

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси»

№ 22(1131)2015

Збірник наукових праць

Видання засноване в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету «ХПІ».Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х.: НТУ „ХПІ” – 2015р. - №22(1131) – 156с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Мова статей – українська, російська, англійська.

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

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, 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. 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. Тимофіїв, д-р техн. наук, проф., М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Дьомін Д. О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»;

Заст. відповідального редактора: Акімов О. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків,

Відповідальний секретар: Костик В. О., канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»;

Члени редколегії: Березуцький В. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Дмитрік В. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Дудніков А. А., канд. техн. наук, ПДАА, Полтава, Заблоцький В. К., д-р техн. наук, ДДМА, Краматорськ, Заміховський Л. М., д-р техн. наук, ІФТУНГ, Івано-Франківськ, Євстратов В. О., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Погрібний М. А., проф., НТУ «ХПІ», Харків, Пономаренко О. І., д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Соболь О. В., д-р фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Шоман О.В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Jozef Voynarovsky, проф., Сілезького політехнічного інституту, Польща, Rab Nawaz Lodhi, проф. Bahria University Islamabad Pakistan, Пакистан, Меркер Е. Е., д-р техн. наук, проф., Старооскольський технологічний інститут – філія Національного дослідницького технологічного інституту «Московський інститут сталі і сплавів», Росія

Рекомендовано до друку вченою радою НТУ „ХПІ”

Протокол №7 від «03» липня 2015 р.

©Національний технічний університет „ХПІ”, 2015

УДК 669.01:621.762:621.89:669.71:669.3

М. Г. АСКЕРОВ**ВЛИЯНИЕ ТВЕРДЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОЙ БРОНЗЫ**

Выполнены исследования влияния твердых включений - порошков нержавеющей стали, стеллита, ферроборхрома и ультрадисперсного углеродного конденсата и дополнительной технологической обработки на механические свойства материалов на основе оловянистой бронзы БрО10. Показано, что наличие твердых включений в сочетании с технологической обработкой существенно повышает свойства пористой бронзы. Установлено, что наиболее высокие значения прочности достигаются при содержании включений 30 %.

Ключевые слова: твердые включения, оловянистая бронза, композиционный материал, механические свойства, технологический цикл.

Введение. В настоящее время в ряде отраслей промышленности и ответственных узлах вращательного и колебательного движения используются литые подшипники, которые успешно работают без смазки при высоких нагрузках [1, 2]. Однако такие материалы имеют ряд недостатков – быстро изнашиваются при высоких скоростях скольжения, содержат в своем составе дорогостоящие компоненты, отличаются неравномерностью сил трения и износа во времени. Кроме того, традиционные технологии производства известных материалов не позволяют изготавливать из них детали с требуемым уровнем механических свойств для ряда конкретных узлов трения машин и механизмов, в частности для узлов полиграфического оборудования, летательных аппаратов, автомобилей [3, 4]. Поскольку потребности современной техники постоянно диктуют необходимость повышения эксплуатационных свойств подшипниковых материалов, на первый план выдвигается задача разработки материалов с более высокими физико-механическими характеристиками [5–8].

Особенностями эксплуатации вышеуказанной техники в широком диапазоне скоростей и нагрузок является повышенный коэффициент трения и износ при использовании подшипников на стальной и сталелатунной основах, что является следствием не достаточного уровня их физико-механических характеристик [9, 10].

Эти обстоятельства, послужили основанием для проведения исследований по повышению конструкционной прочности композиционных подшипниковых материалов путем оптимизации количества твердых включений, введенных в пористый бронзовый каркас, в сочетании с дополнительной технологической обработкой таких материалов.

Цель работы. Целью работы является исследование влияния твердых включений в сочетании с дополнительной технологической обработкой на физико-механические свойства пористой бронзы БрО10, как основы новых подшипниковых материалов для тяжело нагруженных узлов трения.

Методика экспериментов по получению материалов. В данной работе в качестве основы материала применялась порошковая оловянистая бронза БрО10. В качестве твердых включений использованы порошки нержавеющей стали X18H15, стеллита (Пр-

ВЗК), ФБХ6-6-2 (ферроборхром), УДУК (ультрадисперсный углеродный конденсат). Композиционные материалы изготавливали методами порошковой металлургии. Наряду с введением твердых включений в работе применялись другие способы упрочнения материала, а именно, использовали дополнительную технологическую обработку, заключающуюся в повторном прессовании и спекании. Прочностные испытания материалов выполнялись по стандартным методикам.

Обсуждение результатов экспериментов по упрочнению пористой бронзы. Результаты исследований прочности при сжатии бронзы, упрочненной указанными наполнителями, представлены на рис. 1.

Видно, что наиболее высокой прочностью обладает бронза, содержащая порошки нержавеющей стали X18H15 и стеллита. При этом обнаружено, что изменение содержания твердых включений от 0 до 50% не оказывает существенное влияние на прочность при сжатии бронзы. Это можно объяснить отсутствием взаимодействия твердых включений с матрицей материала, что обуславливает наличие границ раздела между фазами с невысокой прочностью взаимной связи. Наличие таких границ нивелирует аддитивный эффект упрочнения матрицы, который можно было бы ожидать при введении более прочной фазы.



Рис. 1 – Влияние содержания различных включений на прочность при сжатии бронзы БрО10: о – X18H15; □ – Пр-ВЗК; × – ФБХ6-6-2; Δ – УДУК

На рис. 2 представлені результати дослідження твердості бронзи, що містить порошок нержавіючої сталі X18H15.

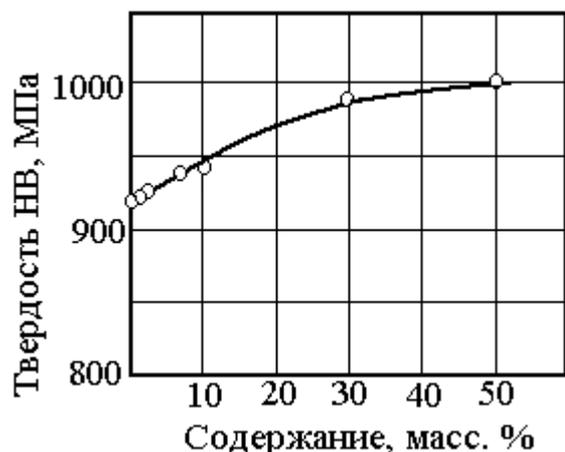


Рис. 2 – Вплив вмісту нержавіючої сталі X18H15 на твердість бронзи BrO10

В отличие от предыдущих результатов определения прочности при сжатии твердость бронзы с увеличением содержания нержавеющей стали X18H15 повышается. Это обусловлено изменением схемы течения материала при определении твердости. При внедрении индентора деформируемые слои материала встречают сопротивление течению, как по глубине, так и на периферийных участках очага деформации. При испытании материала на сжатие напряженные слои деформируются в направлении перпендикулярном направлению приложения нагрузки практически не встречая сопротивления. Такая схема деформации обусловлена геометрической формой образцов с отношением высоты к диаметру равным 1,5. При значительном уменьшении отношения высоты к диаметру схема деформирования при сжатии приближается к схеме деформирования при определении твердости.

На рис. 3, 4 представлены результаты исследований, из которых следует, что прочность материала резко снижается с увеличением содержания включений.

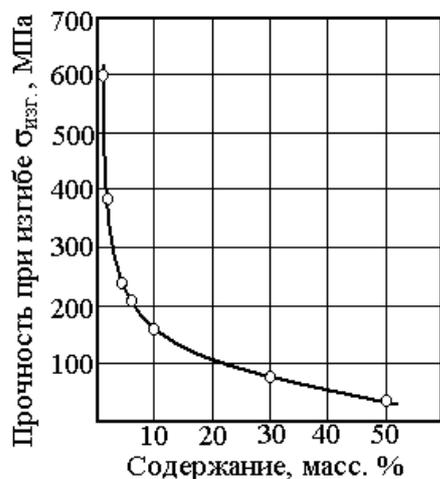


Рис. 3 – Вплив вмісту включень нержавіючої сталі X18H15 на міцність при вигині бронзи BrO10

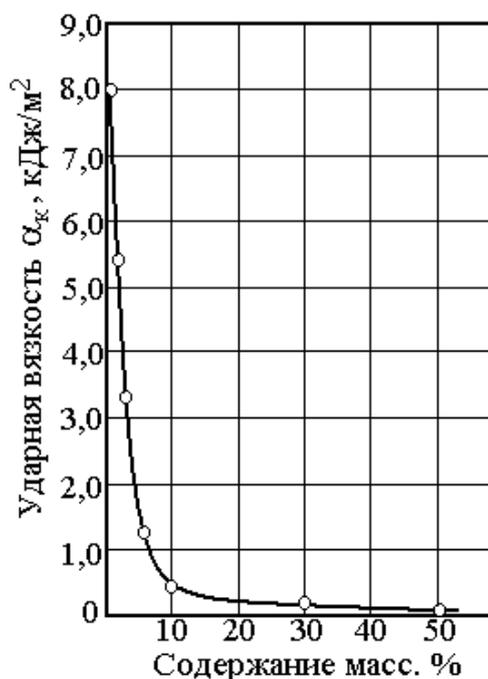


Рис. 4 – Вплив вмісту нержавіючої сталі X18H15 на ударну в'язкість бронзи

При этом наблюдается почти полная аналогия результатов исследований как прочности при изгибе, так и ударной вязкости. Такое поведение материала при испытании обусловлено идентичной схемой деформирования при определении прочности при изгибе и ударной вязкости и принципиальными отличиями данных видов испытаний от испытаний прочности при сжатии и твердости. В отличие от испытаний на прочность при сжатии и твердость, где деформированные слои материала испытывают в основном напряжения сжатия, деформируются в направлении приложения нагрузки и в перпендикулярном ему направлении, при испытании на прочность при изгибе и ударную вязкость материал в очаге деформации испытывает растягивающие напряжения отрыва, что приводит к возникновению трещин.

При этой схеме испытаний состояние межфазных границ приобретает принципиально более важное значение, чем при схеме испытания на сжатие материала. Анализ результатов этих исследований показывает, что по границам раздела включений и матрицы материала не происходит заметного межфазового взаимодействия, и границы раздела, по сути, являются слабым звеном и источником зарождения трещин.

Как отмечалось выше, в работе использовали дополнительную технологическую обработку, заключающуюся в повторном прессовании и спекании. Для краткости суммарную операцию прессования и спекания решено назвать технологическим циклом (т. ц.). Для выяснения влияния дополнительной технологической обработки на прочностные характеристики материалов спеченные образцы бронзы с различным содержанием включений подвергали дополнительному неоднократному прессованию и спеканию. Однократное дополнительное прессование образцов соответствовало значению 1,5-го технологического цикла. Последующее дополнительное спекание образцов соответствовало значению 2,0-го технологического

цикла (т. ц.) и так далее. На рис. 5 представлены результаты исследования прочности при сжатии бронзы с различным содержанием нержавеющей стали X18H15 в зависимости от количества технологических циклов.

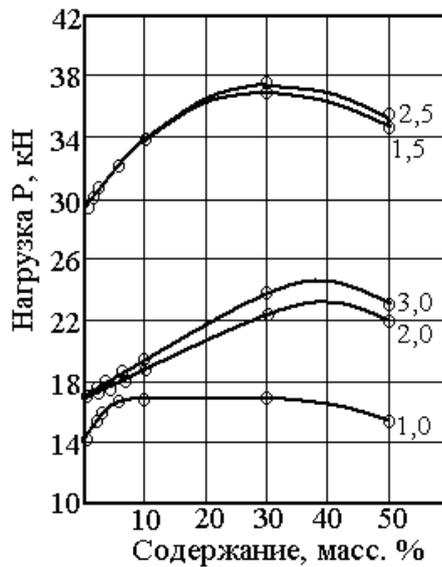


Рис. 5 – Влияние содержания нержавеющей стали и количества циклов технологической обработки на прочность при сжатии бронзы БрО10

Анализ результатов исследований показывает, что дополнительное прессование и спекание приводит к существенному увеличению прочности при сжатии. Причем наиболее значительное увеличение прочности наблюдается при технологической обработке, заканчивающейся операцией прессования (1,5 и 2,5 т. ц.), последующее спекание снижает прочность до некоторых промежуточных значений, лежащих выше значений прочности образцов, подвергнутых первому технологическому циклу.

Двукратная дополнительная технологическая обработка не приводит к существенному изменению результатов в сравнении с однократной технологической обработкой.

Существенное повышение прочности при 1,5 и 2,5 т. ц. обусловлено уплотнением материала, снижением пористости, внедрением материала матрицы в микронеровности включений, что затрудняет процесс течения материала. Последующее спекание наряду с углублением диффузионных процессов приводит к снятию внутренних напряжений и к некоторому разрыхлению материала, вызванному, по-видимому, процессами расширения при нагреве и малой усадки при охлаждении. Выявлено, что если при обычной однократной технологической обработке (1,0 т. ц.) содержание включений не влияет на прочность материала, то при последующей технологической обработке прослеживается зависимость прочности от содержания включений, причем наиболее высокое значение прочности имеет место при содержании включений 30 %.

Выводы. При выполнении исследований выявлено, что существенное повышение прочности пористой бронзы БрО10 с введенными твердыми включе-

ниями при многоциклового дополнительной технологической обработке обусловлено уплотнением материала, снижением пористости, внедрением материала матрицы в микронеровности включений, причем наиболее высокое значение прочности имеет место при содержании включений 30 %.

Дальнейшие исследования будут направлены на установление закономерностей формирования антифрикционных свойств композиционных материалов на основе пористой бронзы БрО10 в зависимости от количества введенных упрочняющих включений в сочетании с дополнительной технологической обработкой.

