных фильтров.

Ключевые слова: волокнистые фильтрующие материалы, подсолнечное масло, воскообразные вещества, скорость фильтрации.

This article determines the reusability of fibrous filter material in the production of oils, for winterization process improvement. Investigated the quality and speed of sunflower oil filter after filter regeneration Petryanov. Well defined quality parameters of oil recovered after applying filters.

Keywords: fibrous filtering material, sunflower oil, vegetable wax, Petryanov filters, filter belting, winterization, filtration rate

УДК 664.0 637

Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО, д-р техн. наук, проф., НУБІП України, Київ

СУЧАСНА БІОТЕХНОЛОГІЯ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

В статті проаналізовано сучасні світові тренди та тенденції м'ясопереробної індустрії; визначено основні напрями розвитку для української галузі; на базі теоретичних та прикладних досліджень сформульовано вітчизняні принципи створення біотехнологій м'ясних продуктів високої якості, наведено шляхи їх практичної реалізації.

Ключові слова:біотехнологія, якість, безпечність, інновації, м'ясні продукти.

Вступ та постановка проблеми. Розвиток м'ясопереробної промисловості в умовах ринкових економічних відносин тісно пов'язаний з формуванням принципово нового підходу до виробництва готової продукції. На сьогоднішній день, найбільш поширеним шляхом вирішення технологічних завдань м'ясопереробної є застосування різноманітних комбінацій харчових добавок, що дозволяють цілеспрямовано регулювати функціональні характеристики м'ясних систем. За обсягами використання харчових інгредієнтів в світі м'ясопереробна промисловість займає одну з лідируючих позицій. Однак з розвитком сучасних технологій, світове суспільство переорієнтовується на новий рівень сприйняття м'ясної продукції. Саме тому основними течіями і трендами сучасної світової м'ясопереробної індустрії виступає виробництво екологічно безпечних продуктів з мінімізованим вмістом харчових добавок. На сьогодні, перед фахівцями м'ясної промисловості стоїть комплекс завдань, серед яких все більше вагомого значення набуває підвищення виробничої ефективності за рахунок поліпшення якості продукції, раціонального застосування і використання нетрадиційних сировинних ресурсів. З метою реалізації даних питань необхідно інтенсифікувати технологічні процеси, застосовувати сучасні наукові досягнення в галузі біотехнології на практиці. Так, однією з домінуючих світових тенденцій є концепція «CleanLabel» («Чиста етикетка»), яка передбачає використання лише високоякісної м'ясної сировини, нормованої кількість води, комбінації натуральних інгредієнтів, та біотехнологічних прийомів. Даний світовий тренд пояснюється стрімким ростом індустрії харчових добавок, які першочергово були покликані нівелювати якісні розходження або замінити частину м'ясної сировини для виробництва низькосортних м'ясних продуктів, однак перетворилися на дієвий інструмент для фальсифікації.

Мета дослідження. Головною метою даного дослідження було розробка та обґрунтування екологічно безпечних вітчизняних біотехнологій м'ясних продуктів.

Результати дослідження. Сучасні вимоги до м'ясних продуктів в першу чергу передбачають відкритість інформації для можливості свідомого вибору споживачів,

а не завуальованих даних, що вводять в оману [1, 2]. Відповідно до даної тенденції українські покупці переходять на вищий рівень споживацької свідомості (рис.1).

Соціологічні дослідження свідчать, що на першому місці при виборі м'ясних продуктів для українців стоїть якість та безпечність, а от ціна відходить на другий план. Аналітичний скрінінг свідчить, що український ринок готовий до сприйняття м'ясних продуктів високої якості.

© Л. В. БАЛЬ-ПРИЛИПКО, 2013

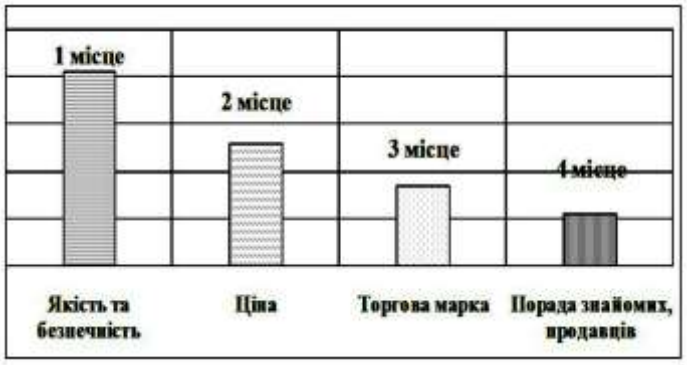


Рис. 1 – Фактори впливу на вибір м'ясних продуктів українцями

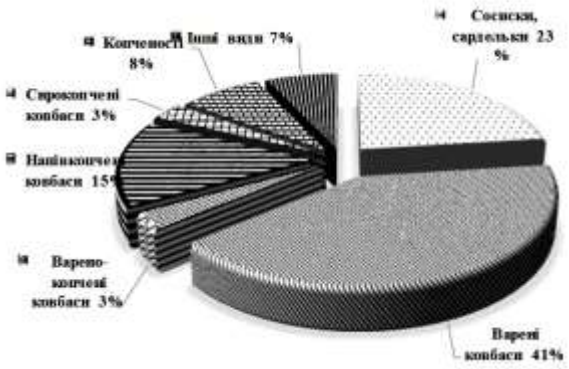


Рис. 2 – Сучасна структура ринку ковбасних виробів в Україні

В цьому аспекті необхідно проаналізувати попит вітчизняних споживачів на різні види м'ясних виробів (рис. 2). Як бачимо, найбільша частка ринку припадає на варену групу – 64 %. Зазначимо, що вітчизняний ринок м'ясопродуктів є особливим та кардинально відрізняється, скажімо, від європейської споживчої політики, де превалюють делікатесні продукти, сирокопчені та сиров'ялені ковбаси, з емульсованих видів продуктів покупці споживають паштети та різноманітні ковбаски для грилю.

Відповідно до проведено аналізу, в Україні існують всі передумови для практичної реалізації біотехнологічних прийомів на групі варених ковбас, які користуються найбільшим попитом (рис. 2). М'ясні продукти, зокрема варені ковбаси є комбінованими, багатокомпонентними виробами, тому крім зменшення кількості хімічних добавок та застосування біотехнологічних прийомів, доцільно вводити в рецептури натуральні інгредієнти з метою збагачення, надання функціональної спрямованості. Ще одним важливим аспектом сучасної харчової науки є гарантія безпечності продуктів в процесі виробництва та зберігання Основними напрямами в сфері створення екологічно безпечних та біологічно повноцінних вітчизняних м'ясних продуктів є :

- застосування досягнень прикладної біотехнології, як перспективного актуального напряму;
- пошук альтернативних вітчизняних сировинних ресурсів з метою отримання продуктів високої якості;
- коригування та збагачення нутрієнтного складу продуктів, для надання функціональної спрямованості.

На основі наукових досліджень розроблені узагальнені принципи створення високоякісних м'ясних продуктів з використанням біотехнологічних прийомів:

- застосування денітрифікуючих мікроорганізмів;
- використання сучасних ферментних препаратів;
- застосування бактеріоцинів, як перспективних біоконсервантів для м'ясних продуктів;
- збагачення м'ясних продуктів функціональними інгредієнтами у комплексі із активованими водними середовищами.

Застосування біоконсервантів (на основі Lactobacillussakei BJ-33, Lactobacilluscurvatus, Staphylococcusxylosus) відкриває широкі можливості для підвищення рівня безпечності м'ясних продуктів без застосування хімічних консервантів. Використання препаратів для зменшення залишкової кількості нітриту

натрію (на основі Staphylococcus carnosus ssp. utilis, Staphylococcus carnosus)забезпечить природній колір продуктів, в той же час виріб характеризуватиметься відсутністю нітритів. Сучасні ферментні препарати (зокрема трансглютаміназа мікробіологічного походження та протеолітичний фермент Corolase® L7089)дозволяють покращити функціонально-технологічні властивості м'ясної сировини, забезпечити покращену перетравлюваність продуктів (біодоступність для організму), удосконалити та інтенсифікувати технологічні процеси, розширити асортимент продукції тощо. Збагачення м'ясних продуктів функціональними компонентами є дуже актуальним напрямом на сьогоднішній день, у зв'язку розповсюдженим явищем дефіциту аліментарних речовин у раціонах сучасних людей.

Біоконсервація заснована на конкуренції із гнилісною мікрофлорою (рис. 3.), мікроорганізми в процесі своєї життєдіяльності використовують легко-ферментовані нутрієнти , поглинають кисень та зменшують окисно-відновний потенціал (ОВП) системи. На даній властивості ґрунтується перспективність сумісного використання біоконсервантів, активованих водних середовищ та функціонального препарату «Йодіс-концентрат», які володіють вираженими антиоксидантним властивостями і здатні проявляти синергетичний ефект, щодо зниження ОВП м'ясних систем. Аналізуючи механізм дії біоконсервантів, видно, що початковий рівень власної мікрофлори м'ясної сировини порівняно невисокий, основою дії є процес конкурентного заміщення. Боротьба з небажаною мікрофлорою проходить за рахунок утворення інгибіруючих органічних кислот та бактеріоцинів, відповідно до розроблених принципів, додатковим бар'єром в технології виробництва екологічно безпечних м'ясних продуктів (на прикладі вареної ковбаси) слугує поверхнева обробка батонів активованим водним середовищем (анолітом), у якості натурального біопротектора.

Необхідність застосування денітрифікуючих мікроорганізмів обумовлена сучасними вимогами щодо високого рівня безпечності продукції,а доцільність підтверджена результатами попередніх досліджень табл.1., рис. 3.

Таблиця 1 – Результати дослідження нітриторедуктазної активності бактеріального препарату

Показник	Зразки варених ковбас			
	1 – контрольний 0,0075% $NaNO_2$	2 – дослідний бакпрепарат+ 0,0075% $NaNO_2$	3 – дослідний бакпрепарат + 0,005% $NaNO_2$	4 – дослідний бакпрепарат + 0,003% $NaNO_2$
Масова частка нітриту натрію,%	0,0047± 0,00002	Виявлені сліди	Виявлені сліди	Виявлені сліди

Визначення вмісту залишкової нітриту натрію показало відсутність іонів нітриту (точність вимірювання ± 0,00002%) у дослідних зразках (№ 2, 3, 4) в порівнянні з контрольним (№ 1).

Зразки без залишкового нітриту відрізнялися більш високим вмістом нітрозопігментів в порівнянні з контрольним. Отримані дані свідчать про високу можливість зниження рівня введення нітриту натрію в варені ковбасні вироби з 0,0075% до 0,003% при одночасному внесенні в рецептуру бактеріального препарату, що дозволяє отримати готовий продукт практично без залишків нітриту натрію при стабільному, природньому забарвленні.

Наступною біотехнологічною складовою комплексного підходу є

біомодифікація м’ясної сировини ферментними препаратами.. Відомо, що біохімічні зміни, які проходять в сировині під дією ферментних препаратів, сприяють модифікації її функціонально-технологічних властивостей, скороченню тривалості циклу виробництва, підвищенню харчової цінності готової продукції,покращенню її засвоюваності організмом людини і стійкості при зберіганні. Завдяки частковому гідролізу білка можна досягти підвищення розчинності, емульгуючої активності, стимулювати спроможність білка до утворення нової структури, стабілізації його властивостей та створення стабільних емульсій.

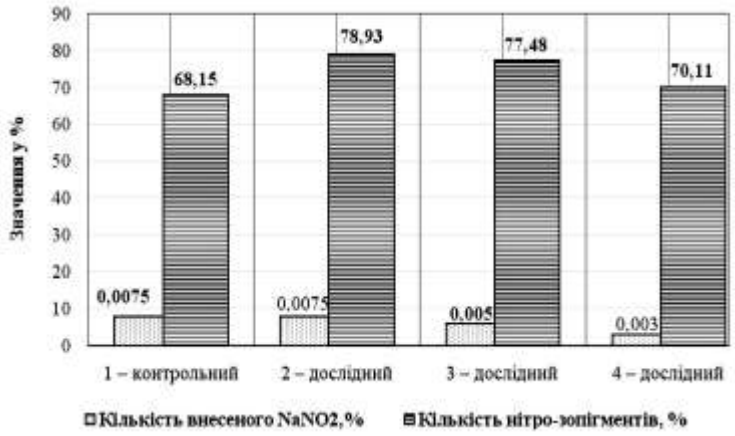


Рис. 3 – Результати дослідження кількості нітрозопігментів в контрольному та дослідних зразках варених ковбас

Швидкість ферментного гідролізу залежить від таких параметрів зовнішнього середовища, як: температура, рівень pH, значення окисно-відновного потенціалу системи, наявність активаторів та інгібіторів. Максимального позитивного ефекту біохімічної модифікації сировини можливо досягти при створенні оптимальних умов для ферментації. У зв'язку з цим, теорія застосування електрохімічно активованої води з метою спрямованого регулювання функціональних властивостей ферментних препаратів на сьогоднішній день є актуальною. Особливий інтерес представляють активовані водні середовища, внаслідок їх специфічної дії на біохімічні об’єкти. Відомо, що однією з особливостей електро активації води являється отримання розчинів з різним значенням pH (від 2- аноліт, до 12— католіт), що і обумовлює можливість їх використання для створення оптимальних умов протікання хімічної реакції, а саме дії протеолітичних ферментних препаратів. Для попередніх досліджень в якості ензиму обрано протеолітичний ферментний препарат Corolase ® L7089на основі культури *Bacillussubtilis*. Цей ферментний препарат відповідає вимогам комітету FAO / WHO для харчових добавок (JECFA) та Кодексу харчових компонентів (FCC). За проведеними експериментально-дослідними даними оптимум дії препарату знаходиться в межах pH 6,0-8,5 і температури 50-55 ° С.Однак такий діапазон pH доволі широкий,з метою визначення оптимальних параметрів католіту для активації ферменту були проведені подальші дослідження.

Аналіз механізму дії ферментного препарату дозволяє припустити можливість використання католіту для іонізації активного центру ензиму без застосування хімічних каталізаторів. Перехід молекули ензиму в активний стан сприяє зниженню енергії активації і прискоренню процесу ферментного каталізу. З метою з'ясування впливу активованих водних середовищ на активність ферментного препарату програмою дослідження передбачалося вивчення глибини ферментативного гідролізу розчину желатину ензимом. Ферментацію проводили при температурі 52 ° С, протягом 10 хв. Вплив активованого водного середовища на активність ферментного препарату представлений в табл. 2.

Аналіз даних таблиці показує, що при підвищенні лужності та зниженні ОВП католіту від pH 7,22 до 8,08 од., ОВП від -456 до – 610 мВ відбувається наростання

протеолітичної активності з 39,56відн. од. до 46,05відн. од., подальше ж підвищення лужності католіту (до 8,90) призводить до зниження протеолітичної активності ферментного препарату до 40,12 відн. од. Таким чином, оптимумом дії досліджуваного ферментного препарату є лужна фракція електрохімічно активованої води з рівнем pH=8,08 та окисно-відновним потенціалом – 610 мВ.

Таблиця 2 – Залежність активності комплексного ферментного препарату від pHта ОВП активованого водного середовища

Назва фази	pH	ОВП, мВ	Час початку розрідження желатину, сек.	Протеолітична активність, відн. од.
Католіт	7,22±0,12	-456	206,3±0,5	39,56±0,11
Католіт	7,55±0,12	-512	198,4±0,5	42,68±0,11
Католіт	8,08±0,12	-610	141,2±0,5	46,05±0,11
Католіт	8,54±0,12	-738	192,1±0,5	44,37±0,11
Католіт	8,90±0,12	-787	204,2±0,5	40,12±0,11
Водопровідна вода	7,10±0,12	+254	232,3±0,5	30,57±0,11

Представляє інтерес вплив водопровідної води на активність ферментного препарату.