Список литературы: 1. Роїк, Т. А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації: Монографія. [Текст] / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш. – К.: НТУУ „КПІ”, 2007.–404 с. 2. Федорченко, И. М. Композиционные спеченные антифрикционные материалы: Монография. [Текст] / И. М. Федорченко, Л. И. Пугина. – К.: Наукова думка, 1980. – 404 с. 3. Зозуля, В. Д. Эксплуатационные свойства порошковых подшипников: Монография. [Текст] / В. Д. Зозуля. – К.: Наукова думка, 1989. – 288 с. 4. Гавриш, А. П. Нові технології фінішного оброблення композиційних підшипників ковзання для жорстких умов експлуатації: Монографія. [Текст] / А. П. Гавриш, О. О. Мельник, Т. А. Роїк, М. Г. Аскеров, О. А. Гавриш. – К.: НТУУ „КПІ”, 2012.– 196 с. 5. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник [Текст] / [под ред. И. Д. Радомысльского]. – К.: Наукова думка, 1985. – 624 с. 6. Киричок, П. О. Новітні композиційні матеріали тертя поліграфічних машин: Монографія. [Текст] / П. О. Киричок, Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, А. В. Шевчук, Ю. Ю. Вішок. – К.: НТУУ КПІ, 2015.– 428 с. 7. Роїк, Т. А. Сучасні системи технологій заготівельного виробництва в машинобудуванні: Монографія. [Текст] / Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш. – К.: ЕКМО, 2010.– 212 с. 8. Роїк, Т. А. Прогресивні методи упрочнення і відновлення деталей циліндро-поршневої групи: Монографія. [Текст] / Т. А. Роїк, Д. Б. Глушкова, В. А. Бельй, Л. Л. Костина. – Харків: ХНАДУ, 2014.–216 с. 9. Роїк, Т. А. Антифрикційні матеріали для вузлів тертя високошвидкісного поліграфічного обладнання [Текст] / Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш, О. А. Гавриш // Технологія і техніка друкарства. – 2007.–№1–2.–С. 65–73. 10. Roik, T. Physical Mechanical And Tribotechnical Properties Of New Composite Bearings For Printing Equipment [Text] / T. Roik, A. Gavrish, P. Kyrychok, Yu. Vitsuk, M. Askerov // Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kościuszko Military Academy of Land Forces, Wrocław, Poland.– №2 (172). – 2014.–P. 141–149.

Bibliography (transliterated):1. Roik, T. A., Kyrychok, P. O., Gavrish, A. P. (2007). Composite bearing materials for increased operating conditions, Monograph. Kyiv. NTUU "KPI", 404. 2. Fedorchenko, I. M., Puhyna, L. I. (1980). Composite sintered anti-friction materials, Monograph. Kyiv. Naukova Dumka, 404. 3. Zozulya, V. D. (1989). Operational properties of powder bearings, Monograph. Kyiv. Naukova Dumka, 288. 4. Gavrish, A. P., Melnik, O. O., Roik, T. A., Askerov, M. G., Gavrish, O. A. (2012). New technologies of finishing processing of composite bearings for hard operating conditions, Monograph. Kyiv. NTUU "KPI", 196. 5. Powder metallurgy. Materials, technologies, properties, fields of application: Manual (1985). Edited by I. D. Radomyslsky. Kyiv. Naukova Dumka, 624. 6. Kyrychok, P. O., Roik, T. A., Gavrish, A. P., Shevchuk, A. V., Vitsyuk, Yu. Yu. (2015). New composite materials of friction parts for printing machines. Monograph. Kyiv. NTUU "KPI", 428. 7. Roik, T. A., Gavrish, A. P., Gavrish, O. A. (2010). Modern systems technologies of blanking production in machinebuilding, Monograph. Kyiv. NTUU "KPI", 212. 8. Roik, T. A., Glushkova, D. B., Belyi, V. A., Kostina, L. L. (2014). Progressive methods of hardening and restoration of cylinder-piston group's parts Monograph. Kharkov. HNADU, 216. 9. Roik, T. A., Kyrychok, P. O., Gavrish, A. P., Gavrish, O. A. (2007). Anti-friction materials for friction units of high-speed printing equipment. Technology and Technique of Printing, №1 - 2, 65 - 73. 10. Roik, T., Gavrish, A., Kyrychok, P., Vitsuk, Yu., Askerov, M. (2014). Physical Mechanical And Tribotechnical Properties Of New Composite Bearings For Printing Equipment. Journal of Science of the Gen. Tadeusz Kościuszko Military Academy of Land Forces, Wrocław, Poland, №2 (172), 141–149.

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Аскеров Мукафат Гебат огли – кандидат технічних наук, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної Академії наук України, старший науковий співробітник відділу диспергування матеріалів і пластичної деформації прокаткою; тел.: 067-262-57-27; e-mail: mukafat_ask@mail.ru.

Аскеров Мукафат Гебат огли – кандидат технических наук, Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича Национальной Академии наук Украины, старший научный сотрудник отдела диспергирования материалов и пластической деформации прокаткой; тел.: 067-262-57-27; e-mail: mukafat_ask@mail.ru.

Askerov Mukafat Geibat ogli – Candidate Of Technical Sciences (Ph.D.), Institute for Problems of Material Science behalf I.M. Frantsevich of the National Academy of Science of Ukraine, Senior Researcher of the department of dispersing materials and plastic deformation by rolling; tel.: 067-262-57-27; e-mail: mukafat_ask@mail.ru.

УДК 544.6:678

В. З. БАРСУКОВ, І. В. СЕНИК, Б. М. САВЧЕНКО, Ю. В. ШПАК, Д. Р. ДРАГАН**ГНУЧКІ ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ПЛІВКИ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ І ФОТОЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

Розроблено методи формування гнучких електропровідних шарів з різними вуглецевими наповнювачами та частинками металів. Полімерну основу готували шляхом розведення порошку ПВХ в пластифікаторі. Результати вимірювань опору композиційних плівок показали, що він сильно залежить від природи вуглецевих наповнювачів, а також від їх концентрації. Також дослідженнями встановлено, що модифікація вуглецевої тканини за допомогою деяких наночастинок металів може збільшити її провідність. Така модифікація може бути забезпечена шляхом послідовного просочування звичайної вуглецевої тканини розчинами, що містять деякі частинки нано-металів.

Ключові слова: електропровідні шари, гнучкі струмоприймачі, вуглецева тканина з нано-частинками металів.

Вступ. Сонячні батареї - один з основних інструментів отримання альтернативної, в даному випадку - сонячної енергії. Добре відомі сонячні елементи працюють на принципі фотовольтаїки - коли енергія фотонів Сонця безпосередньо перетворюється в електричну. Сонячні системи такого типу встановлюються на дахах приватних будинків, є основою сонячних електростанцій, літають в космос - в якості енергетичних установок космічних станцій та супутників. Існують й інші способи отримання сонячної енергії, засновані на принципі збору та акумуляції теплової енергії сонячних променів, яка витрачається на підігрів води та приміщень - як це робить сонячний колектор; для подальшого перетворення тепла, отриманого від Сонця, все в ту ж електрику цей принцип покладено, зокрема, в основу роботи так званих «сонячних веж» - теплових сонячних електростанцій.

Полімерні структури для оптико-електронних пристроїв, таких як органічні світлодіоди та органічні фотоелектричні діоди, а також компоненти до них, як правило, складаються з послідовних діелектричних шарів, нанесених на скляні або пластикові основи. Світлові хвилі, проходячи через багатшарову структуру, можуть викликати різні цікаві оптичні явища, які фактично і визначають ефективність пристрою.

Сучасні оптичні пристрої потребують гнучких і добре електропровідних основ в якості струмопідводу, що забезпечило б зменшення їх масових і об'ємних габаритів, зумовило б їх більшу мобільність, доступність та відкрило б нові сфери їх застосування. Це особливо актуально для органічних сонячних елементів (ОСЕ), деяких фотоелектричних (ФЕ), фотокаталітичних (ФК) і фотоелектрохімічних (ФЕХ) пристроїв [1–4].

Фізико-хімічні властивості полімерних плівок сильно залежать [5] від складу плівки та способів їх підготовки/формування. Процес формування синтетичного полімеру відбувається за допомогою хімічно-

го зв'язку від багатьох сотень до тисяч мономерних молекул і в результаті цього утворюється макромолекули. В роботі представлено простий та не дорогий спосіб формування таких полімерних основ, які могли б бути використані в якості гнучких та електропровідних шарів фото- та оптоелектроніки.

Ціль роботи. Ціллю роботи являється дослідження впливу струмопровідних наповнювачів для ПВХ-пластизолів на електричні характеристики плівок та розробка способу модифікації графітових тканин з метою формування гнучких електропровідних шарів для фотоелектричних та фотоелектрохімічних пристроїв.

Експериментальна частина формування гнучких електропровідних шарів. Нами були синтезовано та вивчено широкий спектр композиційних матеріалів для забезпечення достатньо високої електропровідності, механічної та хімічної стабільності, які здатні до утворення адгезійно-зчеплених зв'язків з додатковими фоточутливими, каталітично-активними та іншими функціональними шарами в багатшарових фотоелектричних пристроях. Для цієї мети було визначено дві наступні групи композиційних матеріалів:

Група 1. ПВХ композити, наповнені різними вуглецевими наповнювачами (графіт, термічно розширений графіт, ацетиленова сажа, графітизована сажа). Концентрація наповнювача зазвичай коливалася в діапазоні від 5 до 20 %.

Група 2. Вуглецева тканина: стандартна та модифікована деякими наночастинами металів, їхніх оксидів та інших сполук (наприклад, Fe, Ni, Cu, Ag, CuI, ZnO і т. д.).

© В. З. Барсуков, І. В. Сеник, Б. М. Савченко, Ю. В. Шпак, Д. Р. Драган. 2015

Спосіб формування гнучкого провідного шару, наповненого вуглецевими добавками. В якості

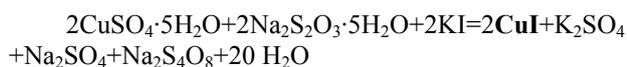
вихідних матеріалів було використано полівінілхлорид (ПВХ), пластифікатор диоктилфталат (ДОФ) та набір струмопровідних добавок. Спосіб формування гнучкого провідного шару, як правило, починається зі змішування компонентів (полімер, пластифікатор, вуглецевий наповнювач, тощо) з подальшою їх пластифікацією при високій температурі. В роботі було використано два різні способи формування полімерних композитів:

- 100 г ПВХ розчиняли в 60 г пластифікатора; після цього вуглецевий наповнювач (5-20%) додавали до готового пластикату та перемішували протягом 1 години. Процес перемішування - один з ключових етапів, оскільки дуже важливо розбити всі агломерати як полімерного порошку, так і струмопровідних добавок для рівномірного їх поширення в системі та запобігання їх негативного впливу на фізико-механічні властивості плівок та зовнішній вигляд. Формували плівку способом заливання кінцевого композиту у форму, пластифікацію проводили протягом 3 хв при 200 °С.

- другий спосіб отримання композитів також складається з формування пластизолу ПВХ, але вуглецевий наповнювач попередньо змочували соєвим маслом і після цього змішували з готовим ПВХ пластизолом. Час і температура сушки були аналогічними з попереднім способом.

Плівки, сформовані такими способами, відзначалися рівномірною товщиною, еластичністю, гнучкістю та гладкою поверхнею.

Спосіб модифікації вуглецевої тканини наночастинками. Зразок вуглецевої тканини розміщували в контейнері таким чином, щоб він повністю лежав в одній площині. Після вирівнювання тканини зразок змочували 2 мл «основного» розчину CuSO_4 до повного змочування [6]. Потім в колбі готували наступну суміш речовин: 2 мл KI та 2 мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Отриману суміш наносили на попередньо підготовлену змочену поверхню тканини. В результаті хімічної реакції утворювалися наночастинки безпосередньо на вуглецевих волокнах та в між ними по реакції:



Зразок висушували на повітрі при температурі від 50-100 °С до досягнення постійної маси, промивали дистильованою водою кілька разів та знову сушили.

Методи вимірювання питомих електричних характеристик плівок. Вимірювання питомого опору проводилися відповідно до стандартизованого «трьох - електродного» методу (№ 1) [7], і за допомогою «чотирьох - електродного» методу (№ 2).

При вимірюванні питомого об'ємного опору (рис. 1.) за методом №1 постійна напруга від джерела напруги ДН подається на високовольтний електрод ВЕ. Струм проходить через товщу зразка на вимірювальний електрод ІЕ або по поверхні зразка на охоронний електрод ОЕ, звідки він відводиться в землю, минаючи вимірювальний електрод. Струм від вимірювального електроду проходить через вимірювач струму ВПС та йде в землю.

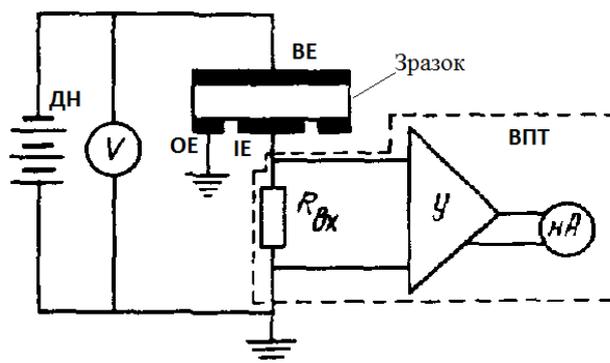


Рис. 1 – Трьох-електродна схема вимірювання питомого електричного опору плівкових ступовідних матеріалів

Вимірювання «чотирьох - електродним» методом [8] забезпечується накладанням на зразок у вигляді смужки чотирьох електродів (рис. 2.) - двох «поляризуючих» (1, 4) на кінцях смужки і двох «потенціометричних» (2, 3) посередині. Останні можуть бути виконані «ножевими», або у вигляді вузьких поперечних смуг. Джерело постійної напруги через амперметр підключають до «поляризуючих» електродів, а цифровий високоомний вольтметр - до «потенціометричних». Основна умова правильності вимірювань - вхідний опір цифрового вольтметра має бути значно вищим, ніж можливий контактний опір. Зразок повинен мати форму смужки для того, щоб силові лінії поля, неоднорідні в місці контакту з «поляризуючими» електродами, були максимально однорідними.

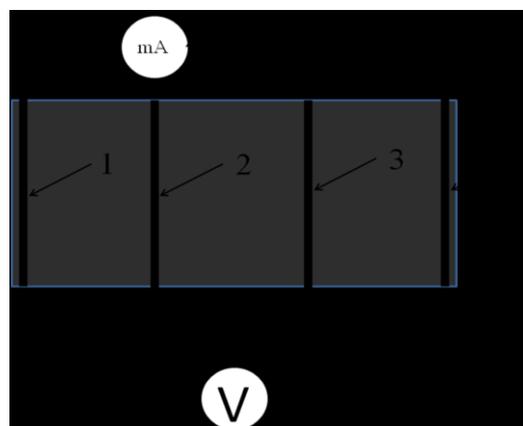


Рис. 2 – Чотирьох-електродна схема вимірювання питомого електричного опору плівкових ступовідних матеріалів: 1, 4 - поляризуючі електроди; 2, 3 - «потенціометричні» електроди, 5 - міліамперметр; 6 - цифровий високоомний вольтметр

Обчислення даних проводили за формулою:

$$p_v = U \cdot a \cdot b / l \cdot I \quad (1)$$

U – Напруга, I – Сила струму, a – Товщина, b – Ширина, l – Відстань між вимірювальними електродами

$$p_v = 0,166666 U/I \quad (\text{Ом}\cdot\text{см}) \quad (2)$$

Метод з використанням 3-електродної комірки не враховує контактні опори між електродами та зразком, які можуть вносити суттєву похибку в виміри.

Чотирих-електродний метод вимірює різницю потенціалів між електродами, по яких струм практично не протікає, а отже і контактні опори в такому випадку будуть нульовими (на потенціометричних електродах). Наприклад, при вимірюванні опору композиту з вмістом сажі 10 % першим методом результат становить $3,59 \cdot 10^6$ Ом·см, при вимірюванні тієї ж плівки чотирих-електродним методом значення досягають відмітки $4,47 \cdot 10^4$ Ом·см. Така велика різниця при вимірюваннях проглядається практично між всіма зразками, що свідчить про існування перехідних опорів між контактами, які дають суттєвий внесок в вимірювальний опір, тому для визначення об'ємного опору розглянутих нами матеріалів більш обґрунтовано використовувати чотирих - електродну схему.

Вимірювання опору матеріалів групи 2 (на основі вуглецевої тканини) проводили за методом №2. З досліджуваного матеріалу вирізали зразки розміром 10x30 мм. Через тканину пропускали фіксований струм I та вимірювали напругу U цифровим вольтметром. Відстань між пластинами l і з класичної формули (1) розраховували питомий опір.

Результати та обговорення експериментальних даних. На рис. 3 показана залежність опору від природи та концентрації вуглецевого наповнювача найбільш типових вуглецевих матеріалів, для гнучких провідних шарів, виміряних за допомогою методу № 2. Згідно з нашими експериментальними даними графітیزована сажа (комерційної марки PUREBLACK®) і терморозширений графіт (комерційної марки ABG 1010) від Superior Graphite Co. Чикаго, Іллінойс, США продемонстрували найкращий рівень провідності вищезазначених композитів.

Цей ефект можна пояснити не тільки добре розвиненою площею поверхні цих матеріалів, які можуть досягати, а іноді і перевищувати значення $50\text{--}65$ м²/г, але також і специфічними наноструктурними особливостями таких вуглецевих матеріалів.

Для забезпечення високого значення провідності при невисокому наповненні системи струмопровідними добавками необхідно використовувати так звані «високоструктуровані» матеріали, чиї макромолекули мають «гілки», що складаються з окремих наночастинок вуглецю. Ці високорозвинені нанорозмірні «гілки», як вважають, створюють додаткові точки контакту, що призводить до ефективнішого підвищення провідності при низьких концентраціях вуглецевих добавок. В результаті такі матеріали, як правило, більш провідні, ніж традиційні форми ацетиленової сажі [9].

Поріг перколяції для графітیزованої сажі і термічно розширеного графіту виявився менше, ніж 5 %. Це не дуже добре видно на рис. 3, оскільки експериментально було обрано діапазон концентрацій від 5 до 20 %.

У той же час український коллоїдно-графітовий препарат Заваллівського родовища (торгова марка S-2) [10] продемонстрував в наших експериментах класичну криву залежності опору від концентрації провідної добавки. Відповідна крива показує чітке формування порогу перколяції, який настає при концентраціях вуглецевого матеріалу в полімер-графітовому композиті 10–12 % (рис. 3).

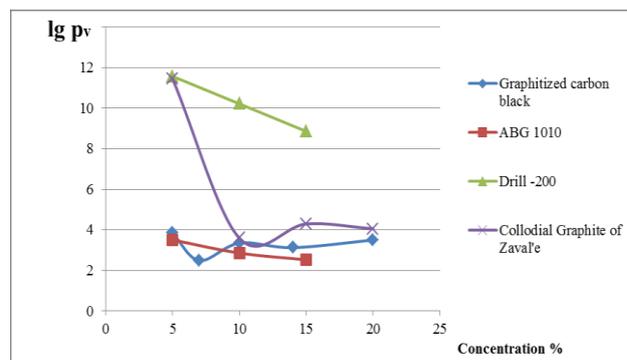


Рис. 3 – Експериментальні дані залежності опору від природи та концентрації струмопровідного наповнювача

Композиційний матеріал, наповнений експериментальним 655 графітом типу «Drill-200» з досить дрібними частинками графіту (менше ніж 200 меш) продемонстрував дуже високі значення питомого опору в порівнянні з вищезгаданою графітیزованою сажею, терморозширеним графітом та коллоїдним графітовим препаратом Заваллівського родовища.

Крім того, «Drill-200» не демонструє яких-небудь тенденцій до стабілізації опору (провідності). Аналізуючи форму кривої можна принаймні стверджувати, що поріг перколяції з такою добавкою не досягається в діапазоні концентрацій від 5 до 15 %. Крім того, як показують наші дослідження, досягнення порогу перколяції при концентраціях наповнювача більш ніж 15 % незмінно веде до погіршення фізико-механічних властивостей плівок, зменшення гнучкості та ускладнює технологію переробки таких композитів. Таким чином, матеріал «Drill-200» не може бути рекомендований як струмопровідна добавка для гнучких електропровідних шарів в будь-якому випадку.

Опір матеріалів групи 2 (вуглецева тканина: стандартна та модифікована) виявляється на декілька порядків меншим, ніж для матеріалів групи 1 (в залежності від матеріалу і способу модифікації). Так, питомий опір не модифікованої вуглецевої тканини складає $8,26 \cdot 10^{-4}$ Ом·м, а для тканини з нанесеними часточками CuI – $1,2 \cdot 10^{-2}$ Ом·м.

Висновки. Проведені дослідження показали, що електронна провідність матеріалів групи (2) значно вища, ніж провідність групи (1). Це легко зрозуміти, беручи до уваги наявність надійного, високопровідного та стабільного внутрішнього скелету провідності вуглецевої тканини. Вуглецеві наповнювачі (графіт, термічно розширений графіт, ацетиленова сажа, графітیزована сажа,) також утворюють так звані "перколяційні кластери" при певному вмісті наповнювача, але провідність такого кластера, як правило, нижча, ніж провідність механічно переплетених волокон вуглецевої тканини. Тим не менш, навіть електропровідність звичайної вуглецевої тканини, як правило, недостатня для фотогальванічних пристроїв, особливо при високих густинах струму, де частина енергії іде на нагрів тканини.

Результати наших досліджень показують, що модифікація вуглецевої тканини за допомогою деяких наночастинок металів може суттєво змінювати її провідність в залежності від типу модифікатора. Така

модифікація може бути досягнута шляхом послідовного просочування звичайної вуглецевої тканини з розчинів, що містять ці наночастинки.

Таким чином, наші попередні тестування показали, що такі гнучкі, міцні й електропровідні шари, на основі вуглецевої тканини, модифікованої наночастинками металів і полімеру наповненого вуглецевими наповнювачами може знайти практичне застосування для ОСЕ, ФК, ФЕ, ФЕХ пристроїв.

Подяка. Автори хотіли б подякувати Міністерство освіти і науки України за фінансову підтримку цієї роботи в рамках держбюджетної теми 16.02.36 ДБ.

Список літератури: 1. *Bedeloglu, A.* A Photovoltaic Fiber Design for Smart Textiles [Текст] / *Bedeloglu A., Demir A., Bozkurt Y., Saricifci N. S.* // Textile Research Journal. – 2011. – Vol. 80. – P. 1065 – 1074. 2. *Singh, M. K.* Flexible Photovoltaic Textiles for Smart Applications [Текст] / *Singh M. K.* // Solar Cells - New Aspects and Solutions, Edited by Prof. Leonid A. Kosyachenko. – 2011. – P. 43-68. 3. *Казанский, А. Г.* Основные направления и перспективы развития тонкопленочных солнечных элементов [Текст] / *А. Г. Казанский* // Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова. – 2013. – С. 1-37. 4. *Мачулін, В.* Сонячна енергетика: порядок денний для світу та України [Текст] / *Мачулін В., Литовченко В., Стріха М.* // Вісник НАНУ. – 2011. – №5. – С. 30-39. 5. *Блайт, Э. Р.* Электрические свойства полимеров [Текст] / *Блайт Э. Р., Блур Д.* [перевод с английского под ред. Шевченко В. Г.]. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2008. – С. 376. 6. *Ларичев, Т. А.* Закономерности формирования микрочастиц AgI и CuI [Текст] / *Ларичев Т. А., Дягилев Д. В., Просвиркина Е. В., Харченко Е. Н., Сахарчук Ю. П.* // Ползуновский вестник. – 2010. – № 3. – С. 80-83. 7. ГОСТ 6433.2-71 Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления

при постоянном напряжении. – Взамен ГОСТ 6433 – 65 ; введ. 1972–07–01. – СССР. – С. 23. 8. *Луцкейкин, Г. А.* Методы исследования электрических свойств полимеров [Текст] / *Г. А. Луцкейкин.* – М.: Химия. –1988. – С. 19-21. 9. *Barsukov, I. V.* Novel materials for electrochemical power sources – introduction of PUREBLACK[®] Carbons [Текст] / *Barsukov I. V., Gallego M. A., Doninger J. E.* // J. Power Sources. – 2006. – № 2 – P. 288-299. 10. *Zavaljevskiy graphite.* Graphite grades, Ukraine [Електронний ресурс]: Web-site: <http://zvgraphit.com.ua/en/chapter/view/1739/>.

Bibliography (transliterated): 1. *Bedeloglu, A., Demir, A., Bozkurt, Y., Saricifci, N. S.* (2011). A Photovoltaic Fiber Design for Smart Textiles. J. Textile Research Journal, Vol. 80, 1065-1074. 2. *Singh, M. K.* (2011). Flexible Photovoltaic Textiles for Smart Applications. Solar Cells - New Aspects and Solutions, Edited by Prof. Leonid A. Kosyachenko, 43-68. 3. *Kazanskiy, A. H.* (2013). The main directions and aspects of development of thin film for solar cells. Moscow State University by M. V. Lomonosov, 1-37. 4. *Machulin, V., Litovchenko, V., Striha, M.* (2011). Solar power: Agenda for the world & Ukraine. J. News of NASU, №5, 30-39. 5. *Blythe, T.* (2008). Electrical properties of polymers [translated from English ed. Shevchenko V. G.]. Moscow: Publishing house FIZMATLIT, 376. 6. *Larichev, T. A., Diaghilev, D. V., Prosvirkina, E. V., Kharchenko, E. N., Saharchuk, Y. P.* (2010). Regularity of formation of AgI and CuI microparticles. J. Polzunovsky Gazette, № 3, 80-83. 7. State Standard 6433.2-71. (1972). The rigid electrical insulating materials. Methods for determining the electrical resistance at a constant voltage. Instead of State Standard 6433 – 65, 23. 8. *Lusheykin, G. A.* (1988). Methods for studying the electrical properties of polymers. Moscow: Publishing house Chemistry, 19-21. 9. *Barsukov, I. V., Gallego, M. A., Doninger, J. E.* (2006). Novel materials for electrochemical power sources – introduction of PUREBLACK[®] Carbons. J. Power Sources, № 2, 288-299. 10. *Zavaljevskiy graphite.* Graphite grades, Ukraine, Web-site: <http://zvgraphit.com.ua/en/chapter/view/1739/>.

Надійшло (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Барсуков Вячеслав Зиновьевич - доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой, Киевский национальный университет технологий и дизайна, кафедра «Электрохимической энергетики и химии»; тел.: (044) 256-21-02; e-mail: vbarsukov@i.ua.

Барсуков Вячеслав Зиновійович - доктор хімічних наук, професор, завідуючий кафедрою, Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра «Електрохімічної енергетики та хімії»; тел.: (044) 256-21-02;

Barsukov Viacheslav Z., Professor, Dr. Sc. (Chemistry), head of Department, Kyiv National University of Technologies and Design, Department «Electrochemical Power Engineering & Chemistry»; tel.: (044) 256-21-02;

Сеник Ілона Володимирівна - аспирант, научный сотрудник, Киевский национальный университет технологий и дизайна, кафедра «Электрохимической энергетики и химии»; e-mail: Ilona_Senyk@i.ua.

Сеник Ілона Володимирівна - аспірант, науковий співробітник, Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра «Електрохімічної енергетики та хімії»; e-mail: Ilona_Senyk@i.ua.

Senyk Ilona V. – PhD-student, researcher, Kyiv National University of Technologies and Design, Department «Electrochemical Power Engineering & Chemistry»; e-mail: Ilona_Senyk@i.ua.

Савченко Богдан Михайлович - доктор технических наук, профессор, Киевский национальный университет технологий и дизайна, кафедра «Прикладной экологии, технологии полимеров и химических волокон»; тел.: (067) 246-33-26; e-mail: 1079@ukr.net.

Савченко Богдан Михайлович - доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра «Прикладної екології, технології полімерів і хімічних волокон»; тел.: 067- 246-33-26; e-mail: 1079@ukr.net.

Savchenko Bogdan M. - doctor of technical sciences, professor, Kyiv National University of Technology and Design, Department of «Applied ecology, technology, polymers and fibers»; tel.: 067-246-33-26; e-mail: 1079@ukr.net.

Шпак Юрий Валентинович - студент, Киевский национальный университет технологий и дизайна, кафедра «электрохимической энергетики и химии»; e-mail: iampferomon@gmail.com.

Шпак Юрій Валентинович - студент, Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра «Електрохімічної енергетики та хімії»; e-mail: iampferomon@gmail.com.

Shpak Yuri V. - student of Kyiv National University of Technologies and Design, Department «Electrochemical Energy and Chemistry»; e-mail: iampferomon@gmail.com.

Драган Дмитрий Романович - студент, Киевский национальный университет технологий и дизайна, кафедра «электрохимической энергетики и химии»; e-mail: dima_dragan@inbox.ru.

Драган Дмитро Романович - студент, Київський національний університет технологій та дизайну, кафедра «Електрохімічної енергетики та хімії»; e-mail: dima_dragan@inbox.ru.

Dragan Dmytro R. - student of Kyiv National University of Technologies and Design, Department «Electrochemical Energy and Chemistry»; e-mail: dima_dragan@inbox.ru

О. В. СЕРГЕЕВА, А. А. ПИВОВАРОВ

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОНТАКТНОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ

У даній роботі досліджувався вплив процесу плазмохімічної обробки водних розчинів, що містять іони срібла, на отримання нанорозмірних частинок срібла, їх розміри і характер їх змін в заданому часовому проміжку. Дано рекомендації к підвищенню стійкості частинок шляхом введення стабілізуючих добавок. Отримані результати плануються використовувати для створення уточненої математичної моделі процесу плазмохімічної обробки рідких середовищ.