Так при pH 7,10 протеолітична активність становить 30,57 відн. од., що на 22,7 % нижче в порівнянні з протеолітичною активністю ферментного препарату приготовленого на основі католіту з pH = 7,22, що підтверджує наявність енергії активації католіту і впливу її на активний центр ферментної молекули. Для подальших досліджень прийнято використовувати католіт з параметрами pH =8,08, ОВП = –610 мВ. З метою отримання високоякісних та безпечних делікатесних продуктів, що відповідають сучасним споживчим вимогам, розроблено оригінальну композицію активованого багатокомпонентного розсолу, яку використовували у подальших дослідженнях, контролем слугував розсіл з використанням ферментного препарату у тій самій кількості, на основі водопровідної води.

Одним із головних критеріїв, які характеризують глибину протеолізу білків під дією ферментного препарату, являється динаміка зміни кількісного та якісного складу амінокислот. Накопичення вільних амінокислот в продукті чинить позитивний вплив на формування його смакових та ароматичних характеристик. Хоча самі амінокислоти не мають прямого впливу на аромат м’яса,вони виконують роль речовин-попередників, які в період теплової обробки посоленого напівфабрикату продукують леткі сполуки, що забезпечують формування специфічного смаку і аромату готового продукту. Вміст амінокислот (цистин і метіонін) має суттєвий вплив на утворення м’ясного аромату. В результаті посолу і термічної обробки проходить розпад даних амінокислот з утворенням летких сірковмісних сполук – дисульфідів і трисульфідів. Аромат шинки при посолі м’ясних продуктів формується саме в результаті взаємодії амінокислот з моносахаридами.

Дослідження процесу накопичення вільних амінокислот при ферментативному гідролізі білків м’яса з використанням активованих водних розчинів проводилися методом хроматографії в Українській лабораторії якості та безпеки продукції АПК. Результати досліджень представлені на рис. 4. Вивчення амінокислотного складу зразків, дає можливість достовірно підтвердити позитивний вплив активованого

водного розчину католіту на протеолітичну активність ферментного препарату, про що свідчить приріст вільних амінокислот, в тому числі незамінних, і збільшення кількості продуктів ферментативного розпаду білків.

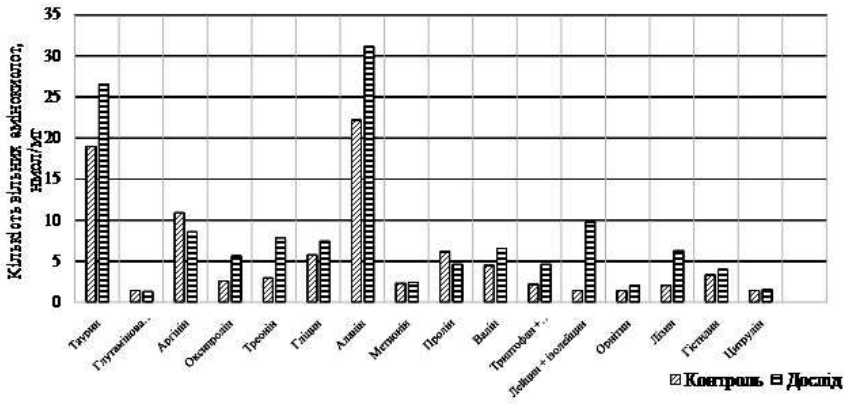


Рис. 4 – Дослідження кількості вільних амінокислот в контрольних і дослідних зразках м’ясної сировини

При дослідження готової продукції покращені результати були виявлені за фізико-хімічними, функціонально-технологічними, реологічними, органолептичними та мікробіологічними показниками.

Вагомою нагальною проблемою сучасної м’ясопереробної промисловості можна назвати застосування фосфатів та їх сумішей з метою регулювання функціонально-технологічних властивостей м’ясної системи, що може спричинити ризик передозування. Проблема надлишкового надходження фосфору з м’ясними продуктами пояснюється природнім високим вмістом фосфору у м'ясі забійних тварин, при цьому солі фосфорної кислоти обов’язково додатково вносять до рецептури . Вміст фосфатних харчових добавок в м'ясі і м’ясних продуктах (ковбаси, вироби з м'яса, копченості) регламентується «Медико-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини і харчових продуктів» № 5061-89, відповідно до яких вміст фосфатів у готовому продукті(у перерахунку на P_2O_5) не повинен перевищувати 0,4% до маси м’яса. При цьому даний норматив не враховує природнього, високого вмісту фосфатів у м’ясній сировині, що в підсумку часто призводить до ненавмисного перевищення вмісту загальних фосфатів (природні + внесені) у готовому продукті, про що свідчать численні дослідження вітчизняної продукції [4]. Для компенсації дії фосфатів у технології м’ясних продуктів використовують карбонати натрію, бікарбонати натрію, цитрати натрію тощо. Нашими науковими дослідженнями встановлено, що цитрат натрію у кількості 0,3 % до маси фаршу чинить близький до фосфатних сумішей вплив на функціональні властивості фаршів і вихід варених ковбас, але не може бути використаний для повного заміщення фосфатів внаслідок надання готовим виробам невластивого кислуватого присмаку. У той же час дієвою та перспективною є комбінація 0,15 % цитратів натрію + 0,15 % суміші фосфатів, що дає змогу знизити вдвічі кількість фосфатів у рецептурі ковбасних виробів при забезпеченні стабільно високої якості. Альтернативним «екологічним» прийомом на нашу думку є застосування активованих водних середовищ, зокрема фракції католіт для повного заміщення фосфатних добавок в рецептурах м’ясних продуктів,даний напрям є предметом комплексних досліджень.

Сучасні принципи створення екологічно безпечних, високоякісних м’ясних продуктів не можуть бути реалізовані без застосування альтернативних функціональних інгредієнтів. На нашу думку збагачення м’ясних продуктів легкозасвоюваним йодом, харчовими волокнами, а також дефіцитними макро- та

мікроелементами – вірний шлях до досягнення високого рівня якості та біологічної цінності. Відповідно до принципів створення високоякісних м'ясних продуктів такими інгредієнтами можуть бути препарати вітчизняного виробництва:

- «Йодіс-концентрат», який володіє вираженою антиокислювальною дією та містить унікальну запатентовану сполуку йоду, яка є легкозасвоюваною і стійкою до високотемпературних впливів, що дуже важливо при використанні в технології м'ясних продуктів. Сумісне застосування даного препарату та активованих водних середовищ є предметом масштабних наукових досліджень;

- «Еламін» - вітчизняний сухий концентрат морської капусти, особливістю препарату є збалансований комплекс мікро- та мікроелементів в органічно зв'язаному вигляді, що забезпечує високий відсоток засвоюваності поживних речовин -90-95%,в той час як з морської капусти в нативному вигляді організм людини засвоює лише 5-15%. Така особливість пояснюється специфічною технологією отримання. Альгінати, що входять до складу препарату є унікальними і абсолютно безпечними природними сорбентами, які зв'язують у комплекси радіонукліди, металів, токсичні речовини і виводять їх з організму. На підставі проведених досліджень Державний Комітет України харчової промисловості присвоїв «Еламіну» статус «Продукт з радіопротекторними властивостями ».

Висновки. Основними течіями і трендами сучасної світової м'ясопереробної індустрії виступають екологічно безпечні продукти з мінімізованим вмістом харчових добавок. Однак, вітчизняна практика виробництва м'ясних продуктів, які б відповідали світовій екологічній ідеології відсутня. Для вирішення озвучених проблем ми пропонуємо використовувати комплексний підхід, який включає застосування біотехнологічних прийомів та функціональних інгредієнтів у комбінації з альтернативними екологічними речовинами, що дозволить створити м'ясні продукти високого рівня якості та безпечності.

Список літератури: **1**. *Шалимова О. А*. Инновационные технологии в производстве качественных и безопасных пищевых продуктов из мяса [Текст] / *О. А. Шалимова, И. В. Горькова*.– Орел: ГАУ, 2007.– 549 с. **2.** *Баль-Прилипко Л.В., Леонова Б.І.* Математичне моделювання стабілізуючих процесів для активованих водних середовищ [Електронний ресурс] /режим доступу http://www.sworld.com.ua/konfer28/52.pdf **3**. *Блинов Н.П.* Основы биотехнологии / Н.П. Блинов - С-Пб.: Наука, 1995.-600 с. **4.** Проблемы регламентации фосфорсодержащих пищевых добавок и интерпретации результатов их анализа в мясных продуктах [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/art_2005/ n05_2_2.htm

Надійшла до редколегії 15.11.2013

УДК 664.0.637

Сучасна біотехнологія м'ясних продуктів/ Баль-Прилипко Л. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.160-166. – Бібліогр.: 4 назв.

В статье проанализированы современные мировые тренды и тенденции мясоперерабатывающей индустрии, определены основные направления развития для украинской отрасли, на базе теоретических и прикладных исследований сформулированы отечественные принципы создания биотехнологий мясных продуктов высокого качества, приведены пути их практической реализации**.**

Ключевые слова: биотехнология, качество, безопасность, инновации, мясные продукты.

This paper analyze the modern world trends and tendencies of meat industry, define the main directions of development for Ukrainian industry, based on theoretical and applied researches formulated the principles of creating national biotechnology of meat products of high quality, shown the ways their implementation.

Keywords: biotechnology, quality, safety, innovations, meat products

УДК 621.313

В. В. НАНИЙ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

УГОЛ НАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ

В статье приводиться методика определения реального угла нагрузки двигателя с катящимся ротором с помощью компьютерного моделирования магнитного поля двигателя. Дано сравнение 8- и 6-пазовой конструкции двигателя с катящимся ротором с учетом неравномерности его воздушного зазора и анализируется влияние этого зазора на реальный угол нагрузки машины. Приводятся результаты полученных исследований в графическом виде и сравниваются максимальные значения полученных углов для 6- и 8-пазовой модели двигателя.

Ключевые слова: угол нагрузки, двигатель с катящимся ротором, неравномерный воздушный зазор.

Введение. Рассматриваемый в данном исследовании двигатель с катящимся ротором (ДКР) также относится к типу синхронно-реактивных машин, так как его ротор изготовлен из ферромагнитного материала без обмотки. В настоящее время отсутствуют методики и практические рекомендации по определению диапазона изменения угла нагрузки для целей проектирования ДКР.

Цель работы. Целью работы является определение и сравнение результатов реальных углов нагрузки для шести и восьми-пазовой конструкции ДКР.

Материал исследования. Ротор в ДКР в соответствии с принципом действия обкатывается по расточке статора, в связи с чем в машине имеет место не равномерный воздушный зазор [1]. Притяжение ротора к статору реализуется силой одностороннего магнитного притяжения (СОМП), которая создается магнитным полем обмотки статора. Эта сила является источником вращающего момента ДКР:

$$M = Q_p \cdot \frac{Dr}{2} \cdot \sin\theta, \qquad (1)$$

где Q_p – результирующая сипа одностороннего магнитного притяжения (СОМП) обмотки статора; θ – угол нагрузки; Dr – диаметр ротора.

СОМП Q прямопропорциональна квадрату магнитной индукции в воздушном зазоре, а угол нагрузки в ДКР располагается между линией касания ротора со статором и вектором результирующей СОМП.

В нашем случае рассматриваются 6-ти и 8-ми катушечные обмотки, как наиболее эффективные варианты [2]. Питание обмоток осуществляется последовательно следящими импульсами от преобразователя частоты, благодаря чему на поверхности зубцов статора создается магнитная индукция, которая ограничена только уровнем насыщения материала магнитопровода. При этом максимальная результирующая СОМП создается при одновременной работе катушек, которые охватывают 180^0 внутренней поверхности статора. Для 6-ти катушечного статора это 3 катушки, а для 8-ми – 4. Результирующая СОМП в этом случае определяется как геометрическая сумма сил отдельных работающих катушек.

В упрощенном, идеализированном случае предполагалось, что сила магнитного притяжения отдельной катушки (Q_i) направлена перпендикулярно к середине зубца, на котором расположена данная катушка, а ее величина определяется магнитной индукцией для среднего воздушного зазора данного зубца. В реальности, из-за неравномерности

© В. В. НАНИЙ, 2013

воздушного зазора, имеет место сдвиг этого вектора на определенный угол в сторону уменьшения воздушного зазора, а простое его усреднение не обеспечит правильное определение значения магнитной индукции.

Для определения реального направления сил притяжения отдельных катушек и результирующей СОМП предлагается методика равенства площадей (плоскопараллельная задача) или объемов (3D задача) воздушного зазора, которая реализуется численным моделированием (методом конечных элементов) с помощью пакета программ ANSYS MAXWELL 3D [3].

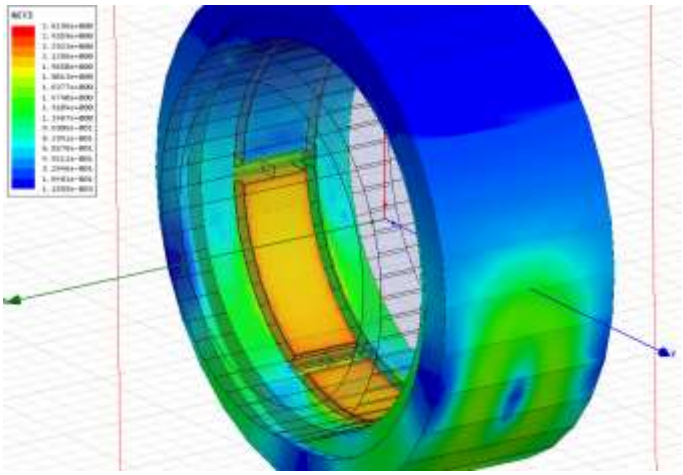


Рис. 1 – Модель магнитного поля статора

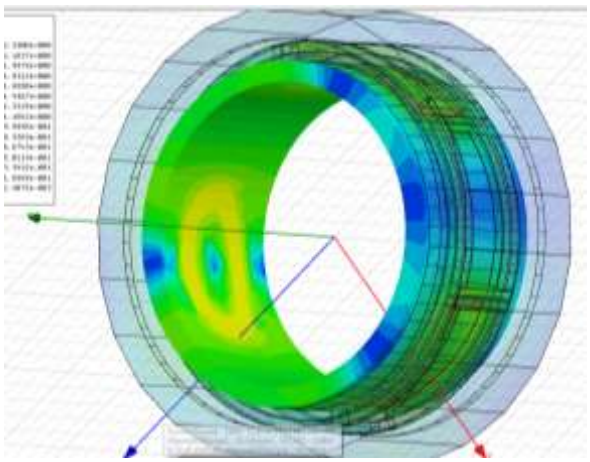


Рис. 2 – Модель магнитного поля ротора

Результаты исследований. В ходе расчета был проведен сравнительный анализ 8-пазовой и 6-пазовой конструкций экспериментальных ДКР, отличающихся между собой количеством зубцов статора и величиной эксцентриситета.

На первом этапе был рассмотрен режим, при котором запитаны катушки половины обмотки статора, магнитное поле неподвижно, нагрузка на валу отсутствует ($\theta = 0$). Такой режим работы ДКР, в отличие от других типов синхронных машин, является актуальным – режим удержания.

В ходе расчета, площадь воздушного зазора была разделены на две равные части с помощью программного пакета KOMPAS и на основании этого были определены реальные направления сил притяжения от отдельных катушек.

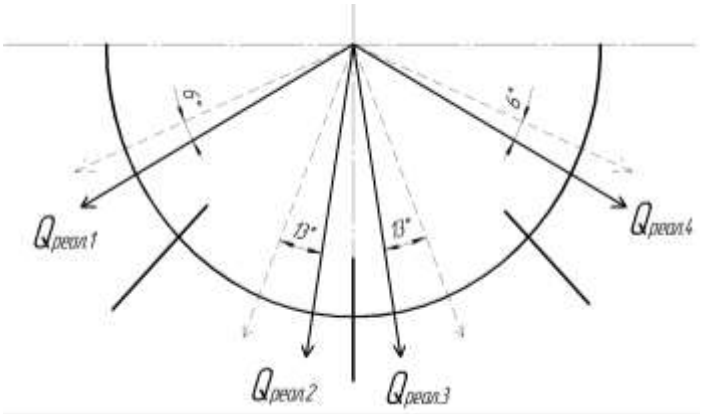


Рис. 3 – Реальные направления сил притяжения катушек обмотки статора

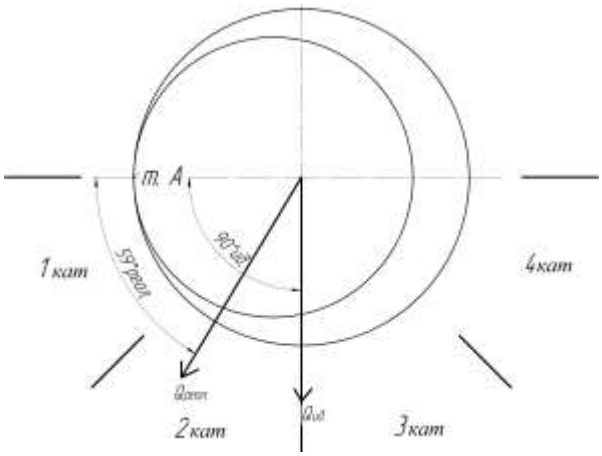


Рис. 4 –Реальное значение угла нагрузки при эксцентриситете (e) 0,35 мм

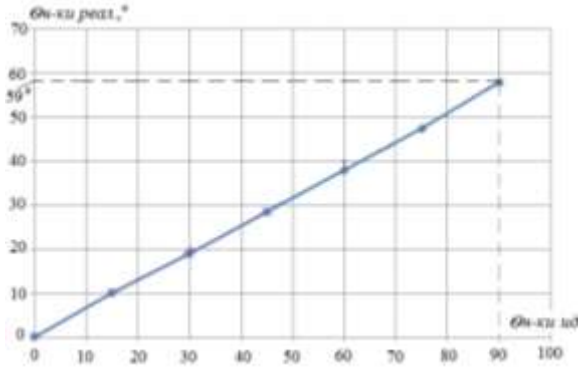


Рис. 5 –Зависимость реального угла нагрузки от идеализированного $\theta_{реал.}$ ($\theta_{ид.}$), для 8-ми катушечной конструкции экспериментального образца ДКР (*e*=0,35 мм)

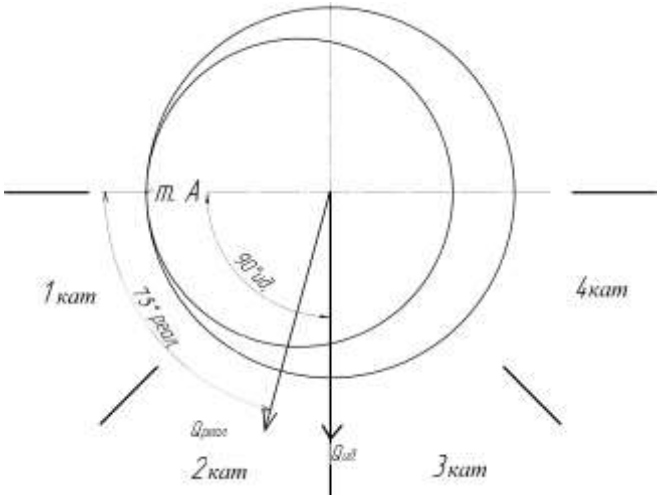


Рис. 6 – Реальное значение угла нагрузки при эксцентриситете (*e*) 0,08 мм

Как видно из рис. 3 произошло смещение векторов отдельных сил в сторону меньшего воздушного зазора и, следовательно, изменилась величина результирующей СОМП.

Затем, путем последовательных смещений точки касания ротора со статором из крайнего нижнего положения влево до -90^0 были определены реальные углы нагрузки двигателя вплоть до максимального значения для каждого эксцентриситета.

Полученные данные говорят о линейном характере зависимости реального угла нагрузки от идеализированного. Расчетные данные были подтверждены экспериментами.

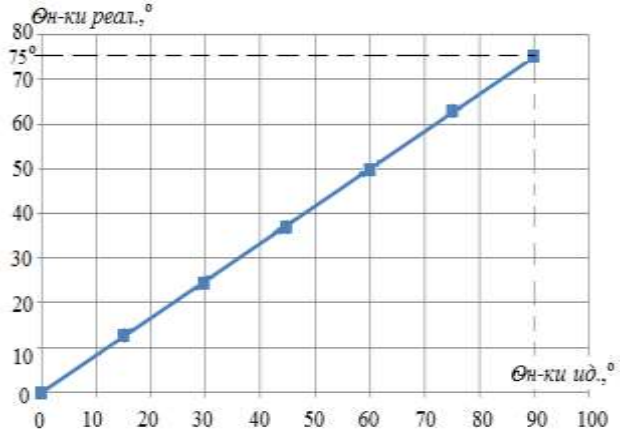


Рис. 7 – Зависимость реального угла нагрузки от идеализированного $\theta_{реал.}(\theta_{ид.})$, для 6-ти катушечной конструкции экспериментального образца ДКР (*e*=0,08 мм)

Выводы. Угол нагрузки ДКР, как и в классических синхронно-реактивных двигателях отличается от идеального значения. Он зависит от величины эксцентриситета (воздушного зазора) и магнитной индукции в воздушном зазоре. Методика 3D моделирования магнитного поля в машине является эффективной для определения угла нагрузки.

Список литературы: 1. *Бертинов А. И.* Электрические двигатели с катящимся ротором [Текст] / *Бертинов А.И., Варлей В.В.* // Издательство «Энергия», г. Москва. 1969.–200 с. **2.** *Наний В. В.* Зависимость максимального вращающего момента ДКР от количества статорных катушек при дискретном импульсном питании [Текст] / *Наний В. В., Масленников А. М.* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ». 2012. – № 28. –167с. – с.74-78. **3.** *Наний В. В.* Влияние неравномерности воздушного зазора ДКР на величину угла нагрузки [Текст] / *Наний В. В., Дунев А. А.* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Теорія і практика. – Харків: НТУ «ХПІ». 2012. – № 28. –167с. – с.65-69.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 621.313

Угол нагрузки двигателей с катящимся ротором/ / Наний В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.167-170 . – Бібліогр.: 3 назв.

У статті наводиться методика визначення реального кута навантаження двигуна з ротором, що котиться, за допомогою комп'ютерного моделювання магнітного поля двигуна. Дано порівняння 8 - і 6-пазової конструкції двигуна з ротором, що котиться, з урахуванням нерівномірності його повітряного проміжку і аналізується вплив цього проміжку на реальний кут навантаження машини. Наводяться результати отриманих досліджень у графічному вигляді і порівнюються максимальні значення отриманих кутів для 6 - і 8-пазової моделі двигуна.

Ключові слова: кут навантаження, двигун з ротором, що котиться, нерівномірний повітряний проміжок.

The article presents a comparison 8 - and 6-slot design of motor with a rolling rotor (MRR) subject to irregular air gap and analyzes the impact of this gap on the real machine load angle. The results of these researches are graphically presented and maximum values of load angles for 6 - and 8-slot motor models are compared.

Keywords: the load angle, motor with a rolling rotor, irregular air gap.

УДК 621:519.711.3

Е. В. ГУСЕВА, канд. техн. наук, доц., Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности;
О. М. КРАСТЕЛЕВ, ст. преп., Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ МНОЖЕСТВА ЗНАЧЕНИЙ УСТРОЙСТВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Предложен метод определения значений эквивалентных параметров системы электроснабжения, при которых напряжение на исследуемом участке системы будет соответствовать требуемой величине, либо отклоняться в заданном диапазоне. В математической модели представлена система алгебраических и дифференциальных уравнений, в результате решения которых получена область значений рассматриваемых электротехнических устройств.

Ключевые слова: модель системы электроснабжения, эквивалентирование, построение областей значений параметров.

Введение. Развития энергетического комплекса Украины ставит своей целью создание научной методологии оптимизации его развития, то есть методологии нахождения наилучших пропорций в развитии энергетического снабжения, изучение и нахождение наилучших форм и методов управления им.

Энергетический комплекс охватывает сложнейший по объему комплекс элементов и связей в виде разнообразнейших потребителей энергии, энергогенерирующих предприятий. Описать эти развивающиеся элементы и связи единой системой уравнений и неравенств достаточно сложно (из - за резкой их разноточности). Поэтому создание системы эквивалентных (загрубленных) математических моделей изучаемой системы является одной из главных задач.

Эти зависимости являются нелинейными, причем вид их нелинейности таков, что при решении задач на минимум затрат они не могут непосредственно учитываться в модели при расчете ее существующими методами как линейного,

© Е. В. ГУСЕВА, О. М. КРАСТЕЛЕВ, 2013

так и нелинейного программирования. С этой целью в линейных моделях обычно используются уже довольно многочисленные приемы, позволяющие учитывать нелинейные зависимости.

Настоящий момент в достаточной мере разработаны методы моделирования электроэнергетической системы с использованием эквивалентирования, и одним из основных вопросов является разработка методов описания территориального размещения потребителей энергии, то есть методов их группировки по сосредоточению в отдельных точках рассматриваемых районов а также всех обратных связей системы [7].

Постановка задачи. На сегодняшний день актуальным является разработка методов определения значений эквивалентных параметров системы электроснабжения, при которых напряжение на исследуемом участке системы будет соответствовать требуемой величине, либо отклоняться в заданном диапазоне.

В структуре показателей качества электроэнергии (ПКЭ), закрепленных в ГОСТ 13109 – 97, наиболее важными, но менее проработанными, является отклонение напряжения [5]. Дело в том, что упомянутый показатель зависит как от потребителя (его энергопотребляющей установки), так и от поставщика электроэнергии (генерация и электрические сети). Не все потребители своей энергопотребляющей установкой изменяют напряжение, но и они получают некачественную электроэнергию, если подключены к сетям, в которых имеются источники искажений.

Предлагается метод, позволяющий определять множество значений параметров не только потребителей, но и параметров эквивалентных электротехнических устройств в системе электроснабжения, обеспечивающих необходимый режимный работы по напряжению. При этом в основном подлежат уточнению параметры элементов энергосистемы такие как напряжения отдельных участков ЛЭП, сечение проводов, компенсирующие устройства, размещение подстанций, конфигурация распределительных сетей и др. для которых будут построены области их значений.

Решение задачи. Рассматриваемая энергетическая система представляется в виде ряда эквивалентных энергоузлов, характеризующихся суммарными нагрузками и режимом электропотребления соответствующих районов обслуживаемой ею территории и линий электропередач с эквивалентными параметрами, принципиально отражающих связи между этими узлами [3].

Принимаемая эквивалентная схема должна не только правильно характеризовать современное состояние реальной энергосистемы, но и решать принципиальные вопросы ее развития на перспективу.

Обобщенная математическая модель системы электроснабжения предлагается рассматривать в виде дифференциальных и алгебраических уравнений [4]:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x, e, \lambda) \\ y = \varphi(x, e, \lambda) \end{cases} \qquad (1)$$

где: $x \in R^n$ - вектор состояния;

$\lambda \in \Lambda \subset R^r$ - вектор изменяемых параметров;

$y \in R^m$ - вектор выхода;

$e \in R^q$ - вектор напряжений источников.

На вектор выхода $y(t)$ наложены ограничения $y \in Y$, отражающие требования к качеству электрической энергии. Решается задача определения множества

$\Lambda^* \subset \Lambda$ такого, что $\lambda \in \Lambda^* \Leftrightarrow y \in Y$.

Множество Λ^* позволяет указать допускаемые значения параметров, при которых обеспечивается требуемое напряжения либо его отклонение.

Рассматривается линейная электроэнергетическая система с одним эквивалентным источником $(q=1)$ напряжения $e(t)=A\sin(\omega t)$ и выходом $(m=1)$ $y=1(t)$, представляющим напряжение на рассматриваемом эквивалентном участке системы, и варьируемым эквивалентным параметром λ. Для рассматриваемого случая система (1) принимает вид [10]:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A(\lambda)x(t) + B(\lambda)e(t) \\ y(t) = C(\lambda)x(t) \end{cases} \quad (2)$$

где: $A(\lambda), B(\lambda), C(\lambda)$ - матрицы размерностей, соответственно, $[n \times n], [n \times 1], [1 \times n]$.

Начальные условия определяются для дифференциальных уравнений, описывающих реактивные элементы и представляют собой для эквивалентной индуктивной нагрузки – значения начальных токов, для эквивалентной емкостной нагрузки – напряжение источника. На качество установившегося режима (на показатели качества электроэнергии в установившемся режиме) начальные условия влияния не оказывают;

$s = j\omega$ - комплексная переменная преобразования Лапласа. На практике, качество электроэнергии в установившемся режиме определяется при синусоидальном напряжении на источнике / (источниках).

Система неравенств (3):

$$\begin{cases} |W(j\omega,\lambda)| \geq \dfrac{A_{вых\min}}{A}, \\ |W(j\omega,\lambda)| \leq \dfrac{A_{вых\max}}{A}. \end{cases} \quad (3)$$

представляет собой области значений определяемых параметров, а уравнения (4) - граничные значения определяемых параметров.

$$\begin{cases} |W(j\omega,\lambda)| = \dfrac{A_{вых\min}}{A}, \\ |W(j\omega,\lambda)| = \dfrac{A_{вых\max}}{A}. \end{cases} \quad (4)$$

В настоящее время применяются методы количественной оценки параметров (факторов), влияющих на развитие электрической сети, с учетом увеличения нагрузки. В наиболее общей постановке математическая модель должна позволять выбирать первоначальные параметры сети с учетом последующего увеличения электрических нагрузок. Отсюда и вытекает необходимость эквивалентного упрощения системы с целью отображения в модели лишь главных свойств и особенностей электрической сети. Поэтому допустимо создание математической модели, в которой все функциональные зависимости представлены в детерминированной форме [1].

Важнейшим этапом математического моделирования энергетических систем является создание моделей, эквивалентных изучаемой реальной системе. Для развивающейся энергетической системы основными вопросами эквивалентирования является разработка методов описания:

- территориального размещения потребителей энергии, то есть методов их

группировки в отдельные узлы в пределах рассматриваемых районов;

- технологических связей. Эквивалентирование здесь должно быть достигнуто описанием не всех, а только основных электрических связей, укрупненным описанием электростанций по характерным группам, а также укрупненным описанием ограниченного числа реальных режимов использования электростанций. Крайне важно в линейных моделях обоснованное эквивалентное описание фактически нелинейных и вероятностных технологических связей упрошенными линейными зависимостями.

Наряду с детерминированной моделью (1), метод применим к моделям идеализированных схем электроснабжения [9]. В основу математической модели, в частности, также может быть положена идеализированная схема, которая бы позволяла имитировать реальные условия электроснабжения в рассматриваемом районе путем приведения их (с известной степенью достоверности) к определенной расчетной схеме.

Простейшую идеализированную схему электроснабжения, принимаемую для разработки структуры модели, можно представить, например, содержащей питающий пункт, питающую линию высокого напряжения, районную понизительную подстанцию и распределительную - сеть среднего напряжения (10—35 кВ), а электрическую нагрузку — состоящей из сосредоточенной (вблизи которой, как правило, размещается районная подстанция) и равномерно распределенной по территории района. Необходимо подчеркнуть, что данная схема есть одна из возможных. Обоснование оправдываемой степени |идеализации требует специального изучения и входит в общую проблему эквивалентирования сложных систем, представляющую в самостоятельный научный интерес.