Ключові слова: нерівноважна плазма, розряд, рідкий катод, наночастинки срібла, водяний розчин

Введение Наноразмерные частицы серебра находят широкое применение в различных технологиях. Благодаря высокоразвитой поверхности, уникальным оптическим и биологическим свойствам, они активно применяются в оптике, аналитической химии, биологии и медицине [1, 2]. В работе [3] указывается на перспективность использования наночастицы серебра в плазмонике. В работе [4] отмечена возможность использования наночастиц серебра для создания метаматериалов – материалов, обладающих отрицательным коэффициентом оптического преломления. Также [5] наночастицы серебра используются в процессах получения токопроводящих дорожек и слоев на диэлектрических подложках. При этом, несмотря на большое количество работ, посвященных получению наночастиц серебра, продолжается поиск и разработка новых методов их синтеза.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. На сегодняшний день предложено значительное число различных методов получения наноразмерных частиц серебра [1–11].

Одним из перспективных методов получения наночастиц является метод на основе восстановления ионов металла из водного раствора его соли осуществляют контактной неравновесной низкотемпературной плазмой (КНП) [8].

Многие современные технологии основаны на использовании контактной неравновесной низкотемпературной плазмы (КНП). Такая плазма может быть создана с помощью различных типов разряда (коронным, барьерным или тлеющим). Разряды, в которых в качестве электродов (одного или обоих) используется слабопроводящая жидкость (водные растворы, электролиты, техническая и водопроводная вода) позволяют генерировать сильно неравновесную плазму с высокой концентрацией химически активных радикалов при различных давлениях. В свою очередь, потоки энергии и химически активных частиц разряда могут воздействовать на состояние жидкого электрода, вызывая в нем различные физико-химические процессы, что делает перспективным использование КНП для обработки жидких сред с целью изменения их свойств и получения новых соединений.

Таким образом, изучение процессов, приходящих к получению наноразмерных соединений серебра при плазмохимической обработке растворов, их характеристики и устойчивость являются основой для разработки метода плазмохимического получения наноразмерных соединений серебра и получения данных для проверки адекватности математических моделей, разрабатываемых на основе теоретических закономерностей.

Цель и задачи исследования. Целью данной работы являлось определение характеристик частиц, полученных в водных растворах при обработке КНП.

Задачами, решение которых необходимо для достижения данной цели, являются: задача получить водные дисперсии серебра с различными размерами наночастиц; провести оценку влияния процессов, связанных с плазмохимической обработкой водных растворов на размерные характеристики наночастиц и их устойчивость;

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования использовались растворы AgNO_3 в дистиллированной воде.

Спектры поглощения частиц серебра регистрировали на спектрофотометре СФ-2000, используя кюветы толщиной 10 мм; в луч сравнения помещали кювету с дистиллированной водой.

Рентгеноструктурный анализ выполнен на установке ДРОН 3.

Процесс восстановления проводился в лабораторной установке, включающей в себя реактор с рубашкой водяного охлаждения, с расположенным в верхней (газовой) части анодом и катодом, погруженным в раствор. В реакторе поддерживалось давление порядка 10–20 кПа. Расстояние между анодом и поверхностью жидкости не превышало 7 мм. Образующийся в результате пробоя столб плазмы является инструментом обработки.

Результаты исследований процесса получения наноразмерных частиц серебра при плазмохимической обработке водных растворов. Обработка проводилась после откачки газовой фазы до 15–20 кПа. На рис. 1 представлен процесс обработки свежеприготовленного модельного раствора AgNO_3 , с содержанием серебра 500 мг/л. Время обработки составило 120с. Сила тока 120 мА. Как видно из табл.1, процесс начинается сразу после пробоя, с образования темных частиц серебра на границе раздела фаз газ-жидкость. В дальнейшем они распределяются по всему объему реактора, продолжая реагировать с активными частицами и радикалами, образуя более тяжелую фракцию, которая оседает на дне реактора.

Несколько иная картина наблюдается при использовании старых модельных растворов

© О. В. Сергеева, А. А. Пивоваров

(приготовленных за 1 неделю и более до начала процесса обработки, и хранящиеся в темноте).

Визуальное наблюдение за системой дает предварительные и общие закономерности относительной

устойчивости исследуемой дисперсии. Зафиксированы изменения окраски системы и/или образования осадка в ней. Для частиц серебра цвет систем от красного (желто-коричневого) меняется до серого и даже черного (рис. 3). При этом более крупные частицы окрашены в черный цвет, а более мелкие в светло-коричневый.

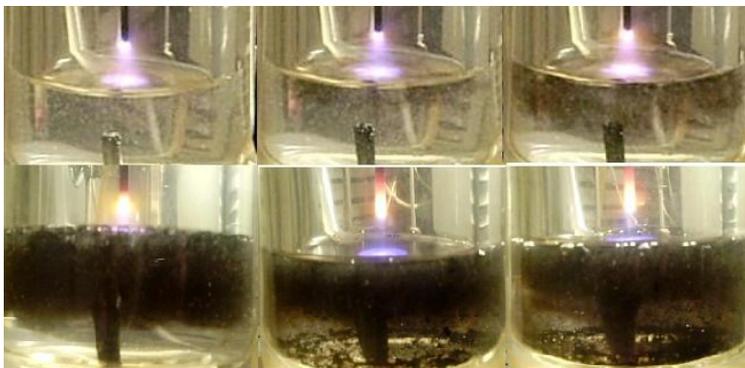


Рис. 1 – Обработка свежеприготовленного модельного раствора AgNO_3 , с содержанием серебра 500 мг/л, время обработки 0,1с, 1с, 2с – верхний ряд, 40с, 90с, 130 с – нижний ряд

Таблица 1 – Характеристики процесса образования частиц серебра в модельном растворе AgNO_3 при обработке КНП

Время обработки, с	Процент заполнения объема жидкой фазы реактора частицами дисперсной фазы
0,1	Менее 1 %
1	5 %
30	30 %
60	50 %
90	70 %
120	95 %
150	Начало образование осадка на катоде

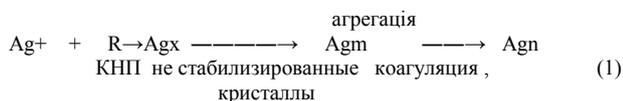
Для определения характеристик наночастиц в водных дисперсиях использовалась спектроскопия в ультрафиолетовой (УФ), видимой и ИК областях. Результаты данных исследований, приведены в табл. 2. Для определения состава сухого осадка использовался

Таблица 2 – Характеристики водных растворов, содержащих частицы серебра и обработанных КНП

Длительность старения, ч	Спектр поглощения	Длина волны, нм	Спектр поглощения	Длина волны, нм
Без обработки	2,4847	230	-	-
Растворы, длительность обработки КНП - 300с				
1,0	2,5741	230	0,6313	430
2,0	2,5799	230	0,6199	440
7 сут*	2,5901	230	0,4638	525

*исследовался раствор, выпавший в результате агрегации частиц осадок, не учитывался.

Таким образом, можно отметить, что для синтезированных под действием КНП наночастиц серебра характерна высокая скорость окисления и агрегации, которые в общем виде можно представить следующим образом:



рентгеноструктурный анализ. Спектр поглощения водной дисперсии серебра в УФ и видимой областях имеет характерный пик в области 430–440 нм и пики в области длин волн 230–235 и 520–560 нм. В работе [7] проводилось сопоставление спектра поглощения водной дисперсии серебра с УФ-спектрами поглощения, рассчитанными для кластерной модели $\text{Ag}_{12}\text{-3O}$, включающей катионную вакансию на поверхности Ag (111), с использованием в качестве прототипа слоистого оксида серебра [10]. Отмечено, что полученные [7] плечо на 230–250 нм и широкий пик на 380–440 нм можно отнести к металлическому серебру. При этом, согласно теории [9] спектр поглощения металлических частиц серебра диаметром 20–30 нм имеет максимум поглощения при 440 нм. Также в работе [7] отмечено наличие плеча на 520–560 нм, которое авторы соотносят с пиками 515 и 565 нм в рассчитанном спектре для кластеров, моделирующих окисленную поверхность серебра, при этом наличие плеча, а не пиков в данной области спектра свидетельствует о малой концентрации оксида серебра на поверхности частиц [7]. Полученный в нашем случае пик 525 нм свидетельствует об образовании большей концентрации оксидов на поверхности частиц в результате старения растворов, обработанных КНП.

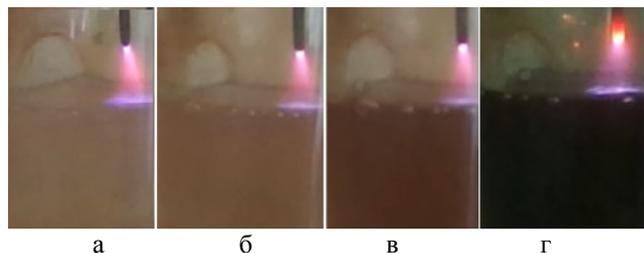


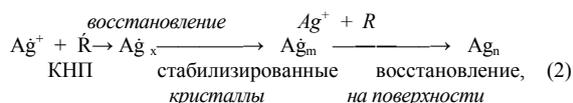
Рис. 2 – Обработка старого модельного раствора AgNO_3 , с содержанием серебра 250 мг/л, а, б, в – время обработки 30, 60, 90с, г – время обработки 300с

где Ag_x – кластеры серебра, Ag_m – первичные частицы, Ag_n – конечные частицы, R – восстановитель.

Полученные рентгенограммы сухого осадка показывают наличие значительного количества оксидов серебра в результате дополнительного окисления частиц серебра при сушке. В зависимости от методов сушки дисперсность частиц может варьироваться в пределах от 10^6 до 10^8 м.

Для повышения стабильности коллоидных

растворов серебра наночастицы *можно* стабилизировать [11], соединениями, адсорбируются на поверхности частиц и контролируют их рост и агрегацию по следующему механизму:



где Ag_x – кластеры серебра, Ag_m – первичные частицы, Ag_n – стабилизированные полимером частицы, Ag_n – конечные частицы, R – восстановитель.

Обсуждение результатов исследований получения наноразмерных частиц серебра в результате обработки КНП. Анализируя полученные данные, можно отметить следующие особенности: при обработке свежих и старых модельных растворов наблюдается отличие при протекании процесса – в первом случае идет более быстрый переход к образованию частиц более крупных размеров (тенденция к агрегации), а во втором случае процесс получается растянутым во времени с тенденцией к образованию значительно меньших частиц, о чем свидетельствует характер изменения окраски растворов при обработке КНП.

Очевидно, это связано с процессом дегазации в старом растворе и образованием более устойчивых связей ионов серебра с водными кластерами.

Полученные данные использовались для построения общей математической модели, учитывающей образование наноразмерных частиц.

При учете процесса образования наночастиц в водном растворе использовали подходы, применяемые при моделировании процессов кристаллизации малорастворимых веществ, представленные в работе Э.М. Кольцовой [12], основанные на представлении о кластерах, как устойчивых образованиях, которые формируются в пересыщенном растворе в ходе серии бимолекулярных реакций между ионами или молекулами растворенного вещества.

Выводы. В результате проведенных исследований получены водные дисперсии наноразмерных частиц серебра, оценка изменения окраски растворов и спектров поглощения позволяют сделать вывод о наличии в растворе после обработки КНП как металлических, размер которых варьируется от 3-5 нм (пик спектра поглощения 230 нм) до 20–30 нм (пик спектра поглощения 430–440 нм), так и оксидных частиц серебра (пик спектра поглощения 525 нм).

Для повышения стабильности наночастиц в растворах серебра, обработанных КНП, наночастицы предлагается стабилизировать полимерными соединениями, которые адсорбируются на поверхности частиц и контролируют их рост и агрегацию.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют использовать полученные данные для составления математической модели, учитывающей наряду с концентрационными изменениями компонентов раствора при обработке КНП, процесс образования наноразмерных частиц.

Список литературы: 1. Wiley, B. Shape-controlled synthesis of metal nanostructures: the case of silver [Text] / B. Wiley, Y. Sun, B. Mayers, Y. Xia // Chem. Eur. J. - 2005. -V. 11, № 2. - P. 454-463. 2. Chen, G.

Measuring Ensemble-Averaged Surface-Enhanced Raman Scattering in the Hotspots of Colloidal Nanoparticle Dimers and Trimers [Text] / G. Chen, Y. Wang, M. Yang, J. Xu, S. J. Goh, M. Pan, H. Chen // J. Am. Chem. Soc. - 2010. - V. 132. - P. 3644–3645. 3. Rycenga, M. Controlling the Synthesis and Assembly of Silver Nanostructures for Plasmonic [Text] / M. Rycenga, C. M. Cobley, J. Zeng, W. Li, C. H. Moran, Q. Zhang, D. Qin, Y. Xia // AP. lications Chem. Rev. - 2011. - V. 111, № 6. - P. 3669–3712. 4. Yao, J. Design fabrication and characterization of indefinite metamaterials of nanowires [Text] / J. Yao, Y. Wang, K.-T. Tsai, Z. Liu, X. Yin, G. Bartal, A. M. Stacy, Y.-L. Wang, X. Zhang // Phil. Trans. R. Soc. A. - 2011. - V. 369. - P. 3434–3446. 5. Curtis, C. J. Direct Write Metallizations for Ag and Al [Text] / C. J. Curtis, A. Miedaner, T. Rivkin, J. Alleman, D. L. Schulz, D. S. Ginley // MRS Proceedings. - 2000. - V. 624. - P. 59–64. 6. Кузьмина, Л. Н. Получение наночастиц серебра методом химического восстановления [Текст] / Л. Н. Кузьмина, Н. С. Звиденцова, Л. В. Колесников // Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева. - 2007. - Т. XXX, № 8. - С. 7-12. 7. Сергеев, Б. М. Получение наночастиц серебра в водных растворах полиакриловой кислоты [Текст] / Б. М. Сергеев, М. В. Кирюхин, А. Н. Прусов, В. Г. Сергеев // Вестник Московского Университета. Серия 2. Химия. - 1999. - Т.40, №2. - С. 129-133. 8. Сергеева, О. В. Восстановление ионов серебра из водного раствора путем его плазмохимической обработки [Текст] / О. В. Сергеева, А. А. Пивоваров, Л. А. Фролова, Т. Н. Дубовик // Mater. VIII Mezinárodní vědecko – praktická conference «Přední vědecké novinky – 2012», 27 srpna - 05 září 2012 roku. Chemie a chemická technologie zemědělství. Praha. - P. 27 – 30. 9. Skillman, D. C. Effect of Particle Shape on the Spectral Absorption of Colloidal Silver in Gelatin [Text] / D. C. Skillman, C. R. Berry // The journal of Chemical Physics. - 1968. - V.48. - P. 3297-3304. 10. Rogach, A. L. Образование высокодисперсного серебра при восстановлении ионов Ag^+ в водных растворах [Текст] / А. Л. Рогач, В. Н. Хвалюк, В. С. Гуринов // Коллоидный журнал. - 1994. - Т. 56. №12. - С. 276-278. 11. Патент UA №06343 на корисну модель від 10.12.2014. МПК (2014.01) B01J 13/00, Заявка u2014 12650, дата подання 10.06.2014. Спосіб отримання колоїдного розчину наночастинок срібла / Пивоваров О. А., Воробйова М. І., Сергеева О. В. Опубл. 10.12.2014, Бюл. №23. 12. Кольцова, Э. М. Алгоритмизация задач нелинейной динамики в процессах массовой кристаллизации из растворов [Текст] / Э. М. Кольцова, Л. С. Гордеев, А. В. Агатина // Программные продукты и системы. - 1998. - №1. - С. 29-35.