На основе изложенного можно сделать следующий вывод. Принципиально все рассматриваемые задачи нелинейные вследствие нелинейности основных связей между параметрами энергосистемы.

Современные электрические системы относятся к классу настолько сложных динамических систем, что упрощение их математического описания при изучении динамических процессов необходимо даже при использовании наиболее совершенных вычислительных средств.

Однако, и линейная модель позволяет достаточно полно описывать специфику внутренних и внешних связей энергосистемы, поскольку изучение поведения любой реальной физической системы на основе моделирования даже самыми современными методами и средствами неизбежно приводит к необходимости ее идеализации, то есть выбора из многообразия влияющих факторов и свойств системы определяющих при анализе рассматриваемого круга вопросов. Известны понятия [7] так называемой идеализированной синхронной машины, идеального трансформатора, линии без потерь и т. д. Следует выделить исходную идеализацию— априорно принимаемые допущения при математическом описании поведения системы — и идеализацию, связанную с упрощением полученных (на основании исходной идеализации) уравнений. Первая неизбежна всегда, вторая — лишь тогда, когда сложность математического описания системы исключает возможность ее изучения с помощью средств, которыми располагает исследователь.

Если пренебречь влиянием различных случайных явлений (типа флуктуации) на движение динамической системы, то относительная сложность описывающих ее

уравнений определяется числом координат и параметров, характеризующих движение системы, и законами этого движения. Уменьшение числа этих величин связано прежде всего с пренебрежением малыми параметрами. Если такое упрощение не изменяет устойчивого состояния системы, то оно допустимо.

Математической основой идеализации при этом является теория дифференциальных уравнений с малыми множителями при производных и основанный на ней метод разделения движений динамической системы на быстрые и медленные [4], который можно рассматривать как метод приближенного решения систем обыкновенных дифференцильных уравнений.

В линеаризуемых системах дифференциальных уравнений нелинейности допускаются только в виде произведения координат, а также синусов и косинусов координат.

Проведенные расчеты и анализ [10] позволяют предположить, что токи линий и нагрузок в электрических системах любой сложности всегда можно отнести к группе быстрых координат, то есть линии и нагрузки всегда могут описываться алгебраическими уравнениями. Если это предположение в ряде случаев и не будет подтверждено, то, принимая его, исследователь не вносит дополнительной погрешности по сравнению с существующей в практике расчетов переходных процессов электрических систем. Исходя из этого, исследование динамических процессов в сложных электрических системах, очевидно, целесообразно начинать с предварительного преобразования — эквивалентирования пассивной части схемы.

Вывод. На сегодняшний задачу оптимизации развития энергетической системы Украины в целом можно формулировать лишь в следующей существенно ограниченной постановке: при заданных условиях и режимах электропотребления в отдельных узлах нагрузки, а также выделяемых для электростанций энергетических ресурсах найти такую последовательность развития и сооружения различных электростанций (из числа возможных к строительству) и межсистемных линий электропередач, которая отвечает минимуму заданного критерия оптимизации за рассматриваемый период лет.

Список литературы: **1.** *Баринов В. А., Совалов С. А.* Режимы энергосистем: Методы анализа и управления. – М.: Эн ргоатомиздат, 1990. **2.** *Беркович М. А., Молчанов В. В., Семенов В. А.* Основы техники релейной защиты. -М.: "Энергоиздат", 1994, 376 с. **3.** *Веников В. А., Идельчик В. И., Лисеев М. С.* Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. М.: Энергоатомиздат, 1985. **4.** *Вержбицкий В. М.* Численные методы: Математический анализ и обыкновенные дифференциальные уравнения. - Изд.: «Оникс 21 век», 2005. **5**. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт. 6. ГОСТ 21128—83 Системы энергоснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения до 1000 В. **7.** *Крюков, А. В.* Эффективные алгоритмы решения уравнений предельных режимов энергосистем [Текст] / *А. В. Крюков, М. К.Сальникова, А. М. Степкин* // Тр. БрГУ, 2006. – С. 37-47. **8.** *Манов Н. А.* Классификация задач анализа и синтеза надежности электроэнергетических систем. – Сыктывкар, 2002. - с. (Научные доклады/ Коми научный центр Уральского отделения Российской АН; Вып. 448). **9.** *Манов Н. А.* Новые информационные технологии в задачах оперативного управления электроэнергетическими системами. Екатеринбург: УРО РАН, 2002. – с.205. **10.** *Пряшников Ф. Д., Гусева Е. В.* Построение областей заданного качества электроэнергетической системы с одним варьируемым параметром // Восточно-европейский журнал передовых технологий.- 2008. - №5/2 (35) . – с. 53 – 56.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 621:519.711.3

Усовершенствование метода построения множества значений устройств системы электроснабжения / Гусева Е. В., Крастелев О. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.170-175 . – Бібліогр.: 10 назв.

Запропоновано метод визначення значень еквівалентних параметрів пристроїв системи електропостачання, при яких напруга на досліджуваній ділянці системи відповідатиме необхідній величині, або відхилятиметься у заданому діапазоні. У математичній моделі надана система алгебраїчних і диференціальних рівнянь, в результаті розв'язання яких отримана зона значень розглядуваних електротехнічних пристроїв.

Ключові слова: модель системи електропостачання, еквівалентіроване, побудова областей значень параметрів.

Here is the method of the equivalent parameters values determination for the power supply system devices at which voltage on the investigated system area will meet the required value or will deviate in the set range. In the mathematical model the algebraic and differential equations system is given, the solution of which resulted in the obtaining of the values set for the examined electrical devices.

Keywords: model of the power supply system, ekivalentirovanie, the construction of the ranges of the parameters.

УДК 66.047.3, 66. 047. 7

В. А. КУТОВОЙ, канд. физ.- мат. наук, снс, ННЦ «ХФТИ», Харьков;
А. С. ЛУЦЕНКО, инженер - исследователь, ННЦ «ХФТИ», Харьков;
В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ

НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ТЕРМОВАКУУМНОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведена научно - практические исследования энергосберегающего метода термовакуумного процесса сушки дисперсных материалов, который продемонстрирован на примере сушки отходов деревообрабатывающей промышленности.

Ключевые слова: термовакуумная установка, влажность, энергосбережение, качество.

Введение. Уменьшение энергетических и временных затрат в процессе сушки дисперсных материалов имеет высокую актуальность. Проблема источника энергии - ключевая проблема установок различного типа в условиях надвигающегося энергетического кризиса. Энергосбережение является одной из наиболее актуальных проблем в мире. Решение этой проблемы лежит в основе использования альтернативных источников энергии, разработке энергосберегающих технологий, экологической защиты окружающей среды. [1,2]. Задача энергосберегающей технологии состоит в том, чтобы использовать тепловую энергию с максимальной эффективностью. Одним из перспективных направлений современного подхода к эффективному использованию природных и энергетических ресурсов является реализация концепций по интенсификации процессов теплообмена при удалении влаги из дисперсных материалов. Решения данной проблемы в рамках ограниченности энергоресурсов принимает более широкое использование электрической энергии в теплотехнологических процессах. Эффективность использования электрической энергии требует разработки новых способов сушки и конструкций нагревательных элементов в термотехнологичних установках. [3].

© В. А. КУТОВОЙ, А. С. ЛУЦЕНКО, В. М. КОШЕЛЬНИК, 2013

Повышение эффективности процессов сушки и получения качественной продукции главным образом связано с необходимостью комплексного решения проблем теплофизической и термодинамической направленности. Также внедрением в производство новых установок с улучшенными эксплуатационными и технико - экономическими характеристиками, что позволит эффективно подводить тепло к высушиваемого материала, ускорит процесс тепло - и массообмена во влажном материале, сократит время сушки. [4, 5].

Научное обоснование теплообменных процессов и разработка новых методов сушки на основе закономерностей термодинамических процессов, является актуальной научно - технической проблемой, решение которой определяет дальнейшее направление научных исследований в области термодинамики.

Целью работы. Целью работы является разработка энергосберегающего, высокоэффективного технологического процесса термовакуумой сушки дисперсных материалов.

Методика эксперимента. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработана энергосберегающая, высокоэффективная термовакуумная установка непрерывной сушки дисперсных материалов (рис.1).

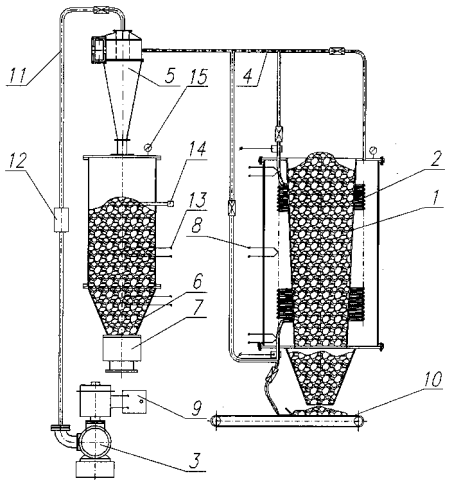


Рис. 1 – Схема термовакуумной установки

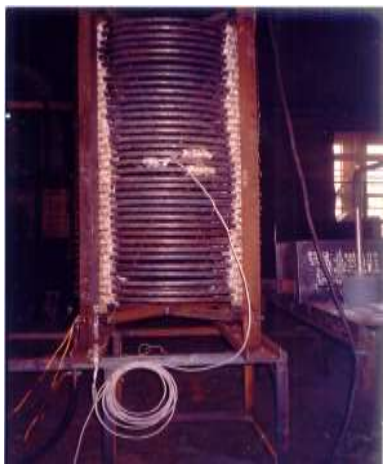


Рис. 2 – Общий вид нагревательного элемента термовакуумной установки

Установка состоит из бункера – питателя 1, резистивного полого нагревателя 2, который имеет форму спирали, рис. 2. Разрежение внутри нагревательного элемента создается с помощью вакуумного водокольцевого насоса 3. Нагреватель соединен через вакуумный трубопровод 4 с циклоном 5, приемником высушенного сырья 6 в нижней части которого находится шлюзовой затвор 7. Температура нагревательного элемента измеряется термопарами 8. Управление установкой осуществляется с пульта 9.

Влажное сырье из бункера - питателя 1 высыпается на ленту транспортера 10, с которого поступает вместе с воздухом в трубчатый нагревательный элемент 2. Внутри нагревательного элемента высушиваемый материал нагревается и поступает в циклон 5. В циклоне происходит разделение пара и высушенных твердых частиц. Пар через трубопровод 11 и фильтр 12 поступает в водокольцевой насос 3, а высушенный материал - в бункер-накопитель 6. По мере заполнения приемника 6 высушенным материалом включается шлюзовой затвор 7. Контроль температуры высушенного материала в приемнике 6 осуществляется датчиком температуры 13, а уровень высушенного материала в данном приемнике определяется датчиком уровня

14. Давление в вакуумной системе установки измеряется вакуумметром 15. Такая конструкция обеспечивает высокопроизводительную непрерывную вакуумную сушку дисперсных материалов с высокоэффективным нагревом сырья, движущегося внутри нагревательного элемента. [3]. Электрическую мощность нагревательного элемента, необходимую для сушки влажного материала, можно определит из выражения.

$$I^2 \frac{4 \cdot L \cdot \rho}{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{\tau}, \quad (1)$$

где I – ток нагревательного элемента, А; L – длина нагревательного элемента, м; d_1, d_2– наружный и внутренний диаметр нагревательного элемента, м; ρ – удельное электрическое сопротивление материала, из которого изготовлен нагревательный элемент,Ом м; Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – количество тепловой энергии, затраченной на нагревание: сухого материала, влаги, деталей та узлов сушильной установки, испарения влаги, Дж; Q_5 - тепловая энергия, которая излучается в окружающее пространство, Дж, τ - время работы установки, c.

Для получения эффективного и экономичного метода термовакуумной сушки необходимо обеспечить быструю подачу влажного материала внутрь нагревательного элемента. Это можно осуществить, если высушиваемый материал поступает вместе с воздухом в полость нагревательного элемента. Возникает двухфазная система: газ - твердые частицы. Движение происходит в восходящем потоке в нагретом изолированном пространстве нагревательного элемента при пониженном давлении. Минимальную скорость газа, которая обеспечивает работоспособность данной системы, можно определить из выражения. [6].

$$\omega = \frac{5 \cdot 10^3 g \delta^2 (\rho_t - \rho_c) \varepsilon^3 K^2}{\mu (1 - \varepsilon)}, \quad (2)$$

где ω - минимальная скорость газа, м/с; g – ускорение силы тяжести, м/с^2;

δ - диаметр шарообразной частицы, м; ρ_c плотность среды, кг/м^3; ρ_t - плотность материала, кг/м^3; ε- порозность; K –фактор формы, для шара K =1; μ- коэффициент динамической вязкости, кг/сек·м^2.

Порозность ε однородного слоя прямо пропорциональна скорости движения газа $\omega_г$ и обратно пропорциональна скорости витания частиц $v_{ч,}$

$$\varepsilon = \frac{\omega_{\tilde{a}}}{v_{\div}}.$$

Взаимодействие между твердыми частицами и газом проявляется в виде аэродинамической силы, действующей на частицы в направлении скорости движения. Величина этой силы при установившемся режиме равна потере напора, затрачиваемого на преодоление сопротивления движения твердых частиц в газовом потоке. Величина и направление силы лобового сопротивления определяются относительной скоростью дисперсных частиц внутри цилиндрического нагревательного элемента. Поэтому для формирования двухфазной системы газ - твердые частицы необходимо обеспечить скорость и направленное движение обеих сред одновременно от места входа до места выхода из аппарата. Образуется система со взвешенным слоем твердых частиц, в которой частицы подвижны и разделены между собой газовой прослойкой. Контакты между частицами кратковременны и возникают в результате взаимных столкновений между собой во время хаотического

движения. В термовакуумной установке восходящий поток в нагревательном элементе создается вакуумным насосом.

Двигаясь в полости нагревательного элемента, высушиваемый материал соприкасается с нагретыми стенками, и при этом быстро нагреваются до высокой температуры за счет внешнего источника тепла. Влага из центральных слоев высушиваемого материала движется к его поверхности в жидком виде, на поверхности она испаряется и уходит из сушильной камеры в водокольцевой насос. Суммарный поток тепла, который получает высушиваемый материал, за время нахождения внутри нагревательного элемента зависит от площади и объема частицы, потока тепла, удельной теплоемкости, коэффициента теплопередачи, плотности среды, температуры нагревания, [7].

$$\int_0^{\tau} S \cdot q dt = c \cdot \rho \cdot V(T_2 - T_1)[1 - \exp(-\frac{\alpha \cdot \tau}{c \cdot \rho_c \cdot R_v})], \qquad (3)$$

где S – площадь частицы, м^2; q – мгновенный поток тепла, Вт; V – объем частицы, м^3; a - коэффициент теплопередачи, Вт/м^{2}К; R_v – относительный объем частицы, равный отношению ее объема V к ее поверхности S.

Обсуждение результатов. Термовакуумный процесс сушки дисперсных материалов продемонстрируем на примере сушки отходов деревообрабатывающей промышленности.

Для сушки отходов деревообрабатывающей промышленности, в основном, используют барабанные сушильные установки. Барабанные сушильные установки громоздкие, металлоемкие, потребляют много энергии. Сушка происходит при атмосферном давлении температура высушиваемых отходов деревообрабатывающей промышленности высокая, что нередко является причиной воспламенения высушиваемого сырья. Скорость сушки низкая. Уменьшение энергетических и временных затрат в процессе сушки имеет высокую актуальность.