Bibliography (transliterated): 1. Wiley, B., Sun, Y., Mayers, B., Xia, Y. (2005). Shape-controlled synthesis of metal nanostructures: the case of silver. Chem. Eur. J, 11, 2, 454-463. 2. Chen, G., Wang, Y., Yang, M., Xu, J., Goh, S. J., Pan, M., Chen, H. (2010). Measuring Ensemble-Averaged Surface-Enhanced Raman Scattering in the Hotspots of Colloidal Nanoparticle Dimers and Trimer. J. Am. Chem. Soc., 132, 3644–3645. 3. Rycenga, M., Cobley, C. M., Zeng, J., Li, W., Moran, C. H., Zhang, Q., Qin, D., Xia, Y. (2011). Controlling the Synthesis and Assembly of Silver Nanostructures for Plasmonic. Applications Chem. Rev, 111, 6, 3669–3712. 4. Yao, J., Wang, Y., Tsai, K.-T., Liu, Z., Yin, X., Bartal, G., Stacy, A. M., Wang, Y.-L., Zhang, X. (2011). Design. fabrication and characterization of indefinite metamaterials of nanowires. Phil. Trans. R. Soc. A., 369, 3434–3446. 5. Curtis, C. J., Miedaner, A., Rivkin, T., Alleman, J., Schulz, D. L., Ginley, D. S. (2000). Direct Write Metallizations for Ag and Al. MRS Proceedings, 624, 59–64. 6. Kuzmina, L. N., Zvidencova, N. S., Kolesnikov, L. V (2007). nanochastic serebra metodom ximicheskogo vosstanovleniya. Zhurnal Rossijskogo ximicheskogo obshhestva im. D. I. Mendeleeva, XXX, 8, 7 -12. 7. Sergeev, B. M., Kiryuxin, M. V., Prusov, A. N. Sergeev, V. G. (1999). Poluchenie nanochastic serebra v vodnyx rastvorax poliakrilovoj kisloty. Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 2. Ximiya, 40, 2, 129-133. 8. Sergeeva, O. V., Pivovarov, A. A., Frolova, L. A., Dubovik, T. N. (2012). Vosstanovlenie ionov serebra iz vodnogo rastvora putem ego plazmoximicheskoy obrabotki. Materiály viii Mezinárodní vědecko – praktická conference «Přední vědecké novinky, 2012», 27 srpna - 05 září 2012 roku. Díl 9. Ekologie. Chemie a chemická technologie zemědělství. Praha, 27 – 30.] 9. Skillman, D. C., Berry, C. R. (1968). Effect of Particle Shape on the Spectral Absorption of Colloidal Silver in Gelatin. The journal of Chemical Physics, 48, 3297-3304. 10. Rogach, A. L., Xvalyuk, V. N., Gurin, V. S. (1994). Obrazovanie vysokodispersnogo serebra pri vosstanovlenii ionov Ag^+ v vodnyx rastvorax. Kolloidnyj zhurnal, 56, 12, 276-278. 11. Chekman, I. S., Movchan, B. A., Zagorodnyj, M. I. [i dr.] (2008). Nanoserebro: tehnologii polucheniya, farmakologicheskie svojstva, pokazaniya k primeneniyu. Preparati i tehnologii, 5, 32-40. 12. Kolcova, E. M., Gordeev, L. S., Agatina, A. V. (1998). Algoritimizaciya zadach nelinejnoj dinamiki v processax massovoj kristallizacii iz rastvorov. Programmnye produkty i sistemy, 1, 29-35.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сергеева Ольга Вячеславовна – докторант, ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет, кафедра технологии неорганических веществ и экологии, E-mail: ov.sergeeva@mail.ru

Сергеева Ольга Вячеславовна – докторант, ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет, кафедра технології неорганічних речовин та екології, E-mail: ov.sergeeva@mail.ru

Sergeyeva Olga, Candidate of Technical Sciences, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dep. of inorganic matter technology and ecology E-mail: ov.sergeeva@mail.ru

Пивоваров Александр Андреевич – профессор, ГВУЗ Украинский государственный химико-технологический университет, кафедра технологии неорганических веществ и экологии, E-mail: apivo@ua.fm

Пивоваров Олександр Андрійович – професор, ДВНЗ Український державний хіміко-технологічний університет кафедра технології неорганічних речовин та екології, E-mail: apivo@ua.fm

Pivovarov Alexander, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dep. of inorganic matter technology and ecology, E-mail: apivo@ua.fm

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА КОМПЛЕКСАМИ

УДК 004.4'242

О. В. БУЗОВСКИЙ, А. В. АЛЕЩЕНКО**СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГЕНЕРАЦИИ ПРОГРАММНЫХ КОДОВ**

Проанализированы возможности графической нотации схем алгоритмов. Представлена система визуального проектирования и генерации программного кода на основе блок-схем и UML. Описаны принципы работы системы, обозначены пути и сферы развития. Приведены примеры и результаты работы разрабатываемой системы. Предлагаемая система может быть использована как в целях обучения, так и в профессиональной программной инженерии.

Ключевые слова: UML, диаграмма деятельности, блок-схема, ГСА, трансляция, генерация программных кодов, проектирование, программная инженерия, Java, Pascal.

Введение. На данный момент существует множество способов графического изображения алгоритма. Среди наиболее известных способов можно назвать следующие: блок-схема, UML-диаграммы (деятельности, состояния, последовательности), дракон-схема и диаграмма Насси – Шнейдермана [1].

Анализ существующих графических нотаций бизнес-процессов показывает, что наиболее эффективными с точки зрения отражения концептуальных и реализационных особенностей является модельный аппарат UML. Данный факт в сумме с простотой изучения делает UML наиболее популярным графическим языком описания проектных решений [2].

Особенностью UML-диаграмм есть то, что они поддерживают объектно-ориентированную парадигму. Среди статических моделей объектно-ориентированных программ основной является диаграмма классов. Генерация объектно-ориентированного программного кода по UML-диаграмме классов даёт на выходе так называемый «скелет» программного продукта [3], так как она определяет реализацию конкретных методов, но не позволяет получить полный исполняемый код.

По этой причине большое количество CASE-систем [4], которые используют UML, не позволяют полностью автоматизировать процесс создания программного продукта. Вместе с тем следует отметить, что большой процент затрат в рамках проекта связан именно с кодированием тел методов.

Описание системы. С целью сокращения рутинных трудозатрат на кодирование в процессе создания программного обеспечения, разрабатывается система, позволяющая генерировать исполняемый код по графическому представлению алгоритма [5].

Одной из причин затруднения автоматического построения кода есть проблема, связанная с описанием типов и объявлением переменных. В процессе разработки системы рассматривались следующие варианты задания соответствия между переменными и их типами: именная, динамическая и явная.

Именная типизация означает, что в зависимости от данных, которые хранит в себе переменная, модифицируется её имя. В результате нарушается семантика имён и затрудняется описание подтипов.

Динамическая типизация предполагает, что

предварительно тип переменной не задаётся, а определяется по мере выполнения программы (динамически), соответственно значению присваивания. Так тип одной переменной может меняться в зависимости от значений, присваиваемых ему, и операций, в которых он принимает участие, что затрудняет как контроль типов и отладку программы, а также разработку транслятора.

При явной типизации очевидные преимущества это: наглядность, надёжность и распространённость. Именно этот вариант типизации используется для задания соответствия между переменной и её типом в реализуемой системе.

Система представлена в двух вариантах. Первый вариант реализует структурную парадигму программирования, т.е. трансляцию кода структурной программы, заданной в виде граф-схемы алгоритма (ГСА). Кроме того, эта реализация используется в целях обучения структурной парадигме программирования. Второй вариант поддерживает объектно-ориентированную парадигму и выполняет трансляцию внутреннего кода методов классов, заданного UML-диаграммой деятельности (activity diagram).

Применительно к первой технологии важно отметить, что ГСА не содержит нотации, предусматривающей описание типов. Поскольку, при разработке системы, предпочтение отдаётся явной типизации, соответствие между переменной и типом задаётся пользователем, т.е. требуются дополнительная информация, помимо ГСА и диаграммы деятельности. Эта информация может быть представлена в текстовом виде (например, как в языке Паскаль раздел типов и раздел переменных) или таблично. Именно второй способ использован в разработанной системе.

Во втором случае, при использовании диаграммы деятельности, также не предусмотрены средства описания типа переменных, однако информация о типах может быть получена из диаграммы классов. Эта информация в общем случае не является достаточной для автоматизации кодирования, поскольку требует описания типов локальных переменных (параметры цикла, буферные переменные и т.п.). Для того чтобы объявить эти переменные, также необходимы средства, которые описывались выше (либо текстовые, либо табличные).

© О. В. Бузовский, А. В. Алещенко. 2015

Для успешной генерации кода требуется предварительная проверка корректности задания самой ГСА.

Возможны следующие ошибки структуры ГСА: отсутствие терминальных вершин (начало и конец) или множественность терминальных вершин одного класса, наличие бесконечных циклов, недостижимость вершины из начальной вершины или наличие вершин, из которых отсутствует путь в конечную вершину.

Также возможным является выявление семантической ошибки ГСА, которая заключается в отсутствии изменений в теле цикла значений переменных входящих в состав условия завершения цикла.

Завершающим этапом работы системы является трансляция. Трансляция исходного кода заданного в графической форме с добавлением табличной типизации в исполняемый код возможна тремя способами. Первый из них – использование промежуточного языка, второй – трансляция в унифицированный код (например, байт-код в языке Java), и третий – трансляция непосредственно в исполняемый код. Сравнение методов и обоснование выбора не являются предметом данной статьи. В реализуемой системе предпочтение отдано первому способу, где в качестве промежуточного языка выбран язык Java.

Обсуждение результатов разработки системы.

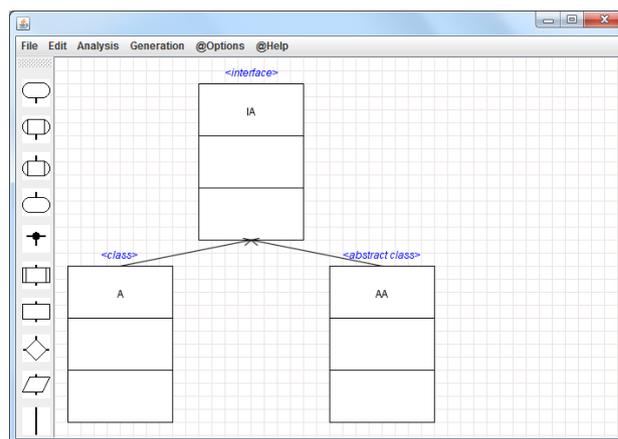
На рис. 1 приведен пример работы разрабатываемой системы. Система позволяет строить иерархию классов и интерфейсов, которая может быть дополнена описанием полей и методов. В интерфейсе системы предусмотрена возможность последующей трансляции сгенерированного промежуточного кода и выполнение его.

На данном этапе разработки системы трансляция сгенерированного кода и выполнение происходят за счёт запуска исполняемого файла операционной системы Windows. Это создаёт зависимость разрабатываемой системы от платформы, на которой она выполняется.

На рис. 2 приведен пример работы системы с генерацией тела метода. В окне запуска, кроме отчёта о трансляции кода, отображается результат выполнения программы (вывод строки на экран).

Сама система разрабатывается на языке Java, что значительно снижает её зависимость от платформы. Прототип системы [5] позволял генерировать код на языке Pascal. В данном варианте системы эта возможность сохранена и расширена для 64-битной операционной системы за счёт использования компилятора Free Pascal (рис. 3).

Особую роль в использовании разрабатываемой системы играет возможность инкапсуляции частей алгоритма с помощью сложных блоков (составных операторов). Их применение позволяет сократить общее количество блоков схемы, уменьшить детализацию, абстрагироваться от реализации стандартных структур алгоритма, что приводит к облегчению восприятия блок-схемы в целом. По сути своей сложные блоки есть подпрограммами, которые могут быть созданы путём выделения части существующего алгоритма. На эту часть алгоритма накладывается ограничение на наличие одной точки входа и одного выхода (рис. 4).



а

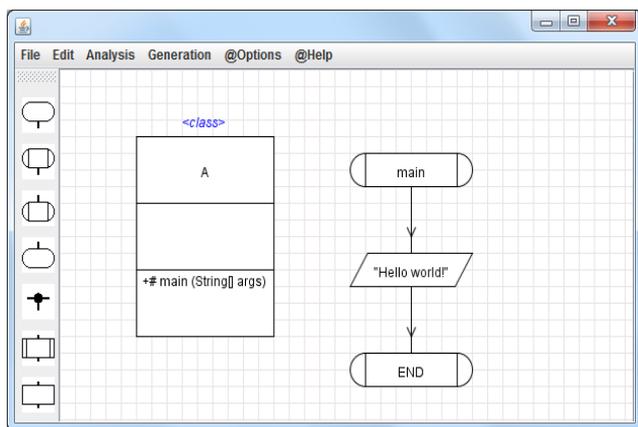
б

в

Рис. 1 – Пример работы разрабатываемой системы: а – исходная диаграмма, б - сгенерированный код, в – окно запуска

Такие сложные блоки сохраняются во внешнем хранилище. Хранилище может представлять собой отдельный файл для каждого нового блока или общий файл для нескольких семантически связанных сложных блоков. Такой общий файл можно назвать библиотекой. Сложные блоки могут быть использованы в других алгоритмах путём добавления их из созданных ранее библиотек.

В качестве дальнейшего исследования, полезной функцией для разрабатываемой системы представляется интерактивная связь между графической схемой и сгенерированным кодом. Она позволяет определить фрагмент кода, который соответствует указанным блокам графической схемы. Такая функция позволит существенно ускорить поиск необходимого места в программном коде [6].



a

```

public class A {
    public static void main (String[] args) {
        System.out.println("Hello world!");
    }
}
    
```

б

```

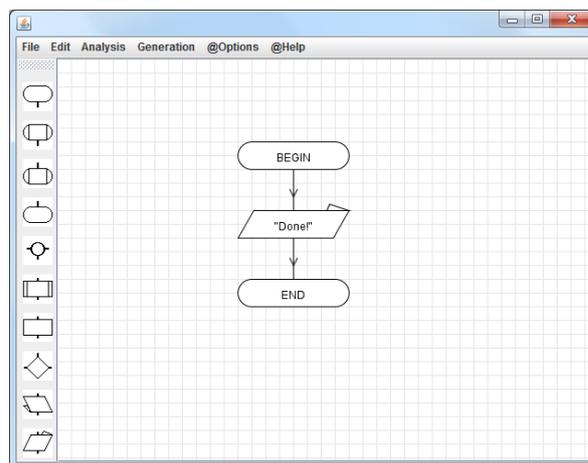
C:\windows\system32\cmd.exe - asd_java_2.bat
C:\Users\dtv\repos\main>javac A.java
C:\Users\dtv\repos\main>java A
Hello world!
C:\Users\dtv\repos\main>pause
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
    
```

в

Рис. 2 – Пример генерации тела метода: а – исходная диаграмма, б – сгенерированный код, в – окно запуска

Следует отметить, что процесс создания графической схемы естественным образом (рисуя на бумаге) гораздо удобнее по сравнению с манипулированием предопределёнными прототипами блоков и последующим их настраиванием посредством дополнительных окон свойств. Поэтому, система распознавания образов описанных диаграмм с последующей трансляцией их в стандартные примитивы (в терминах базовой системы) является эффективным дополнением с точки зрения пользователя [7-9]. Также полезной функцией системы является возможность импорта диаграмм, созданных в других более распространённых CASE-средствах.

В качестве возможных сфер расширения использования системы можно назвать моделирование бизнес-процессов [4] и предметно-ориентированные языки [10].



a

```

begin
    write('Done!');
end.
    
```

б

```

C:\windows\system32\cmd.exe - asd.bat
C:\Users\dtv\repos\main>ppcrossx64 1
C:\Users\dtv\repos\main>. 1.exe
Done!
C:\Users\dtv\repos\main>pause
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
    
```

в

Рис. 3 – Пример генерации кода на языке Pascal: а – исходная блок-схема, б - сгенерированный код, в – окно запуска

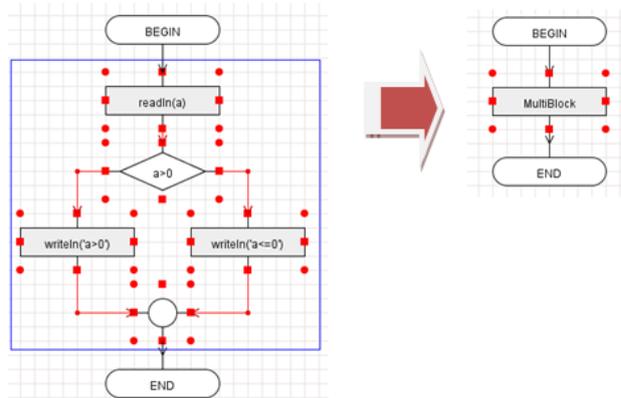


Рис. 4 – Сворачивание набора блоков и связей в один составной блок

Выводы. В статье проанализированы возможности графической нотации схем алгоритмов. Представлена система визуального проектирования и генера-

ции программного кода на основе блок-схем и UML. Описаны принципы работы системы, обозначены пути и сферы развития. Предлагаемая система может быть использована как в целях обучения, так и в профессиональной программной инженерии.

Список литературы: 1. Дробушевич, Л. Ф. Способы визуализации алгоритмов и программ [Текст] / Л. Ф. Дробушевич, В. В. Колах // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии. Республика Беларусь, БГУ, Минск, 31 окт. – 3 нояб. 2011г.: в 2 ч. Ч. 1 – Минск: БГУ, 2011. – С. 345–351. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/9836> (22.06.2015) – Загл. с экрана. 2. Гайнуллин, Р. Ф. Разработка методов и средств анализа и контроля диаграмматики бизнес-процессов в проектировании автоматизированных систем: дис. кандидата технических наук : 05.13.12 [Текст] / Гайнуллин Ринат Фаязович. – Ульяновск, 2014. – С. 56–57. 3. Канжелев, С. Автоматическая генерация кода программ с явным выделением состояний [Текст] / С. Канжелев, А. Шалыто // Paths to Competitive Advantage: Software Engineering Conference. M., 2006. – С. 60–63. 4. Аль-Аудат, М. С. Моделирование бизнес-процессов, CASE – технологии [Текст] / М. С. Аль-Аудат // Праці Одеського політехнічного університету: 36. наук. праць. – Одеса, 2003. – Вип. 1 (19). – С. 306–309. 5. Бузовский, О. В. Система автоматической генерации кодов по графическим схемам алгоритмов [Текст] / О. В. Бузовский, А. В. Алещенко, А. А. Подрубайло // Вестник НТУУ "КПИ". Информатика, управление и вычислительная техника. – 2009. – № 51. – С. 204–211. 6. Холтыгина, Н. А. Обзор реализации механизма циклической разработки диаграмм классов и программного кода в современных UML-средствах [Текст] / Н. А. Холтыгина, Д. В. Кознов // Системное программирование. Вып. 5: Сб. статей / Под ред. А. Н. Терехова, Д.Ю.Булычева. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. С. 76–94. 7. Александров, А. Е. Инструментальные средства разработки и сопровождения программного обеспечения на основе генерации кода [Текст] / А. Е. Александров, В. П. Шильманов // Бизнес-информатика. – 2012. – №4. – С. 10–17.

8. Новиков, Ф. А. Визуальное конструирование программ [Текст] / Ф. А. Новиков // Информационно-управляющие системы. – 2005. – № 6. – С. 9–22. 9. С. Прохоренко PureBuilder. Проект: Среда визуальной разработки без исходного кода, основанная на диалекте языка Oberon [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/purebuilder/> (22.06.2015) – Загл. с экрана. 10. Дмитриев, С. Языково-ориентированное программирование: следующая парадигма [Текст] / С. Дмитриев // RSDN Magazine – Санкт-Петербург. – 2005. – №5.

Bibliography (transliterated): 1. Drobushевич, L. F., Konakh, V. V. (2011). Methods of algorithms and programs imaging. International Congress on Informatics: information systems and technologies. The Republic of Belarus. The Belarusian State University. Minsk, 1, 345–351. 2. Gainullin, R. F. (2014). Development of methods and tools for analyzing and monitoring of business processes diagrammatic in the automated systems design: Dis. candidate of technical sciences: 05.13.12. Ulyanovsk, 56–57. 3. Kanzhelev, S., Shalyto, A. (2006). Automatic program code generation using state. Paths to Competitive Advantage: Software Engineering Conference. Moscow, 60–63. 4. Al Auda, M. S. (2003). Business process modeling, CASE technology. Labor Odessa Polytechnic University: Coll. science papers. Odessa, 1, 306–309. 5. Buzovskyy, A. V., Aleshchenko, A. V., Podrubaylo, A. A. (2009). System of automatic code generation by algorithm graphic schemes. Vestnik NTUU "KPI". Informatika, upravlenie i vychislitel'naja tehnika, 51, 204–211. 6. Holtygina, N. A., Koznov, D. V. (2010). Review of implementation of the mechanism of cyclical development of class diagrams and code in the current UML-tools. Sistemnoe programmirovaniye. Saint Petersburg: 5: Sb. Publishing house SPbGU, 76–94. 7. Aleksandrov, A. E., Shilmanov, V. P. (2012). Development tools and support software-based code generation. Biznes-informatika, 4, 10–17. 8. Novikov, F. A. (2005). Visual design of programs. Informatsionno-upravljajushchie sistemy, 6, 9–22. 9. Prokhorenko, S. PureBuilder. Project: Environment of visual development without source code, based on the dialect of the language Oberon. 10. Dmitriev, S. (2005). Linguistic-Oriented Programming: The Next Paradigm. Saint Petersburg: RSDN Magazine, 5.

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бузовский Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», профессор кафедры вычислительной техники.

Бузовський Олег Володимирович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри обчислювальної техніки.

Buzovsky Oleg – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Professor of Computer Engineering.

Алещенко Алексей Вадимович – аспирант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кафедра вычислительной техники; e-mail: alexey.aleshchenko@gmail.com.

Алещенко Олексій Вадимович – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра обчислювальної техніки; e-mail: alexey.aleshchenko@gmail.com.

Aleshchenko Oleksii – graduate, National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Department of Computer Engineering; e-mail: alexey.aleshchenko@gmail.com.

УДК 004.773.5

А. В. ГАБИНЕТ

СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПОТОКОВОГО ВИДЕО В ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЯХ

Предложен способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях. Предложено использовать топологию сети на основании анализа количества пользователей, которые используют услугами доставки потокового видео в зависимости от стран. Описана схема расположения виртуальных машин на одном сервере с помощью виртуализации, а также взаимодействие между ними. Учитываются характеристики сети для эмуляции задержек, потерь пакетов и джиттера.

Ключевые слова: одноранговая сеть, потовое видео, моделирование сети, глобальная сеть, задержка, потери пакетов, джиттер

Введение. Процедура научного исследования требует оценки результатов и методов исследования. Тестирования также должны иметь возможность воспроизводиться и проверяться другими учеными. Для этого используются три основных способа: аналитическое решение, моделирование, и живой эксперимент [1].

Аналитические решения ссылаются на математическую модель системы, но они хорошо работают только на простых моделях. Симуляторы могут быть использованы для решения неисправности в матема

© А. В. Габинет., 2015

тических моделях, но у них есть также свои недостатки. Предпочтительный метод, если такой возможен, заключается в выполнении экспериментов с помощью реальной системы.

Тем не менее, в одноранговых сетях (peer-to-peer, P2P), тестирование на реальной системе может оказаться достаточно трудной задачей. Даже в довольно простой P2P сети, которая состоит из нескольких сотен узлов, возникают проблемы с масштабированием и нехваткой ресурсов. Для избегания такого рода проблем, протокол P2P может быть реализован на основе реального мирового тестового стенда, глобальной исследовательской сети PlanetLab [2]. Такая испытательная модель состоит из более чем 1000 компьютеров, расположенных в различных местах по всему миру. Такая установка позволяет получить реальные данные с точки зрения задержки сети, потерь пакетов и джиттера. Недостатком является то, что исследователь должен зависеть от устройств, на которых будет проводиться эксперимент. Они должны быть постоянно доступными и необходим опыт соответственной настройки узлов для проведения экспериментов. Это само по себе является сложной задачей, т. к. устройства принадлежат различным административным доменам, каждый со своей технической поддержкой и периодически аппаратным или программным обновлением. Поэтому, отслеживание проблем в P2P системах с большим количеством узлов является трудной задачей [3].

Таким образом, появляется четвертый способ для анализа и оценки исследования — эмуляция сети. Этот способ является промежуточным решением между моделированием и реальными экспериментами. Эмуляция имеет много преимуществ перед моделированием: код, который используется для проведения экспериментов может быть использован для внедрения в разрабатываемый продукт. Эмулятор может легко использоваться для оценки всей системы, а не только отдельных компонентов; в результате экспериментальная установка может быть

использована для оценки проблем производительности и безопасности, а также служит в качестве интеграционного стенда. С помощью такого подхода модифицирующие эксперименты легче воспроизводить, измерить, оценить нежелательное поведение, чем делать то же с помощью экспериментов на основе моделирования. На самом деле, в зависимости от абстрактно выбранных данных, моделирование может не учитывать реальных поведений сети. Это тем более применимо для оценки безопасности, так как симуляторы устраняют некоторые детали реализации, и тем самым источник уязвимостей [4].

Выбор топологии для моделирования одноранговой сети. Около 90 процентов от мирового числа пользователей пользуются услугами доставки потокового видео [5]. На рис. 1 отображена статистика доли интернет-пользователей, которые смотрят онлайн-видео в зависимости от страны.

Количество интернет-пользователей в каждой из стран [6], которые смотрят видео онлайн представлены в таблице 1. Страны Европы можно объединить в одну группу, так как они находятся близко друг другу и можно пренебречь расстоянием между ними. В результате в табл. 2 было получено распределение пользователей, которые смотрят видео онлайн.

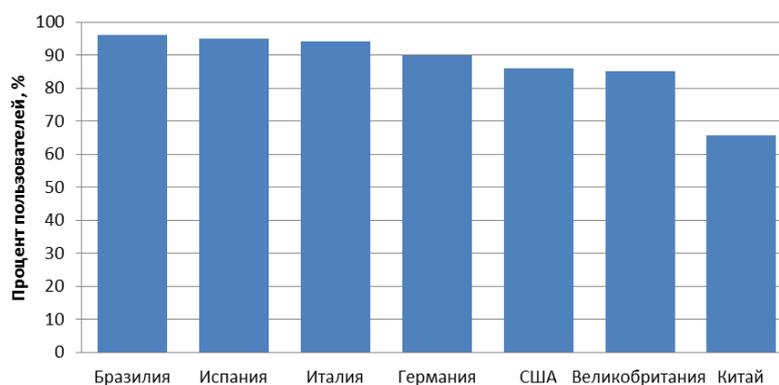


Рис. 1 – Процент интернет пользователей в стране, которые смотрят видео онлайн

Значения задержек, джиттера и потерь пакетов между странами [7] представлены в табл. 3–5 соответственно (данные за 01.07.2014г.)

Таблица 1 – Количество интернет-пользователей, которые смотрят видео онлайн

№	Страна	Кол-во интернет пользователей	Процент пользователей, которые смотрят онлайн видео	Кол-во пользователей, которые смотрят онлайн видео
1	Бразилия	107,822,831	96%	103,509,918
2	Испания	35,010,273	95%	33,259,759
3	Италия	36,593,969	94%	34,398,331
4	Германия	71,727,551	90%	64,554,796
5	США	279,834,232	86%	240,657,440
6	Великобритания	57,075,826	85%	48,514,452
7	Китай	617,580,000	65,8%	407,602,800

Таблица 2 – Распределение пользователей, которые смотрят видео онлайн

№	Страна	Просмотр видео онлайн
1	Китай	44%
2	США	26%
3	Страны Европы	19%
4	Бразилия	11%

Таблица 3 – Значение задержек между странами

№	Страна/страна	Китай	США	Страны Европы	Бразилия
1	Китай	-	-	-	-
2	США	185,8	-	-	-
3	Страны Европы	200,4	150,2	-	-
4	Бразилия	372,6	200,8	258,8	-

Таблица 4 – Значение джиттера между странами

№	Страна/страна	Китай	США	Страны Европы	Бразилия
1	Китай	-	-	-	-
2	США	3,59	-	-	-
3	Страны Европы	2,15	0,57	-	-
4	Бразилия	2,98	1,75	0,32	-

Таблица 5 – Значение потерь пакетов между странами

№	Страна/страна	Китай	США	Страны Европы	Бразилия
1	Китай	-	-	-	-
2	США	0,12	-	-	-
3	Страны Европы	0,02	0,08	-	-
4	Бразилия	0,19	0,06	0,04	-

Описание модели для проведения экспериментов. Наиболее распространёнными инструментами для эмуляции глобальной сети являются NetEm [8] и Dummynet [9]. Проанализировав работу [10] был сделан вывод о том, что NetEm обеспечивает лучшую точность для внесения в сеть задержек, джиттера, потерь пакетов и требует меньше мощности процессора.