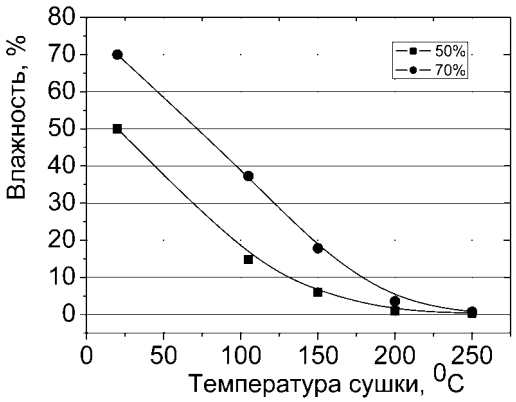


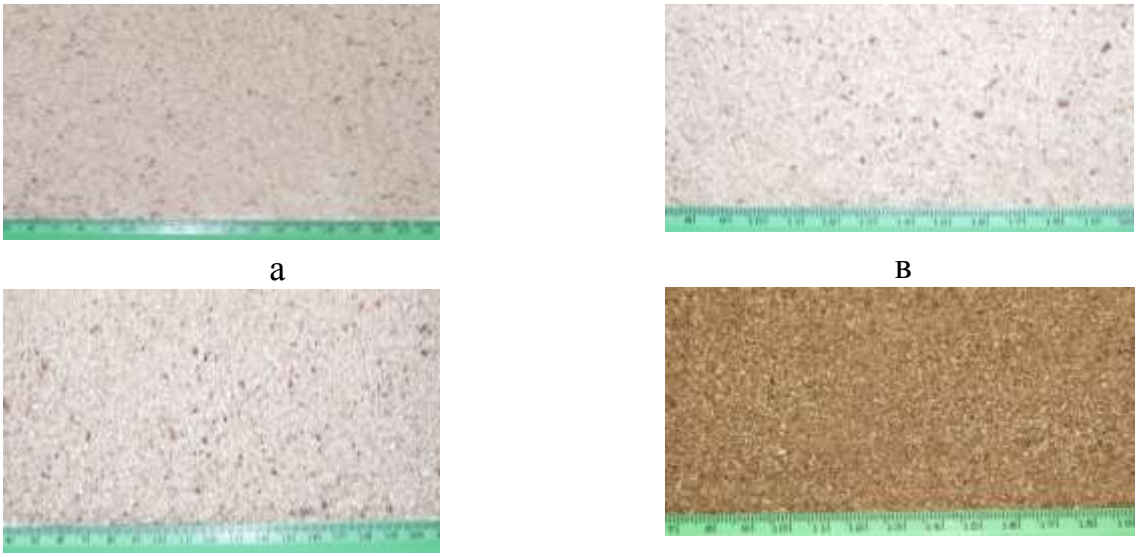
Рис. 3 – Влажность высушенных опилок в зависимости от температуры нагревателя термовакуумной установки

На рис.3 приведена влажность высушенных опилок из сосны в термовакуумной установке в зависимости от температуры нагревательного элемента. Начальная влажность опилок 50% и 70%. Из результатов исследования установлено, что для опилок с начальной влажностью 70% свободная влага удаляется при температуре нагревательного элемента в районе 175^{0}С, а для опилок с начальной влажностью 50% - 125^{0}С. Потом уходит капиллярная влага. При температуре нагревательного элемента 250^{0}С конечная влажность опилок становится около 1% независимо от начальной влажности.

Продолжительность сушки опилок в термовакуумной установке составляет 15 секунд, благодаря максимальной поверхности испарения, быстрому нагреванию, пониженному давлению окружающей среды. Процесс сушки непрерывный.

Температура нагревателя поддерживается с точностью ± 1 градус.

Это предотвращает перегрев опилок при сушке (рис. 4, а – г).



а в б г

Рис. 4 – Опилки исходные и сушка: а – опилки исходные, влажность 70%; б – при Т= 150^{0}С, конечная влажность, 20%; в – при Т=200^{0}С, конечная влажность 5%; г – при Т= 250^{0}С, конечная влажность 1%

Из рис. 4, а – г, видно, что сушка опилок происходит равномерно. В зависимости от температуры сушки - меняется цвет опилок.

Количество тепловой энергии, затраченной на 1кг высушенных опилок, составляет 370кДж. Из результатов экспериментальных исследований было установлено, что влага, которая выделяется из высушиваемого материала в термовакуумной сушильной установке, прямопропорционально зависит от подведенной электрической мощности нагревателя, температуры нагревателя, коэффициента теплопередачи от нагревателя к высушиваемому материалу, площади испарения и обратнопропорционально зависит от среднего давления в нагревательном элементе, кинетической вязкости, ударной вязкости, объема тела.

$$m_{âë}=\frac{(m_{îáù}-m_c)\cdot P\cdot T\cdot a\cdot S_{èñ}}{Ð_ñ\cdot \upsilon\cdot W\cdot V}, \qquad (4)$$

где $m_{вл}$ - масса влаги, которая выделяется из высушиваемого вещества, кг/с; $m_{общ}$ - начальная масса высушиваемого вещества, кг; m_c - масса высушенного вещества, кг; P - мощность нагревателя, Вт; T - температура нагревания высушиваемого материала, К; Pc - среднее значение давления в нагревательном элементе, Па; υ – кинетическая вязкость, м^2/с; W - ударная вязкость, Дж/м^2; $S_{ис}$ площадь испарения, м^2.

Выводы. На основании анализа проведенных научно-методологических исследований можно сделать вывод, что интенсификация процесса сушки влажных сред в термовакуумной установке может быть достигнута следующими путями:

а) увеличением разности давлений насыщенного пара у поверхности испарения высушиваемого материала и парциального давления пара в окружающей среде;

б) уменьшением размера высушиваемой частицы;

в) увеличением площади испарения влажного материала;

г) увеличением скорости нагревания высушиваемого материала до заданной температуры.

Полученные данные дают возможность создавать энергосберегающие, высокоэффективные, термовакуумные установки различного целевого назначения для равномерной сушки гетерогенных сред. Одновременное нагревание и снижение давления в окружающем пространстве ускоряет процесс удаления влаги из высушиваемого материала, понижает температуру его нагревания, улучшает качество полученной продукции.

Список литературы: **1.** *Лыков А. В.* Теория тепло и массопереноса / *А. В. Лыков, Ю.А. Михайлов* - М: «Госэнергоиздат». - 1963. - С. 47-52. **2.** *Шульман Р. Ф.* Энергосберегающая энциклопедия биотопливных технологий и альтернативных источников энергии / *Р. Ф. Шульман*. - Киев: «Украинский биоэнергетический фонд». - 2006. - 560с. **3.** Пристрій для термовакуумного сушіння: пат. №, 81138 Україна, МПК F26B9/06. / *В. О. Кутовий*. - Опубл. 10.12.07; Бюл. №20 - 5с. **4.** *Ковалевский М. Ю.* О механизмах релаксационных процессов термо-массопереноса в гетерогенныъ средах со структурой / *М. Ю Ковалевский. , В. А. Кутовой, Л. В. Логвинова* // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. - 2012, №1025, вып.4 (56). С. 10-16. **5.** *Кутовой В. А.,* Научно – технические основы энергосберегающего термовакуумного метода получения топливных брикетов из отходов деревообрабатывающей промышленности / *В. А.Кутовой, А. С Луценко //* Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2013, №2 (13). С. 27-33. **6.** *Лева М.* Псевдоожижение / *М. Лева*. – М: «Гостоптехиздат», 1961.- С.34. **7.** *Лыков А. В.* Тепломассообмен: [Справочник] / *А. В. Лыков*.- М.: «Энергия». - 1972, - 309с.

Поступила в редколлегию 05.11.2013

УДК 66.047.3, 66. 047. 7

Научно – практические основы энергосберегающего термовакуумного процесса сушки дисперсных материалов/. Кутовой В. А, Луценко А. С., Кошельник В. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.175-180 . – Бібліогр.: 7назв.

Проведено науково - практичні дослідження енергозберігаючого методу термовакуумного процесу сушіння дисперсних матеріалів, який продемонстровано на прикладі сушіння відходів деревообробної промисловості.

Ключові слова: термовакуумна установка, вологість, енергозбереження, якість.

Held a scientific - practical research of energy-efficient method of thermal vacuum drying process of dispersed materials, which is demonstrated by the example of drying of waste timber industry.

Keywords: thermal vacuum unit, humidity, energy efficiency, quality.

УДК 621.374

В. М. ДУБИК, канд. техн. наук, доц., Подольский государственный аграрно-технический университет;
Л. Н. МИХАЙЛОВА, канд. техн. наук, доц., Подольский государственный аграрно-технический университет

БИОФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ ВРЕДИТЕЛЕЙ УРОЖАЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР

Обосновано биофизическое действие информационного электромагнитного поля для уничтожения вредителей урожая садовых культур.

Ключевые слова: сад; информационные электромагнитные излучения; физико - химические процессы в биологических обьектах ; насекомые

Введение. В полноценном пищевом рационе человека важное место занимают фрукты, содержащие такие необходимые для организма вещества, как витамины, органические кислоты, микроэлементы и т.п. В связи с этим садоводство занимает важное место среди отраслей сельского хозяйства УкраиныВ связи с развитием интенсивного садоводства возрастают требования к защите растений от вредителей и болезней, эффективность, которой зависит от культуры земледелия, а также комплекса агротехнических, механических, биологических и карантинных приемов борьбы [1].

Ни одна сельскохозяйственная культура не требует столь тщательных и многочисленных обработок против вредителей и болезней, как плодовые культуры. Несвоевременное проведение мероприятий по защите растений приводит к гибели 50…70%, а иногда и всего урожая плодов.

Приведенный анализ химических и биологических методов борьбы с вредными насекомыми плодовых культур показывает, что им присущи существенные недостатки, которые приводят к необходимости поиска средств, связанных с применением электромагнитных излучением в поражающем узле электрофизических установок[1,2].

В тоже время отсутствие биофизических методов анализа взаимодействия импульсных электрических полей с насекомыми затрудняет создание эффективных электрофизических установок для уничтожения насекомых - вредителей урожая плодовых культур [3].

Анализ предшествующих исследований. В настоящее время делаются попытки применения электрофизических установок для уничтожения вредных насекомых в сельском хозяйстве[4-7].

Недостатком этих установок является их низкая эффективность по уничтожению вредных насекомых. Низкая эффективность установок связана с недостаточным анализом физико-химических процессов взаимодействия электромагнитных излучений с насекомыми и использованием этих знаний для создания высокопроизводительных по уничтожению .насекомых электрофизических установок.

© В. М. ДУБИК, Л. Н. МИХАЙЛОВА, 2013

Формирование целей статьи. Проведение биофизического анализа процесса взаимодействия ЭМП с насекомыми и обоснование фазонаправленности биоэлектромагнитных эффектов, необходимых для создания электрофизических установок по уничтожению насекомых-вредителей урожая плодовых культур.

Основная часть. В технологических процессах по защите плодовых культур от вредных насекомых, как было уже отмечено, применяют как физические, так и химические методы, которым присущи существенные недостатки. Одним из перспективных направлений по решению этой проблемы является использование ЭМИ импульсного типа.

В качестве одного из основных механизмов действия ЭМИ на клеточном уровне является концепция ведущей роли биологических мембран в реакциях биологических систем на ЭМИ [8].

Выбор нами биологических мембран в качестве предмета исследования обусловлен, во-первых, их повсеместностью и решающей ролью в жизнедеятельности отдельных клеток и организма в целом; во-вторых, их первоочередностью к воздействиям внешних физических факторов. Поэтому поиски первичных механизмов воздействий низкоэнергетических ЭМП на клетку должны идти параллельно с излучением молекулярных принципов строения и функционирования мембран. Причем выясняемые специфические механизмы воздействий ЭМП могут определять соответствующие электрические и магнитные свойства мембранных молекул и процессов с их участием.

Электрические явления, происходящие в биомембранах, играют исключительно важную роль. Образование трансмембранной разности потенциалов обусловлено избирательной ионной проводимостью мембран, в целом, являющихся отличным диэлектриком, так биослои электроизолирующих липидных молекул способны выдерживать напряженность ЭП порядка 10^5 В/см. Величина электрического потенциала на мембране чрезвычайно важна. По современной теории трансмембранного транспорта [9], именно ЭП внутри мембраны создает потоки необходимых веществ из наружной среды внутрь клетки и из клетки в наружную среду через специальные гидрофильные каналы, вероятнее всего, липопротеиновой природы. Скорость проникновения ионов через мембрану определяется такими свойствами, как толщина, значение ДП, наличие фиксированных электрических зарядов на мембране, размеры и число пор в мембране, наличие фиксированных зарядов в порах и т.д. [9-11].

Рассматривая всю совокупность мембранных биоэлектрических явлений, можно выделить некоторые электрические структурно-функциональные свойства биомембран, которые в настоящее время недостаточно изучены. Одно из них – индуцируемые изменяющимся трансмембранным ЭП, структурные перестройки мембран, в частности, ионопроводящих комплексов и их липидного окружения, имеющие первостепенное значение в проблеме выяснения физических механизмов управления трансмембранным ионным транспортом. Здесь же интересен вопрос электрозависимости переноса ионов через мембрану, поскольку еще не найдено строгое объяснение участкам в вольтамперных характеристик мембран, отвечающим отрицательному электрическому сопротивлению [11]. Кроме того, важным, но совершенно не изученным аспектом в исследовании электрических свойств

мембран, является выяснение роли наведенного электрического потенциала на устойчивость мембран под действием ЭМИ.

Известно, что время жизни биологических липидных мембран ограничено и зависит от состава мембран и внешних физических воздействий [9].

Механические нарушения и дефекты в мембранах сопряжены с такими важными биологическими процессами как слияние клеток, лизис, секреция, геморлиз и др.

Следует предположить, что отклонение мембран от равновесия может произойти под действием ЭМП за счет локального сжатия в продольном или поперечном направлении.

Уменьшение толщины мембраны может носить резко выраженный локальный характер, что следует рассматривать как начальный этап формирования локального углубления.

В настоящее время существует представления, согласно которым пробой мембран под действием электрического потенциала обусловлен особенностями поведения локальных дефектов типа сквозной поры в липидном слое.

Это явление представляет особый интерес для создания электрофизических методов уничтожения вредных насекомых плодовых культур. В связи с вышесказанным ЭМП при некоторых критических биотропных параметрах могут оказывать летальное воздействие на насекомых-вредителей и могут быть применены в качестве рабочего органа в мобильных электрофизических установках. При этом выбор указанных биотропных параметров может быть таким, что влияние на окружающую среду, в том числе на человека ЭМП оказывать не будут. Наличие внешних ЭМП сопровождается нагревом тканей организма насекомых, вплоть до их разрушения, пробоем их покрытий, а также специфическим воздействием на мембранный потенциал нервных клеток насекомых. Кроме того, ЭМП в качестве физического фактора воздействия на вредных насекомых обладает рядом положительных особенностей: энергосбережением; экологической чистотой; экономичностью; технической и структурной простотой.

Несмотря на определенный прогресс, достигнутый в исследованиях по воздействию ЭМП на биологические объекты, многие первичные молекулярные механизмы этих воздействий практически не раскрыты. Такое положение приводит к появления в литературе большого числа гипотетических механизмов воздействия ЭМП, которые часто физически не обоснованы. Все это, на наш взгляд, объясняется с одной стороны, недостаточностью чисто физического подхода к живой материи, а с другой, – тем, что затруднено, а иногда и невозможно успешное нахождение адекватной простой модели тех или иных процессов, происходящих в биологических структурах. Знание же первичных, физически обоснованных механизмов воздействия ЭМП на биологические объекты, а также закономерностей взаимосвязи молекулярного и системного уровней позволит объяснить фазонаправленность биоэлектромагнитных эффектов и дает возможность прогнозировать их возникновение, что особенно важно для борьбы с вредными насекомыми.