Логическая топология модели состоит из четырех сетей, каждая представляет собой страну, и эмулятора глобальной сети, который размещается в центре топологии (рис. 2.) и вносит в сеть задержки, джиттер и потери пакетов. В каждой сети размещаются узлы в зависимости от распределения по странам (табл. 2).

Физическая структура модели состоит из двух серверов. Первый сервер будет использоваться как хост система с множеством виртуальных серверов, сетевые интерфейсы которых будут принадлежать отдельным виртуальным сетям. Объединение виртуальных сетей будет осуществляться на втором сервере, который будет использоваться как WAN эмулятор. IP адресация и размещение узлов представлено на рисунке 3. Для оценки точности предложенного эмулятора, был проведен эксперимент. Сервер трансляции находился в сети 192.168.4.0/24 (страны Европы), к которому подключались участники из разных сетей. Количество участников задано по распределению из таблицы 2. Для объективной оценки качества видео использовалось пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR). Видеоряд со значением PSNR между 30 и 40 дБ, как правило, является приемлемым [11]. Для сравнения полученных результатов были взяты данные из экспериментов проведенных в PlanetLab [12]. График зависимости качества воспроизведения видео от страны показан на рис. 4.

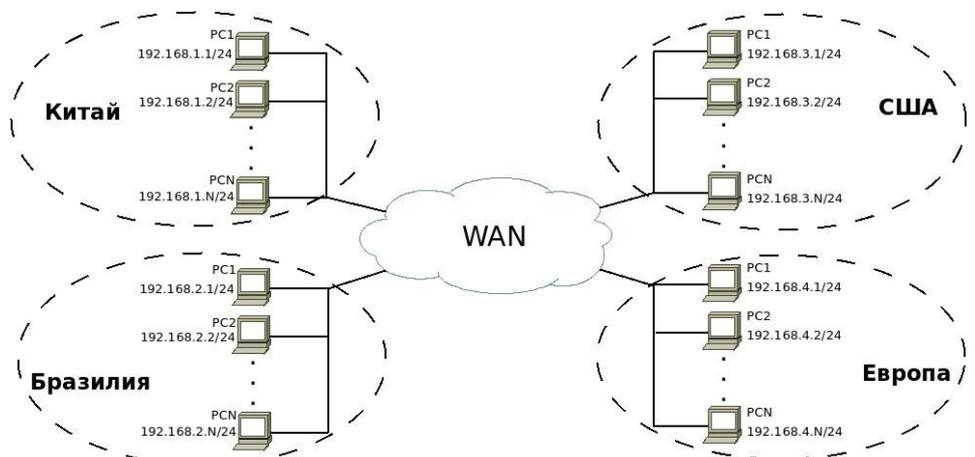


Рис. 2 – Логическая топология сети

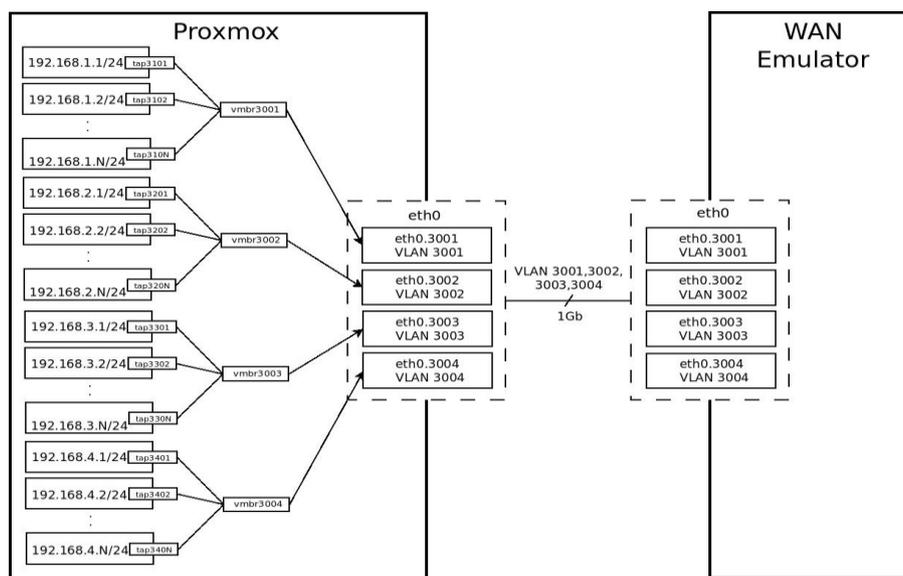


Рис. 3 – Физическая топология сети

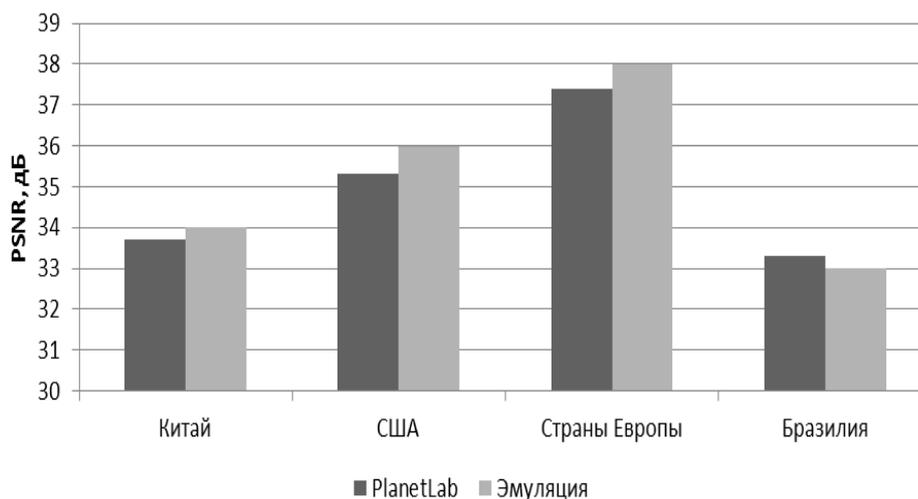


Рис. 4 – Сравнение результатов

Выводы. В работе предложен способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях. Создана топология для проведения экспериментов основываясь на статистике количества пользователей, которые пользуются услугами доставки потокового видео в зависимости от стран. Предложенная модель учитывает такие сетевые характеристики как задержки и потеря пакетов, джиттер, что позволило эмулировать глобальную компьютерную сеть. Небольшая погрешность результатов, дает возможность в дальнейшем проводить исследования с помощью предложенной модели.

Список литературы: 1. Law, A. Simulation modeling and analysis [Text] / A. Law, W. Kelton // McGraw-Hill Higher Education. – 1999. 2. PlanetLab [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <https://www.planet-lab.org> 3. Basu, A. The state of peer-to-peer network simulators [Text] / A. Basu, S. Fleming, J. Stanier // ACM Computing Surveys. – 2013. 4. Evans, N. Beyond Simulation: Large-Scale Distributed Emulation of P2P Protocols [Text] / N. Evans, C. Grothoff // Conference on Cyber Security Experimentation and Test, CSET. – 2011. 5. The statistics portal [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.statista.com/statistics/272835/share-of-internet-users-who-watch-online-videos> 6. Internet Users by Country [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country> 7. Pinger summery table [Электронный ресурс] // - Режим доступа: http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average_rtt&date=2014-07 8. NetEm Software [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem> 9. Rizzo, L. Dummynet: a simple approach to the evaluation of network protocols [Text] / L. Rizzo // ACM Computer Communication Re-

view. – 1997. 10. Becke, M. Link Emulation on the Data Link Layer in a Linux-based Future Internet Testbed Environment [Text] / M. Becke, T. Dreibholz, P. Rathgeb // Proceedings of the The Tenth International Conference on Networks. – 2011. 11. Wang, Y. Video Processing and Communications [Text] / Y. Wang, J. Ostermann, Y. Zhang // Prentice Hill. – 2002. 12. Baccichet, P. Content-aware p2p video streaming with low latency [Text] / P. Baccichet, J. Noh, E. Setton, B. Girod // IEEE ICME. – 2007.

Bibliography (transliterated): 1. Law, A., Kelton, W. (1999). Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill Higher Education. 2. PlanetLab [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <https://www.planet-lab.org> 3. Basu, A., Fleming, S., Stanier, J., Wake-man, I., Gurbani, V. (2013). The state of peer-to-peer network simulators, ACM Computing Surveys. 4. Evans, N., Grothoff, C. (2011). Beyond Simulation: Large-Scale Distributed Emulation of P2P Protocols, Conference on Cyber Security Experimentation and Test, CSET. 5. The statistics portal [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.statista.com/statistics/272835/share-of-internet-users-who-watch-online-videos> 6. Internet Users by Country [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country> 7. Pinger summery table [Электронный ресурс] // - Режим доступа: http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average_rtt&date=2014-07 8. NetEm Software [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem> 9. Rizzo, L. (1997). Dummynet: a simple approach to the evaluation of network protocols. ACM Computer Communication Review, 27(1). 10. Becke, M., Dreibholz, T., Rathgeb, P. (2011). Link Emulation on the Data Link Layer in a Linux-based Future Internet Testbed Environment. 11. Wang, Y. Ostermann, J., Zhang, Y.-Q. (2002). "Video Processing and Communications", Prentice Hill. 12. Baccichet, P., Noh, J., Setton, E., Girod, B. (2007). Content-aware p2p video streaming with low latency, IEEE ICME.

Поступила (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Габінет Артем Вікторович – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», асистент кафедри обчислювальної техніки; тел.: 068-901-11-41; e-mail: artemgabinet@gmail.com.

Габінет Артем Вікторович – аспірант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ассистент кафедры вычислительной техники; тел.: 068-901-11-41; e-mail: artemgabinet@gmail.com.

Gabinet Artem Victorovych – graduate, National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", assistant of the computer engineering department; tel.: 068-901-11-41, e-mail: artemgabinet@gmail.com.

Т. М. ЗАГОРОДНЯ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИПУСКНИКІВ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ РОБОТОДАВЦЯ

Запропоновано метод формування компетентності студентів старших курсів з урахуванням вимог роботодавця. Показано, що при плануванні компонентів навчального процесу слід детально аналізувати перспективні компетенції для роботодавця, а не лише поточні затребувані компетенції. Описано інформаційну технологію, що дозволяє формувати компетентності, враховуючи вимоги роботодавців, що відрізняє її від існуючих.

Ключові слова: інформаційна технологія, управління навчальним процесом, компетентності, вимоги роботодавця, якість підготовки.

Вступ. Найбільш перспективним серед нових концептуальних підходів, які допомогли б більш адекватно оцінити якість підготовки випускників вищих навчальних закладів (ВНЗ) на сьогодні є компетентнісний підхід [1]. В основі цього підходу лежить ідея про перехід до оцінки рівня підготовки випускника ВНЗ у формі вимірювання його компетенцій.

Постійно змінні потреби роботодавців підвищили вимоги до якості управління освітнім процесом, обґрунтованості прийняття управлінських рішень в рамках системи менеджменту якості, прогнозування і попередження можливих невідповідностей. [2].

Одним з ключових завдань управління ВНЗ щодо планування і здійснення навчального процесу є завдання моніторингу якості підготовки майбутніх фахівців. На думку вітчизняних вчених, зокрема Байденка В. І. [1], компетентнісний підхід у вищій професійній освіті вимагає вдосконалення завдань моніторингу процесу підготовки фахівця. Моніторинг якості підготовки майбутніх фахівців при використанні компетентнісного підходу опирається на відстеження рівня формування компетенцій.

Аналіз літератури та мета роботи. На сьогодні снує проблема різнонаправленості векторів інтересів і можливостей випускників ВНЗ, самих ВНЗ, роботодавців, рекрутингових агентств, державних центрів зайнятості. [3].

Це проявляється у тому, що випускник, досягнувши певного кваліфікаційного рівня не здатен одразу стати до роботи, оскільки його знання вже морально застаріли. Для усунення такої неузгодженості необхідно забезпечити інтеграцію навчального і виробничого процесів, знайти нові форми залучення представників підприємств до навчального процесу; погоджувати навчальні плани спеціальностей та робочі програми дисциплін з підприємствами; здійснювати належний контроль з боку ВНЗ за організацією практики на підприємстві; налагодити роботу з роботодавцями щодо виявлення вимог до підготовки випускників і формування компетентнісної моделі [4].

Крім цього, викладач, як ключова ланка, що безпосередньо бере участь у підготовці майбутнього фахівця, повинен контролювати рівень компетентності майбутніх фахівців на проміжних етапах підготовки і при можливості впливати на навчальні об'єкти для досягнення потрібних навчальних цілей. При підготовці бакалавра це зробити важко, оскільки викладач занадто обмежений стандартами і коригува

ти навчальну траєкторію студента досить складно. Проте існує можливість корекції та

індивідуалізації навчальної траєкторії на старших курсах за рахунок варіативної складової, що розширяє та поглиблює загальноосвітню підготовку майбутнього фахівця з урахуванням їхніх освітньо-професійних потреб, забезпечення індивідуального розвитку, пізнавальних інтересів і нахилів; за допомогою тісної взаємодії з підприємствами під час навчальної практики тощо.

При формуванні компетентності майбутнього фахівця суттєвими є розробка, вибір і прийняття оптимальних, раціональних та ефективних управлінських рішень. Найважливішою фазою управління в освітніх системах в інтересах підвищення ефективності управлінських рішень є забезпечення об'єктивного контролю рівня підготовленості не на кінцевому, а на всіх етапах підготовки.

За умови переходу системи вищої професійної освіти на якісно новий щабель передбачає адекватну технологію оцінювання результатів освіти. В даний час стає важливою систематичне оцінювання компетентності майбутніх фахівців протягом всього навчання.

Маслак А. А. пропонує здійснювати оцінку результатів навчання за допомогою реалізації різних підходів: тестування залишкових знань з дисциплін різних циклів навчального плану підготовки фахівців; стандартних форми опитування тощо [5].