Выводы. Биофизический анализ позволяет установить, что для сохранения урожая плодовых культур в пределах 90…95%, необходимо применять для уничтожения летающих насекомых-вредителей мобильные передвижные

электрофизические системы с использованием импульсного электромагнитного излучения.

Список литературы: 1. *Васильев, В. П.* Вредители плодовых культур [Текст] / *Васильев В. П., Ливщиц И. З.* – М.: Колос, 1984. – 399 с. **2.** *Поспелов, С. М.* Защита растений [Текст] / *С. М. Поспелов, Н. Г. Бермин, Е. Д. Васильева.*- М.: Агропромиздат,1986.- 392с. **3.** *Белицкий, Б. Н.* Изучение действия СВЧ-поля на микроорганизмы в и непрерывных режимах [Текст] / *Б. Н. Белицкий, А. И. Педенко* // Биофизика. -1982.- Т.27, вып.. - С.923-933. **4.** *Приставко, В. П.* привлекающие ловушки в защите растений от вредных насекомых: Обзорная информация [Текст] / *В. П. Приставко.* – М.: ВНИИТЭИСХ, 1974. – 43 с. **5.** *Mulhern, T. D.* New Jersey mechanical trap for moosquito surveys. – New Jersey Agr [Текст] / *T. D. Mulhern* // Expt. Sta. Circ., 1942. – 421 p. **6.** *Терсков, И. А., Коломиец, Н. Г.* Светоловушки и их использование в защите растений [Текст] / *Терсков, И. А., Коломиец Н. Г.* – М.: Наука, 1966. – 242 с. **7.** *Кулик, М. Е.* применение светильников для обнаружения и уничтожения летающих сельскохозяйственных вредимтелей [Текст] / *М. Е. Кулик* // Сб. НТИ по электрификации с.-х. – М.: ВИНИТИ. – 1969. – Т. 11. – 58 с. **8.** *Кузнецов, А. П.* Электромагнитные поля живых клеток в КВЧ диапазоне [Текст] / *А. П. Кузнецов* // Электронная техника: сер. 1. Электроника СВЧ. – 1991. – Вып. 7 (441). – С. 3 – 6. **9.** *Рубин, А. Б.* Биофизика: в 2-х кн. кн 2. Биофизика клеточных процессов [Текст] / *А. Б. Рубин.* – М.: Высш. шк., 1987. – 303 с. **10.** *Гордийчук, И. Й.* Влияние электромагнитных полей на мембранный потенциал бактериальной клетки [Текст] / *И. Й. Гордийчук, А. В. Калиниченко //* Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. Общегосударственный научно-производственный информационный журнал. – 2008. – № 1. – С. 9 – 13. **11.** *Laamsweerd-Galler, D. V.* The Role of Proteins in Dipole Mode for Steady-State Tonis Transport through Biological Membranes [Текст] / *Laamsweerd-Galler D. V., Meessena A. F.* // J Membr. Biol. – 1975. – V. 23. – P. 103 – 137.

Поступила в редколлегию 20.11.2013

УДК 621.374

Биофизическое обоснование по применению электро-магнитного излучения для уничтожения вредителей урожая садовых культур/ Дубик В. М., Михайлова Л. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.181-184 . – Бібліогр.: 11 назв.

Обґрунтовано біофізичний вплив інформаційного електромагнітного поля для знищення шкідників врожаю садових культур.

Ключові слова: сад; інформаційні електромагнітні випромінювання; фізико-хімічні процеси в біологічних об'єктах; комахи.

In this article the biophysical effects of the electromagnetic field information were studied for the destruction of crop pests of horticultural cultures.

Keywords: garden, information electromagnetic radiation, physical-chemical words processes in biological objects, insects.

УДК 632.9:634.11

В. М. ДУБИК, канд. техн. наук, доц., Подольский государственный аграрно-технический университет;

Л. Н. МИХАЙЛОВА, канд. техн. наук, доц., Подольский государственный аграрно-технический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ИОЛОГИЧЕСКОМ ОБЪЕКТЕ ЦИЛИРДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

В данной статье представлены теоретические исследования по определению среднего значения импульсного электрического поля внутри насекомых-вредителей урожая плодовых культур, которые представлены в виде цилиндрической формы.

Ключевые слова: насекомые, сад, импульсное электрическое поле

© В. М. ДУБИК, Л. Н. МИХАЙЛОВА, 2013

Введение. В связи с развитием садоводства в Украине возрастают требования к защите урожая плодовых культур от вредителей и болезней [1]. По данным источникам [1, 2] повреждение плодов садовых культур без проведения защитных мероприятий составляет от 23% до 80% в различные годы. В настоящее время в садах Украины для уничтожения вредных насекомых применяют, в основном, только химические средства, которым присущи существенные недостатки: обеднение биоценозов, накопление в плодах остаточного количества химических препаратов.

Исследования последних лет показывают, что альтернативой химическому методу может быть электрофизический, с применением мобильных агрегатов. Эффективность мобильных агрегатов может быть осуществлена с применением в поражающем узле импульсного электрического поля.

В тоже время отсутствие теоретических методов анализа взаимодействия импульсных ЭП с насекомыми затрудняет создание эффективных электрофизических установок для уничтожения насекомых - вредителей урожая плодовых культур.

Анализ предшествующих исследований.В работе [3] были проведены экспериментальные исследования связанные с действием СВЧ - излучения на микроаргонизмы в импульсном режиме. Полученные результаты подтверждают возможность использования электрических импульсов в поражающем узле электрофизических установок для уничтожения летающих насекомых-вредителей урожая плодовых культур.

Цель работы. Провести теоретические исследования по определению среднего значения импульсного электрического поля, которое может привести к гибели летающих насекомых в саду.

Изложение основного материала. Введем цилиндрическую систему с осью z совпадающей с осью диэлектрического цилиндра, моделирующего биологический объект. Будем предполагать, что вектор $\vec{e}$ в формуле (1) для плотности тока (источник импульсов) параллелен этой оси, т.е.:

$$\vec{j} = A(t)\,\delta\left(p - p_0\right)\vec{e}_z\,, \tag{1}$$

где e_z – единичный орт вдоль оси z; p и p_0 – соответственно точка наблюдения, и точка локализации источника; $\delta\left(p - p_0\right)$ – дельта функция Дирака; $A(t)$ – амплитуда плотности тока, зависящая от времени по закону:

$$A(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} A_n \; e^{i\frac{2\pi n}{T}t}\,, \tag{2}$$

где T – период повторения импульсов, а коэффициенты A_n зависят от формы и длительности импульса.

В этом случае можно ожидать [4,5], что вектор напряженности электрического поля внутри диэлектрического цилиндра имеет доминирующую компоненту E_z $\left(E_\varphi \sim 0,\; E_r \sim 0\right)$.

Пренебрегая поляризационными эффектами, и учитывая результаты работы [6], выражение для электрического поля внутри насекомых будет иметь вид:

$$\vec{E}_{1n}(p) = k_n^2\left(\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r}\right)\int_Q \vec{E}_{1n}(q)\; G\left(|p-q|\right) dV_q + \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\,\vec{E}_n^0\,. \tag{3}$$

Поскольку компоненты вектора напряженности электрического поля E_{1n}^{φ}, E_{1n}^{z} близки к нулю, то запишем уравнение (3) для компоненты E_{1n}^{z}, а именно:

$$E_{1n}^{z}(r,\varphi,z) = k_n^2\left(\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r}\right)\int_0^{2\pi} d\varphi' \int_0^{R} r'\,dr' \int_{-\frac{H}{2}}^{\frac{H}{2}} E_{1n}^{z}(r',\varphi',z')\; G(\bar{R})\; dz' + \\ + \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\;, \qquad (4)$$

где $\bar{R} = \left(r^2 + r'^2 + (z-z')^2 - 2\,r\,r'\cos(\varphi-\varphi')\right)^{1/2}$.

Для функции $G(\bar{R})$ справедливо следующее представление [7]:

$$G(\bar{R}) = \frac{i}{8\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\sum_{m=-\infty}^{+\infty} G_m(k,r,r')\; e^{im(\varphi-\varphi')}\; e^{i\gamma(z-z')}\; d\gamma, \qquad (5)$$

где $G_m(k,r,r') = \begin{cases} H_m^{(2)}(kr)\,J_m(kr'), & r' \le r, \\ H_m^{(2)}(kr')\,J_m(kr), & r' \ge r, \end{cases}$, $k^2 = k_n^2\,\varepsilon_{2r} - \gamma^2$.

Представление (5) для ядра интегрального уравнения (4) наводит на мысль искать решение этого уравнения в виде аналогичном (5), а именно:

$$E_{1n}^{z}(r,\varphi,z) = \int_{-\infty}^{+\infty}\sum_{m=-\infty}^{+\infty} E_m^n(\gamma)\; J_m(\bar{k}\,r)\; e^{im\varphi}\; e^{i\gamma z}\; d\gamma\;, \qquad (6)$$

где $\bar{k}^2 = k_n^2\,\bar{\varepsilon}_{1n} - \gamma^2$, $E_m^n(\gamma)$ – подлежащие определению неизвестные коэффициенты.

Непосредственным вычислением легко убедиться в том, что функция (6) удовлетворяет уравнению:

$$\Delta E_{1n}^{z} + k_n^2\,\bar{\varepsilon}_{1r}\,E_n^{z} = 0. \qquad (7)$$

Заметим, что уравнение (7) следует из уравнения Максвелла и тем самым является строгим, а не приближенным как уравнение (4).

Прежде чем подставлять (5) и (6) в уравнение (4), вычислим функции E_{nz}^{0}.

Из [6] имеем:

$$E_{nz}^{0} = -i\,k_n\,G(|p-p_0|)\,A_n + \frac{A_n}{i\,k_n\,\varepsilon_{2r}}\,\frac{\partial^2 G(|p-p_0|)}{\partial z^2}, \qquad (8)$$

Подставим в (8) представление для функции $G(|p-p_0|)$ [6], тогда окончательно получаем:

$$E_{nz}^{0} = \frac{A_n}{8\pi\,k_n\,\varepsilon_{2r}}\int_{-\infty}^{+\infty}\sum_m G_m(k,r,r_0)\; k^2\, e^{im(\varphi-\varphi_o)}\; e^{i\gamma(z-z_0)}\; d\gamma, \qquad (9)$$

где $k^2 = k_n^2\,\varepsilon_{2r} - \gamma^2$, $p_0 = (r_0,\varphi_0,z_0)$ – цилиндрические координаты точки p_0, где расположен источник электромагнитных импульсов.

В дальнейшем удобно ввести преобразование Фурье по переменной z для функции $\mathrm{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,z\right)$, продолженной нулем вне интеграла $\left[-\frac{H}{2},\frac{H}{2}\right]$.

$$\overline{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,\gamma\right)=\int_{-\infty}^{+\infty}\overline{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,z\right)e^{-i\gamma z}\,dz. \tag{10}$$

$$E_{1n}^{z}\left(r,\varphi,\gamma\right)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\overline{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,\gamma\right)e^{i\gamma z}\,d\gamma. \tag{11}$$

Теперь подставим (5) в уравнение (4), тогда с учетом (9) – (11) имеем:

$$\overline{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,\gamma\right)=k_n^2\left(\overline{\varepsilon}_{1r}-\varepsilon_{2r}\right)\int_0^{2\pi}d\varphi'\int_0^{R}r'dr'\;\overline{E}_{1n}^{z}\left(r',\varphi',\gamma\right)\;\overline{G}\left(\mathrm{r},r',\varphi,\varphi',\gamma\right)+$$

$$+\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\;\overline{E}_{nz}^{0}\left(r,\varphi,\gamma\right), \tag{12}$$

где $$\overline{G}\left(\mathrm{r},\mathrm{r}',\varphi,\varphi',\gamma\right)=\frac{i}{8\pi}\sum_{m=-\infty}^{+\infty}G_m\left(k,r,r'\right)e^{im(\varphi-\varphi')}. \tag{13}$$

$$\overline{E}_{nz}^{0}\left(\mathrm{r},\varphi\right)=\frac{A_n k^2 e^{-i\gamma z_0}}{8\pi k_n\varepsilon_{2r}}\sum_{m=-\infty}^{+\infty}G_m\left(k,r,r_0\right)e^{im(\varphi-\varphi_0)}. \tag{14}$$

$$\overline{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,\gamma\right)=\sum_{\mathrm{m}=-\infty}^{+\infty}E_m^n\left(\gamma\right)\;J_m\left(\overline{k}\,r\right)e^{im\varphi}, \tag{15}$$

Далее введем среднее поле, т.е. поле, усредненное по объему биологического объекта и, используя (12) вычислим его. И так имеем:

$$E_{cp}^{n}=\frac{1}{W}\int_0^{R}r\,dr\int_0^{2\pi}d\varphi\int_{-\frac{\mathrm{H}}{2}}^{\frac{\mathrm{H}}{2}}\mathrm{E}_{1n}^{z}\left(r,\varphi,z\right)dz\cdot \tag{16}$$

где $W=\pi R^2H$ – объем биологического объекта.

Если воспользоваться (15), тогда получим:

$$E_{cp}^{n}=\frac{1}{V}\int_0^{R}E_0^n\left(0\right)J_0\left(k_n\sqrt{\overline{\varepsilon}_{1r}}\;r\right)r\,dr. \tag{17}$$

Далее, из [7] следует, что интеграл в (17) может быть вычислен в явном виде:

$$\int_0^{R}J_0\left(k_n\sqrt{\overline{\varepsilon}_{1r}}\;r\right)r\,dr=R^2\;J_1^2\left(k_n\sqrt{\overline{\varepsilon}_{1r}}\;R\right). \tag{18}$$

Подставляя (18) в (17) окончательно имеем:

$$E_{\mathrm{cp}}^{n}=\frac{E_0^n\left(0\right)}{\pi H}\;J_1^2\left(k_n\sqrt{\overline{\varepsilon}_{1r}}\;R\right). \tag{19}$$

Таким образом, для вычисления среднего поля достаточно определить величину $E_0^n\left(0\right)$. Покажем, что это можно сделать, используя уравнение (12). Прежде всего, рассмотрим интеграл в правой части формулы (12). Как легко видеть, под знаком интеграла находится произведение двух рядов Фурье по переменной φ'. Поэтому получаем:

$$\int_0^{2\pi}d\varphi'\int_0^{R}r'dr'\;\overline{\mathrm{E}}_{1n}^{z}\left(r',\varphi',\gamma\right)\;\overline{G}\left(\mathrm{r},\,r',\varphi,\,\varphi',\,\gamma\right)=$$

$$= \frac{i}{8\pi} \int_0^R r' dr' \sum_{m=-\infty}^{+\infty} E_m^n(\gamma) J_m(\bar{k} r') G_m(k,r,r') e^{im\varphi} =$$

$$= \frac{i}{8\pi} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} e^{im\varphi} E_m^n(\gamma) \int_0^R J_m(k r') G_m(k,r,r') r' dr' . \quad (20)$$

Далее, подставим (20) в (12) и воспользуемся разложением в ряды Фурье (14), (15), тогда имеем:

$$\sum_{m=-\infty}^{+\infty} E_m^n(\gamma) J_m(\bar{k} r) e^{im\varphi} = \frac{i k_n^2 (\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r})}{8\pi} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} E_m^n(\gamma) B_m(r) e^{im\varphi} +$$

$$+ C_n \sum_{m=-\infty}^{+\infty} G_m(k,r,r_0) e^{im(\varphi-\varphi_0)}, \quad (21)$$

где введены обозначения:

$$B_m(r) = \int_0^R J_m(\bar{k} r') G_m(k,r,r') r' dr'. \quad (22)$$

$$C_n = \frac{A_n k^2 e^{-i\gamma z_0}}{8\pi k_n \varepsilon_{2r}} \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}.$$

Из (21), в силу теоремы единственности для рядов Фурье, следует:

$$E_m^n(\gamma) J_m(\bar{k} r) = \frac{i k_n^2 (\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r})}{8\pi} E_m^n(\gamma) B_m(r) +$$

$$+ C_n G_m(k,r,r_0) e^{-im\varphi_0} . \quad (23)$$

Теперь следует в (18) положить $m = 0$, $\gamma = 0$ и проинтегрировать полученное соотношение по r. В результате имеем:

$$R^2 E_0^n(0) J_1^2(k_n \sqrt{\bar{\varepsilon}_{1n}} R) = \frac{i k_n^2 (\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r})}{8\pi} E_0^n(0) \bar{B}_m +$$

$$+ C_n R^2 H_0(k r_0) J_1^2(k R). \quad (24)$$

Здесь: $\bar{B}_0 = \int_0^R B_0(r) r dr = \int_0^R r dr \int_0^R J_0(\bar{k} r') G_0(k,r,r') r' dr'.$ (26)

Из (24) получаем следующее выражение для $E_0^n(0)$.

$$E_0^n(0) = \frac{C_n R^2 H_0(k r_0) J_1^2(k R)}{R^2 J_1^2(\bar{k} R) - \frac{i k_n^2 (\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r})}{8\pi} \bar{B}_0}. \quad (27)$$

Интеграл (25) может быть вычислен в явном виде. В самом деле, вначале рассмотрим следующий интеграл:

$$\int_0^R J_0(\bar{k} r') G_0(k,r,r') r' dr' = H_0^{(2)}(k r) \int_0^r J_0(\bar{k} r') J_0(k r') r' dr' +$$

$$+ J_0(k r) \int_r^R J_0(\bar{k} r') H_0^{(2)}(k r') r' dr'. \quad (27)$$

Интегралы в (27) могут быть вычислены как интегралы Ломелля [7], тогда имеем:

$$\int_0^r J_0(\bar{k} r') J_0(k r') r' dr' = \frac{r}{k_n (\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r})} \left[\sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}} J_1(\bar{k} r) J_0(k r) - \right.$$

$$- \sqrt{\varepsilon_{2r}}\ J_1(k r)\, J_0(\bar{k} r)\Big],$$

$$- \sqrt{\varepsilon_{2r}}\ H_1^{(2)}(k R)\, J_0(\bar{k} R)\Big] - \frac{r}{k_n\left(\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r}\right)}\Big[\sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}}\ J_1(\bar{k} r)\, H_0^{(2)}(k r) -$$

$$- \sqrt{\varepsilon_{2r}}\ H_1^{(2)}(k r)\, J_0(\bar{k} r)\Big]. \qquad (28)$$

Подставляя (28) в (26) после ряда эквивалентных преобразований окончательно получаем:

$$\bar{B}_0 = \int_0^R r\, dr \int_0^R J_0(k r')\, G_0(k, r, r')\, r'\, dr' = -\frac{2 i R^2}{\pi k_n^2\left(\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r}\right)}\, J_1^2(\bar{k} R) +$$

$$+ \frac{R^3 J_1^2(k R)}{k_n\left(\bar{\varepsilon}_{1r} - \varepsilon_{2r}\right)}\Big[\sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}}\ J_1(\bar{k} R)\, H_0^{(2)}(k R) -$$

$$- \sqrt{\varepsilon_{2r}}\ H_1^{(2)}(k R)\, J_0(\bar{k} R)\Big], \qquad (29)$$

где $\bar{k} = k_n \sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}}$, $k = k_n \sqrt{\varepsilon_{2r}}$.

Далее, используя (29) имеем следующее выражение для $E_0^n(0)$:

$$E_0(0) = \frac{C_n\, H_0^{(2)}(k r_0)\, J_1^2(k R)}{J_1^2(\bar{k} R)\left(1 - \frac{1}{4\pi^2}\right) - \frac{i k_n R}{8\pi}\, J_1^2(k R)\, D_0}, \qquad (30)$$

где $D_0 = \sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}}\, J_1(\bar{k} R)\, H_0^{(2)}(k R) - \sqrt{\bar{\varepsilon}_{2r}}\ H_1^{(2)}(k R)\, J_0(\bar{k} R)$. (31)

Теперь достаточно подставить (30) в (19). Окончательно получаем выражение для среднего поля в биологическом объекте:

$$E_{cp}^n = \frac{A_n k_n \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\ H_0^{(2)}(k r_0)\, J_1^2(k R)\, J_1^2(\bar{k} R)}{8\pi^2 H\left[J_1^2(\bar{k} R)\left(1 - \frac{1}{4\pi^2}\right) - \frac{i k_n R}{8\pi}\, J_1^2(k R)\, D_0\right]}. \qquad (32)$$

Здесь: $A_n = U \begin{cases} \frac{\tau}{T}, & n = 0 \\ \frac{e^{-i\frac{\pi n \tau}{T}} \sin\left(\frac{\pi n \tau}{T}\right)}{n\pi} \end{cases}$ – коэффициент разложения в ряд Фурье

– амплитуды плотности тока

τ, T – длительность и период повторения импульсов;

r_0, φ_0, z_0 – координаты источника электромагнитных импульсов;

$k_n = \frac{2\pi n}{T}\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$, $n = \pm 1, \pm 2, \ldots$, – волновое число;

$\bar{k} = k_n \sqrt{\bar{\varepsilon}_{1r}}$ – волновое число среды, моделирующей биообъект;

$k = k_n \sqrt{\bar{\varepsilon}_{2r}}$ – волновое число внешней среды;

R, H – радиус и высота диэлектрического цилиндра;

$\bar{\varepsilon}_{1r}$ – относительная ДП биологического объекта;

ε_{2r} – относительная ДП внешней среды;

ε_0, μ_0 – диэлектрическая и магнитная проницаемости вакуума.

Выводы. Полученное выражение для среднего значения импульсного электрического поля следует использовать для определения биотропных параметров электрического поля, применение которых позволить уничтожать насекомых- вредителей в саду.

Список литературы: 1. *Васильев, В. П.* Вредители плодовых культур / *Васильев В. П.,Ливщиц И. З.* – М.: Колос, 1984. – 399 с. **2.** *оспелов, С. М.* Защита растений *[Текст]* / С. *М. Поспелов, Н. Г. Бермин, Е. Д. Васильева.*- М.: Агропромиздат,1986.- 392с. **3.** *Белицкий, Б. Н.* Изучение действия СВЧ-поля на микроорганизмы в и непрерывных режимах *[Текст]* / *Б. Н. Белицкий, А. И. Педенко* // Биофизика. - 1982.- Т.27,вып.5.- С.923-933. **4.** *Вайнштейн, Л. А*. Электромагнитные волны *[Текст]* / *Л. А. Вайнштейн*.- М.:Радио и связь,1988.-345с. **5.** *Митра, Р.* Вычислительные методы в электродинамике *[Текст]* / *Р. Митра*. – М.: Мир,1977.-485с. **6.** Дубик, В. Н. *Распределение электромагнитного поля внутри насекомых вредителей урожая плодовых культур [Текст] /* В. Н. Дубик*, Н. Г. Косулина //* Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – *2010. – № 6/4 (48). – С. 50-52.* **7.** *Анго, А.* Математика для электро – и радиоинженеров. *М.: Наука*, 1965. – 778 с.

Поступила в редколлегию 20.11.2013

УДК 632.9:634.11

Определение среднего электрического поля в иологическом объекте цилирдрической формы/ Дубик В. М., Михайлова Л. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.184-190. – Бібліогр.: 7 назв.

У даній статті представлені теоретичні дослідження з визначення середнього значення імпульсного електричного поля всередині комах-шкідників врожаю плодових культур, які представлені у вигляді циліндричної форми.

Ключові слова: комахи, сад, імпульсне електричне поле

This article presents the theoretical study on determination of the average value of the pulsed electric field inside the insect of fruit crops, which are being represented in the form of a cylindrical shape.

Keywords: insects, garden, pulsed electric field

УДК 621.374

О. Ю. ХАНДОЛА, аспирантка, ХНТУСХ, Харьков

АНАЛИЗ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА НЕОДНОРОДНОЙ СФЕРЕ ЯИЦ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

В данной статье представлены исследования по распределению электромагнитного поля внутри яиц шелкопряда, которые представлены в виде неоднородной сферы. Библиогр.: 6 назв.

Ключевые слова: крайневысокочастотный диапазон; яйца тутового шелкопряда; внутреннее электромагнитное поле; неоднородная сфера.

Введение. В настоящее время в Украине наблюдается снижение урожайности и качества коконов тутового шелкопряда. Это связано с тем, что ослабла кормовая база шелководства, ухудшились условия выращивания гусениц, отсутствуют новые технологии повышения урожайности коконов шелкопряда [1].

© О. Ю. ХАНДОЛА, 2013

Анализ физиологических особенностей шелкопряда показывает, что одним из путей повышения рентабельности шелководства является применение информационного электромагнитного поля (ЭМП) миллиметрового диапазона для обработки яиц шелкопряда [2].

Анализ предшествующих исследований. Анализ литературных источников показывает, что повышение продуктивности и качества коконов тутового шелкопряда возможно через обработку яиц грены шелкопряда информационным электромагнитным полем (ЭМП) с определёнными биотропными параметрами (частота, плотность потока мощности, экспозиция) [1, 2].

Научным фундаментом ведущихся исследований служит тот факт, что явления электромагнитной природы являются не сопутствующими, а существенными факторами жизнедеятельности любого живого организма. Это означает, что при определенной экспозиции, поверхностной плотности мощности и при соответствующих значениях частоты, модуляционных и поляризационных характеристиках это поле будет играть роль воздействия, влияние которого будет связано со стимулирующим эффектом для яиц грены шелкопряда [3].

Однако, учитывая, что реальные яйца грены характеризуются слоистым строением и, следовательно, различными электрофизическими характеристиками, то требуется теоретически рассмотреть распределение ЭМП внутри неоднородной структуры этого биологического объекта. Основной целью теоретического анализа ЭМП внутри биологического объекта является изучение распределения их в объеме объекта с целью управления биофизическими процессами за счет изменения биотропных параметров [3].

Целью статьи является проведение теоретических исследований по распределению электромагнитного поля внутри яиц шелкопряда с неоднородной структурой.

Изложение основного материала. Пусть центр сферы яйца шелкопряда совпадает с центром сферической системы координат (r, φ, θ), падающее поле распространяется в положительном направлении оси OZ, а $\vec{E}^{пад}$ параллельно оси OX. Представим падающее поле в виде разложения по собственным векторным функциям сферы [4]:

$$\begin{aligned}\vec{E}^{пад} &= \sum_{m,n} e^{пад}_{lmn}\vec{L}_{mno} + \sum_{m,n} e^{пад}_{gmn}\vec{M}_{mno} + \sum_{m,n} e^{пад}_{cmn}\vec{N}_{mne};\\ \vec{H}^{пад} &= \sum_{m,n} h^{пад}_{lmn}\vec{L}_{mne} + \sum_{m,n} h^{пад}_{gmn}\vec{M}_{mne} + \sum_{m,n} h^{пад}_{cmn}\vec{N}_{mno},\end{aligned} \tag{1}$$

где коэффициенты $e^{пад}_l$, $e^{пад}_g$, $e^{пад}_c$, $h^{пад}_l$, $h^{пад}_g$, $h^{пад}_c$ являются функциями r;

$$\vec{L}_{mn^o_e} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{(2n+1)(n-m)!}{2\pi(n+m)!}}P_n^{(m)}(\cos\theta)^{\cos}_{\sin} m\varphi\cdot\vec{e}^{\,0}_r; \tag{2}$$

$$\vec{M}_{mn^o_e} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{(2n+1)(n-m)!}{2\pi n(n+1)(n+m)!}}\left[\frac{dP_n^{(m)}(\cos\theta)}{d\theta}^{\cos}_{\sin} m\varphi\cdot\vec{e}^{\,0}_\theta \mp \frac{P_n^{(m)}(\cos\theta)}{\sin\theta}^{\sin}_{\cos} m\varphi\cdot\vec{e}^{\,0}_\varphi\right]; \tag{3}$$

$$\vec{N}_{mn^o_e} = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{(2n+1)(n-m)!}{2\pi n(n+1)(n+m)!}}\left[-\frac{dP_n^{(m)}(\cos\theta)}{d\theta}^{\cos}_{\sin} m\varphi\cdot\vec{e}^{\,0}_\varphi \mp \frac{P_n^{(m)}(\cos\theta)}{\sin\theta}^{\sin}_{\cos} m\varphi\cdot\vec{e}^{\,0}_\theta\right]; \tag{4}$$

индексы o или e означают выбор верхнего или нижнего варианта тригонометрической функции и знака;

$P_n^{(m)}(\cos\theta)$ – присоединенные функции Лежандра;

$\vec{e}_r^{\,0}$, $\vec{e}_\varphi^{\,0}$, $\vec{e}_\theta^{\,0}$ – координатные орты;

$n = 0,1,2,...$;

$m = 0,1,2,...$ Учитывая вышеизложенное, несложно получить и сами коэффициенты разложения полей:

$$\begin{cases} e_{lmn}^{nad} = E_0\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1^3}}\sqrt{2\pi n(n+1)(2n+1)}\dfrac{i^{n-1}}{\sqrt{r}}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r); \\ e_{gmn}^{nad} = E_0\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1^3}}\sqrt{2\pi(2n+1)}i^{n-1}\dfrac{d}{dr}\left[\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r)\right]; \\ e_{cmn}^{nad} = E_0\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}\sqrt{2\pi(2n+1)}i^{n}\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r); \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} h_{lmn}^{nad} = E_0\sqrt{\dfrac{\varepsilon_1}{\mu_0}}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1^3}}\sqrt{2\pi n(n+1)(2n+1)}\dfrac{i^{n-1}}{\sqrt{r}}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r); \\ h_{gmn}^{nad} = E_0\sqrt{\dfrac{\varepsilon_1}{\mu_0}}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1^3}}\sqrt{2\pi(2n+1)}i^{n-1}\dfrac{d}{dr}\left[\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r)\right]; \\ h_{cmn}^{nad} = -E_0\sqrt{\dfrac{\varepsilon_1}{\mu_0}}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}\sqrt{2\pi(2n+1)}i^{n}\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r). \end{cases} \quad (6)$$

Рассеянное поле ищется также в виде разложения по собственным векторным функциям сферы, которые должны удовлетворять уравнениям Максвелла. Интегрируя их, находим коэффициенты разложения в данном случае:

$$\begin{cases} e_{lmn}^{pacc} = \dfrac{i}{\omega\varepsilon_1}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}\sqrt{n(n+1)}b_{mn}^{pacc}\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r); \\ e_{gmn}^{pacc} = \dfrac{i}{\omega\varepsilon_1}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}b_{mn}^{pacc}\dfrac{d}{dr}\left[\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k\,r)\right]; \\ e_{cmn}^{pacc} = \sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}a_{mn}^{pacc}\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r), \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} h_{lmn}^{pacc} = -\dfrac{i}{\omega\mu_0}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}\sqrt{n(n+1)}a_{mn}^{pacc}\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r); \\ h_{gmn}^{pacc} = -\dfrac{i}{\omega\mu_0}\sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}a_{mn}^{pacc}\dfrac{d}{dr}\left[\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r)\right]; \\ h_{cmn}^{pacc} = \sqrt{\dfrac{\pi}{2k_1}}b_{mn}^{pacc}\sqrt{r}H^{(1)}_{n+\frac{1}{2}}(k_1 r), \end{cases} \quad (8)$$

где a_{mn}^{pacc} и b_{mn}^{pacc} – постоянные коэффициенты, подлежащие определению.

Поле внутри сферы также записывается в виде:

$$\begin{cases} \vec{E} = \sum_{m,n} e_{lmn}\vec{L}_{mno} + \sum_{m,n} e_{gmn}\vec{M}_{mno} + \sum_{m,n} e_{cmn}\vec{N}_{mne}; \\ \vec{H} = \sum_{m,n} h_{lmn}\vec{L}_{mne} + \sum_{m,n} h_{gmn}\vec{M}_{mne} + \sum_{m,n} h_{cmn}\vec{N}_{mno}. \end{cases} \quad (9)$$

Уравнения для коэффициентов e_l, e_g, e_c, h_l, h_g, h_c получаются в результате интегрирования первого и второго уравнений Максвелла с соответствующей весовой функцией [4 – 6]. Для сферы с радиально-симметричной неоднородностью получаем две независимые конечные системы уравнений:

$$\begin{cases} n(n+1)h_c + i\omega r\varepsilon(r)e_l = 0; \\ \dfrac{dh_c}{dr} + i\omega\varepsilon(r)e_g = 0; \\ -\dfrac{de_g}{dr} + \dfrac{n(n+1)}{r}e_l - i\omega\mu_0 h_c = 0, \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} n(n+1)e_l - i\omega r\mu_0 h_l = 0; \\ \dfrac{de_c}{dr} - i\omega\mu_0 h_g = 0; \\ -\dfrac{dh_g}{dr} + \dfrac{n(n+1)}{r}h_l + i\omega\varepsilon(r)e_c = 0, \end{cases} \quad (11)$$

которые приводятся к двум дифференциальным уравнениям второго порядка:

$$\varepsilon\frac{d}{dr}\left(\frac{1}{\varepsilon}\frac{dh_c}{dr}\right) + \left(k^2 - \frac{n^2(n+1)^2}{r^2}\right)h_c = 0, \quad (12)$$

$$\frac{d^2e_c}{dr^2} + \left(k^2 - \frac{n^2(n+1)^2}{r^2}\right)e_c = 0, \quad (13)$$

Уравнение (13) решается обычным способом и приводит к

$$e_{cmn} = \sqrt{\frac{\pi}{2k}}a_{mn}\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(kr), \quad (14)$$

где a_{mn} – некоторые константы.

Уравнение (12) к уравнению Бесселя не приводится, так как $\varepsilon = \varepsilon(r)$. Учитывая, что обычно в биообъекте зависимость ε от радиуса выражена, не очень сильно, разложим $\varepsilon(r)$ в степенной ряд и возьмем нулевой член этого разложения. Тогда решением (12) будет:

$$h_{cmn} = \sqrt{\frac{\pi}{2k}}b_{mn}\sqrt{r}J_{n+\frac{1}{2}}(kr), \quad (15)$$

где b_{mn} – неизвестные коэффициенты;

$k = \omega\sqrt{\varepsilon\mu_0}$ является функцией r и в (12) и в (13).

Подставляя (14), (15) в (10), (11), получаем остальные коэффициенты разложения внутренних полей по собственным векторным функциям сферы. Используя затем условие равенства тангенциальных составляющих полей на поверхности сферы, несложно определить и коэффициенты a_{mn}, b_{mn}, $a_{mn}^{\text{ðàñ÷}}$, $b_{mn}^{\text{ðàñ÷}}$.

Так как рассматривается случай радиально-симметричной неоднородности, то волн с индексом $m=0$ существовать не будет в связи с их отсутствием в падающей волне. Учитывая, что основной вклад в процессы, происходящие в биообъекте, делает первая гармоника внутреннего поля, вычислим ее величину. Компоненты полей первой гармоники имеют следующий вид:

$$\begin{cases} E_r = \dfrac{e_{l11}}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{\pi}}\sin\theta\cos\varphi; \\ E_\varphi = -\dfrac{e_{g11}}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{2\pi}}\sin\theta\cos\varphi; \\ E_\theta = \dfrac{1}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{2\pi}}\left(e_{g11}\cos\theta\cos\varphi - e_{c11}\sin\varphi\right), \end{cases} \tag{16}$$

$$\begin{cases} H_r = \dfrac{h_{l11}}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{\pi}}\sin\theta\sin\varphi; \\ H_\phi = \dfrac{1}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{2\pi}}\left(h_{g11}\cos\varphi - h_{c11}\cos\theta\sin\varphi\right); \\ H_\theta = \dfrac{1}{2r}\sqrt{\dfrac{3}{2\pi}}\left(h_{g11}\cos\theta\sin\varphi + h_{c11}\cos\varphi\right). \end{cases} \tag{17}$$

Здесь

$$e_{l11} = \frac{ib_{11}}{\omega\varepsilon}\sqrt{\frac{\pi r}{k}}J_{\frac{3}{2}}(kr), \tag{18}$$

$$e_{g11} = \frac{ib_{11}}{\varepsilon\sqrt[4]{\mu_0}}\sqrt{\frac{\pi}{2\omega^3}}\left[\frac{1}{2\sqrt{r}\sqrt[4]{\varepsilon}}J_{\frac{3}{2}}(kr) - \frac{\sqrt{r}}{4\sqrt[4]{\varepsilon^5}}J_{\frac{3}{2}}(kr)\frac{d\varepsilon}{dr} + \frac{\sqrt{r}}{\sqrt[4]{\varepsilon}}k\left(J_{\frac{1}{2}}(kr) - \frac{3}{2kr}J_{\frac{3}{2}}(kr)\right)\right], \tag{19}$$

$$e_{c11} = a_{11}\sqrt{\frac{\pi r}{2k}}J_{\frac{3}{2}}(kr), \tag{20}$$

$$h_{l11} = -\frac{ia_{11}}{\omega\mu_0}\sqrt{\frac{\pi r}{k}}J_{\frac{3}{2}}(kr), \tag{21}$$

$$h_{g11} = -\frac{ia_{11}}{\omega\mu_0}\sqrt{\frac{\pi}{2}}\left[\frac{1}{2\sqrt{kr}}J_{\frac{3}{2}}(kr) - \frac{\omega}{4}\sqrt{\frac{r\mu_0}{k^3\varepsilon}}J_{\frac{3}{2}}(kr)\frac{d\varepsilon}{dr} + \sqrt{kr}\left(J_{\frac{1}{2}}(kr) - \frac{3}{2kr}J_{\frac{3}{2}}(kr)\right)\right], \tag{22}$$

$$h_{c11} = b_{11}\sqrt{\frac{\pi r}{2k}}J_{\frac{3}{2}}(kr), \tag{23}$$

$\dfrac{d\varepsilon}{dr}$ – вычисляется в каждом конкретном случае задания зависимости диэлектрической проницаемости от r;

$$a_{11} = -iE_0\sqrt{6\pi k k_1}\,\omega\mu_0\left(J_{\frac{1}{2}}(k_1R)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R) - H^{(1)}_{\frac{1}{2}}(k_1R)J_{\frac{3}{2}}(k_1R)\right)\times$$
$$\times\left\{k_1J_{\frac{3}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{1}{2}}(k_1R) - kH^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R)J_{\frac{1}{2}}(kR) + \frac{3}{2\sqrt{a^3}}J_{\frac{3}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R)\left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k_1}\right)\right\}^{-1}, \tag{24}$$

$$b_{11} = -iE_0\omega\sqrt{\frac{6\pi Rk}{k_1}}\left[J_{\frac{1}{2}}(k_1R)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R) - H^{(1)}_{\frac{1}{2}}(k_1R)J_{\frac{3}{2}}(k_1R)\right]\times$$
$$\times\left\{\frac{1}{2\sqrt{R}}J_{\frac{3}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R)\left(\frac{1}{\varepsilon}-\frac{1}{\varepsilon_1}\right)+\sqrt{R}\left[\frac{k}{\varepsilon}J_{\frac{1}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R)-\right.\right.$$
$$\left.\left.-\frac{k_1}{\varepsilon_1}J_{\frac{3}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{1}{2}}(k_1R)\right]+\frac{3}{2a}J_{\frac{3}{2}}(kR)H^{(1)}_{\frac{3}{2}}(k_1R)\left(\frac{1}{k_1\varepsilon_1}-\frac{1}{k\varepsilon}\right)\right\}^{-1}. \quad (25)$$

В рассмотренной выше задаче приведены окончательные формулы для расчета внутренних полей лишь для основной гармоники. Этого бывает достаточно практически во всех случаях. Однако если необходимо исследовать процессы, связанные с резонансными явлениями, используются результаты для гармоник с более высокими номерами. С этой целью в общие выражения необходимо подставить номера соответствующих гармоник и получить необходимые для расчетов поля.

Выводы. Выражение (16 – 25) позволяют исследовать распределение ЭМП внутри яиц грены шелкопряда и на основе распределения поля определить необходимые параметры поля для стимуляции биофизических процессов в яйцах шелкопряда.

Список литературы: 1. Шовківництво / [В. *О. Головко* [та ін.]. – Харків: РВП «Оригинал», 1998. 416 с. **2.** *Парпиев, Б. А.* Влияние экологических факторов на физиологические процессы у тутового шелкопряда / *Б. А. Парпиев* // Труды среднеазиатского научно-исследовательского института. – Ташкент, 1976. – Т. 9. – С. 97 – 104. **3.** *Тучный, В. П.* Микроволновые технологии в современной структуре технологического процесса / *В. П. Тучный* // Сб. Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы. – Одесса: ОКФА, 2000. – С. 6 – 12. **4.** *Никольский, В. В.* Электродинамика и распространение радиоволн / В. *В. Никольский, Т. И. Никольская.* – М.: Наука, 1989. – 543 с. **5.** *Кальницкий, Л. А.* Специальный курс высшей математики / *Л. А. Кальницкий, Д. А. Добротин, В. Ф. Жевержеев.* – М.: Высшая школа, 1976. – 389 с. **6.** *Тихонов, А. Н.* Уравнения математической физики / *А. Н. Тихонов, А. А. Самарский.* – М.: МГУ «Наука», 2004. – 798 с.

Поступила в редколлегию 20.11.2013

УДК 621.374

Анализ дифракции электромагнитного поля на неоднородной сфере яиц тутового шелкопряда/ Хандола О. Ю. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 70 (1043). – С.190-195. – Бібліогр.:6 назв.

У даній статті представлені дослідження з розподілу електромагнітного поля всередині яєць шовкопряда, які представлені у вигляді неоднорідної сфери.

Ключові слова: крйвисокочастотний діапазон; яйця тутового шовкопряда; внутрішнє електромагнітне поле; неоднорідна сфера.

This article presents research on the distribution of the electromagnetic field inside the silkworm eggs, which are being considered as an objects in the form of an inhomogeneous spheres.

Keywords: extremely high range; silkworm eggs; internal electromagnetic field; uniform sphere.

ЗМІСТ

Абрамчук Ф. И., Кабанов А. Н., Петров Н. В. Методика расчёта процесса сгорания в автомобильном биогазовом ДВС 3

Костик К. О. Підвищення зносостійкості деталей прес-форм лиття під тиском методом борування з нанопаст 8

Фурсова Т. Н. Исследование напряженно – деформированного состояния елочных хвостовых соединений рабочих лопаток паровых турбин 12

Лясов В. Г., Мамаев А. В., Житникович П. А., Мацышин С. О. Исследование влияния технологии термомехани-ческого упрочнения проката на комплекс структурных составляющих и прогнозирование механических свойств 17

Филимонихин Г. Б., Гончаров В. В. Стенд центробежной соковыжималки с автобалансиром для определения оптимальных значений параметров автобалансира 22

Савчук В. П. Моделирование движения элементов подвески Macpherson на примере автомобилей семейства ВАЗ 2110 27

Скрип'юк Р. Б. Методи діагностував
ння технічного стану вертикального валкового млина AG-MPS 180BK 34

Усиков М. С. Освоение новой номенклатуры отливок на этапе технического перевооружения литейного производства 41

Викович И. А., Зубачик Р. М. Разработка имитационной модели для определения максимальной длины очереди транспортных средств 48

Филиппенко И.В. Проектирование систем радиочастотной идентификации с использованием широкополосной технологии 59

Сіконенко Г. М., Моніч О. А. Удосконалення технології перевезення вантажів з використанням вагонів власності інших держав 65

Думанский А. В., Михайлова Л. Н. Аналитический анализ антенной системы для лечения эндометрита животных 69

Угрин Д. І., Шевчук С. Ф. Елементи розвитку та перспективи досліджень технології хмарних обчислень 74

Егорова И. Н., Бекетова А. Д., Куница М. Ю. Исследование и практическая реализация современных методов веб-дизайна 79

Петрушов В. В., Кривцун М. О. Проблеми інтермодальних перевезень в Україні 84

Егорова И. Н., Истомина А. А. Исследование и практическая реализация методов веб-аналитики 90

Гоц В. В. Структура информационной среды девелоперского проекта 95

Жемчужкина Т. В., Носова Т. В., Шаровская О. В. Медицинская информационная система диагностики группы риска инсульта 100

Дёмин Д. А. Синтез системы управления импульсным формообразованием в процессе модернизации встряхивающе-прессовой формовочной машины 105

Сиротенко В. А. Синтез системы управления двузпозиционным стержневым автоматом для изготовления стержней в нагреваемой оснастке 114

Мисник Л. Д. Методичні основи навчання та контролю знань студентів з теоретичної механіки з використанням тестових технологій 122

Селезньова Г. С., Ревенко Д. С. Огляд і аналіз сучасних концепцій управління життєздатністю проектів 127

Слободнюк Р. Є, Прасол Д. Ю. Вивчення процесу фазових перетворень гідгоакустично обробленого оклестеризованого кукурудзяного крохмалю 133

Москалюк И. В., Сакун Н. Н., Шуляк Н. И. Анализ и профилактика профессиональных заболеваний на предприятиях металлургической и горно-химической промышленности 138

Прасолов Є. Я., Лапенко Т. Г. Зниження травмо небезпек мобільних агрегатів для внесення добрив технічними засобами захисту 144

Шмельков В. В., Райко В. Ф., Цейтлин М. А. Математическое моделирование оседания твердой частицы, сопровождающееся ее растворением 149

Нетреба А. О., Гладкий Ф. Ф. Волокнисті фільтруючі матеріали в технології очистки жирів 155

Баль-Прилипко Л. В. Сучасна біотехнологія м’ясних продуктів 160

Наний В. В. Угол нагрузки двигателей с катящимся ротором 167

Гусева Е. В., Крастелев О. М. Усовершенствование метода построения множества значений устройств системы электроснабжения 170

Кутовой В. А, Луценко А. С., Кошельник В. М. Научно – практические основы энергосберегающего термовакуумного процесса сушки дисперсных материалов 175

Дубик В. М., Михайлова Л. Н. Биофизическое обоснование по применению электро-магнитного излучения для уничтожения вредителей урожая садовых культур 181

Дубик В. М., Михайлова Л. Н. Определение среднего электрического поля в иологическом объекте цилирдрической формы 184

Хандола О. Ю. Анализ дифракции электромагнитного поля на неоднородной сфере яиц тутового шелкопряда 190

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Збірник наукових праць
Серія:
Нові рішення в сучасних технологіях
№ 70(1043)

Науковий редактор чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф. Є. І. Сокол
Технічний редактор К. О. Костик
Відповідальний за випуск: к. т. н. І. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Рада молодих учених і спеціалістів РМУС, тел. (057)707-68-54, e-mail: eklitus@yandex.ru

Обл.-вид. № 44-13

Підп. до друку «13» грудня 2013р. Формат 60x84/16. Надруковано на різографі Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 9,4. Облік.вид.арк. 10,0.
Наклад 300 прим. Зам. № 50. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію суб'єкта видавничої справи ДК №3657 від 24.12.2009
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня "Технологічний Центр"
Свідоцтво про державну реєстрацію №1 480 120 0000 021055 від 02.04.2002
Адреса: 61145, м. Харків, вул. Шатилова дача,4