І. В. Скибина [6] (описує такі способи та технології оцінювання результатів освіти (сформованості компетенцій): поточне спостереження; метод тестових ситуацій; опитувальні методи; тестування. Кожен зі способів має свої переваги. Однак, розглядаючи процес підготовки фахівця в розрізі компетентнісного підходу, коли необхідно оцінювати досить велике число компетенцій, які формуються і включають в себе велику кількість складових зі своїми характеристиками, стає зрозумілим, що перевірка сформованого рівня компетентності досить складне завдання. Це пов'язано з тим, що потрібна величезна кількість трудозатрат на складання тестів, фіксації результатів листів-опитувань, спостережень.

Таким чином, виникає потреба у створенні такої інформаційної технології, яка би дозволяла вирішувати задачу забезпечення рівня сформованих компетентностей, які би задовольняли запити роботодавців і відповідали вимогам Міністерства освіти.

Місце і роль розробленої інформаційної технології у формуванні компетентності випускників з орієнтацією на вимоги роботодавців. Формування компетентності фахівця – процес досить складний і залежить від різних складових. Загальний рівень ком

© Т. М. Загородня. 2015

петентності фахівця складається з певного набору компетенцій, кожна з яких відповідає окремому аспекту та окремому етапу формулювання та вирішення технічного завдання [7,8].

Загальний рівень компетентності K , ми пропонуємо описувати поліномом:

$$K(\mathbf{P}) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot k_i(\mathbf{P}) \quad (1)$$

де K – загальний рівень компетентності у балах; w_i – вагові коефіцієнти, що визначають вплив кожної складової на загальний рівень компетентності; k_i – складові компетентності (інша назва – компетенції); \mathbf{P} – вектор параметрів; n – кількість складових компетентностей, які повинні бути сформовані у результаті навчання.

Наприклад, основні компетенції інженера-електрика, які формуються під час навчання: здатність вибору оптимальних методів та технічних засобів створення систем електроспоживання; здійснення пошуку і аналізу причин виникнення проблем у електроспоживанні і розробка заходів щодо їхнього попередження; здійснення пошуку шляхів підвищення якості та надійності електроспоживання.

Кожна складова компетентності k_i є складною нелінійною функцією як від параметрів \mathbf{P} , так і від чисельного значення суміжних складових компетентності:

$$k_i(\mathbf{P}) = f(p_1, \dots, p_s, k_1, \dots, k_n),$$

де p_1, \dots, p_s – складові вектору параметрів \mathbf{P} ; s – кількість параметрів; k_1, \dots, k_n – чисельні значення суміжних складових компетентності, що дозволяє врахувати наявність впливу однієї компетенції на іншу.

Як відомо з літератури [9] існує необхідність здійснювати моніторинг стану формування компетенцій для управління процесом підготовки фахівця.

Об'єкт, предмет і суб'єкти моніторингу якості підготовки фахівців при здійсненні компетентнісного підходу запропоновано на рис. 1

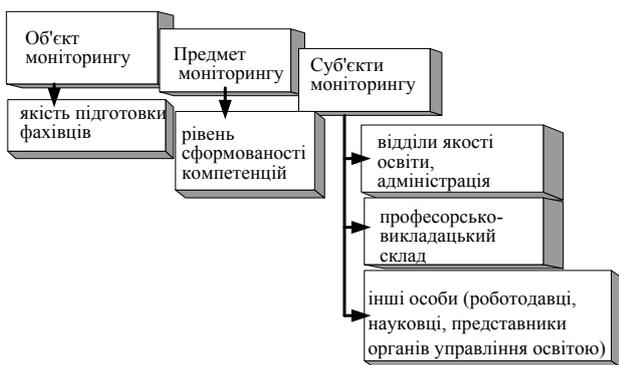


Рис. 1 – Об'єкт, предмет і суб'єкти моніторингу

Насьогодні, як загальновідомо, існує чотири групи способів та технологій моніторингу: метод тестових ситуацій; поточне спостереження; опитувальні методи; метод тестів.

Вибрані об'єкт, предмет та суб'єкти моніторингу дозволяють визначити необхідні управлінські рішення, що забезпечують компетентність випускників ВНЗ.

Нами запропоновано структурну схему забезпе-

чення компетентності випускника старших курсів ВНЗ, яка представлена нижче на рис. 2.

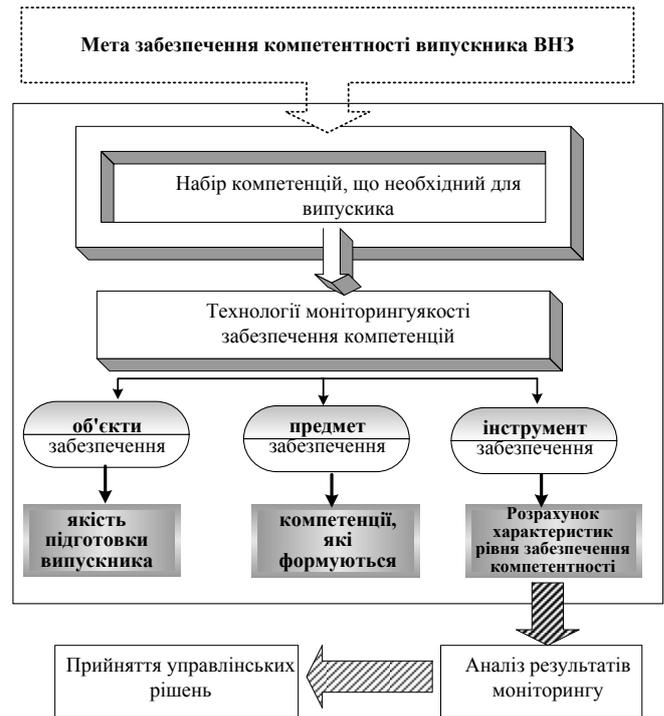


Рис. 2 – Структурна схема забезпечення компетентності випускників ВНЗ

Для здійснення забезпечення рівня сформованості компетентності не обхідно мати наступний перелік даних: базову структурну схему компетентності з даного напрямку підготовки; когнітивні моделі компетенцій з даного напрямку підготовки; перелік найбільш затребуваних компетенцій; матриці залежностей компетенції та її складових; вагові коефіцієнти ступеня впливу дисципліни на формування компетенцій.

Зображена на рис. 2 структурна схема забезпечення компетентності випускників ВНЗ використовує запропоновані характеристики розрахунку рівня формування компетенції на всіх етапах з застосуванням нових інформаційних технологій. Вимірювання рівня формування компетенцій доцільно здійснювати три рази на семестр. Це дозволить своєчасно коригувати процес навчання для забезпечення компетентності студентів старших курсів.

У наш час, коли беззаперечною є комп'ютеризація освіти, практично у всіх ВНЗ є автоматизовані системи управління, без яких неможлива ефективна та оперативна робота багатьох структурних одиниць ВНЗ.

Автоматизована система управління ВНЗ є системою підтримки прийняття рішень для керівників освітніх установ, комп'ютеризації управління навчальним процесом, системою електронного завдання – спростити роботу не тільки керівника навчального закладу, але і професорсько-викладацького складу, а також підвищити якість освітнього процесу.

Спеціалісти в галузі ІТ (розробники архітектури АСУ ВНЗ) повинні орієнтуватися насамперед на потреби автоматизації основної функції ВНЗ – навчального процесу [10].

Наразі метою розробників АСУ для ВНЗ є узагальнення як традиційної специфіки організації навчального процесу у ВНЗ різного профілю, так і сучасних тенденцій у галузі вищої освіти, щоб створити найбільш універсальне рішення.

Запропонована нами інформаційна технологія (ІТ) (рис. 3) займає свою нішу серед розмаїття існуючих.

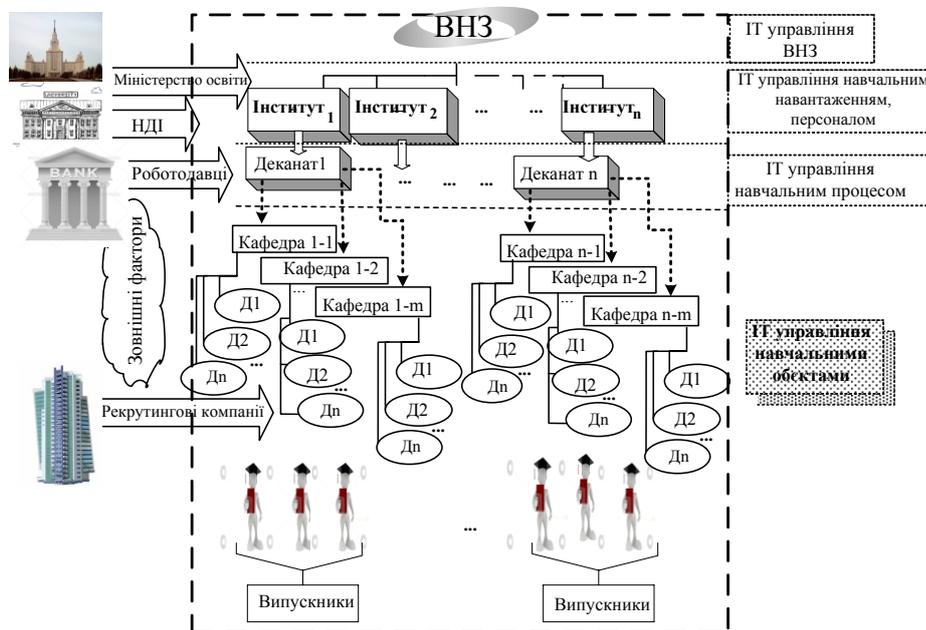


Рис. 3 – Загальна структурна схема використання інформаційних технологій для забезпечення компетентності випускників ВНЗ

На рисунку ВНЗ – вищий навчальний заклад, НДІ – науково-дослідні інститути; Д1, Д2, ... Дn – дисципліни, які викладаються на відповідних кафедрах. Справа у сірому квадраті виділено місце розробленої нами ІТ у структурній ієрархії інформаційних технологій, що використовуються у ВНЗ.

Проаналізувавши характеристики і можливості систем автоматизації навчального процесу у провідних вітчизняних ВНЗ та можливості АСУ, які використовуються в Сумському державному університеті, показав, що дані системи, як правило, орієнтовані на формування знань умінь і навичок і не враховують вимоги щодо планування та реалізації нової освітньої програми за наступними критеріями: формування паспортів компетенцій для відповідних напрямів підготовки; призначення дисциплін кредитних одиниць відповідно до ступеня значимості дисципліни для формування компетенції; складання навчальних планів з урахуванням ступеня значимості дисциплін, міждисциплінарних зв'язків та ступеню затребуваності компетенцій; формування навчальних доручень викладачів з урахуванням ступеня значимості дисциплін і рівня кваліфікації професорсько-викладацького складу; періодичне проведення моніторингу рівня забезпечення компетенцій.

У зв'язку з цим пропонується використовувати розроблену ІТ, яка дозволяє реалізувати вищезазначені критерії.

Використання запропонованої ІТ дозволяє коригувати навчальну траєкторію старшокурсників для за-

безпечення їх компетентності і враховує вимоги роботодавців.

На рисунку К – сформований рівень компетентності студента-старшокурсника, min і max – відповідно мінімальне і максимальне значення сформованого рівня компетентності, t – час для підготовки студента-старшокурсника. Пунктирними вертикальними лініями зображено моменти часу в які експертами здійснюється перевірка сформованого рівня компетенції з метою коригування процесу навчання (за потреби).

Зі схеми зрозуміло, що втручання експерта, як особи, що приймає рішення про майбутню індивідуальну траєкторію студента, суттєво впливає на досягнення найвищого рівня компетентності.

Дана інформаційна технологія була впроваджена у навчальний процес на кафедрі електроенергетики Сумського державного університету. Завдяки коригуванню експертами навчальних об'єктів дозволило підвищити сформований рівень

компетентностей на 20–35 % [7]. Збільшення сформованого рівня компетенцій відбувається за рахунок збільшення всіх складових компетенцій. Це дозволяє скоротити термін адаптації молодого спеціаліста, який приходить на підприємство, зменшити фінансові затрати на його „доучування”.

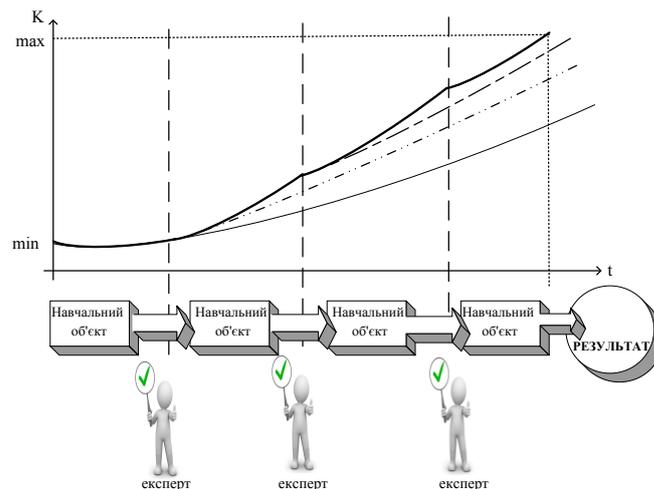


Рис. 4 – Графік забезпечення компетентності випускників ВНЗ з використанням ІТ

Висновки. Очевидно, що фахівець буде більш затребуваним на ринку праці і більш „універсальним” для роботодавця, якщо під час навчального процесу у майбутнього випускника будуть формуватися відповідні компетентності. Для визначення пріори-

тетних компетенцій на ринку праці необхідно постійно підтримувати зворотній зв'язок з роботодавцем. Тому при розробці і плануванні компонентів навчального процесу слід приділяти належної уваги аналізу перспективних напрямків ринку праці, а не лише думці експертів, які відображають переважно поточні затребувані компетенції. Структура навчального процесу на випускних курсах освітнього циклу дозволяє більш вільно використовувати варіативну складову (оскільки стандартна частина у майбутніх магістрів курсів суттєво менша ніж у бакалаврів). Розробка комплексних заходів, які коригують процес навчання (робочі програми, порядок викладення тем, складність завдань, спосіб постановки завдань тощо) дозволить підвищити рівень тих компетентностей, які виявились не достатньо розвиненими з точки зору майбутнього роботодавця. У статті запропоновано шляхи підвищення рівня підготовки майбутнього фахівця на фінальному етапі навчання у ВНЗ згідно вимог роботодавців і урахуванням формування рівня компетентності за рахунок використання інформаційної технології. Показано, що використання розробленої ІТ спрощує як саме оцінювання, так й підготовку вхідних даних до такого оцінювання та корекції результатів.

Об'єктивність експертних даних можна підвищити за умови залучення більшої кількості експертів і застосування механізмів розрахунку узгодженості їхніх оцінок.

Список літератури: 1. Байденко, В. И. Компетенции: к проблемам освоения компетентностного подхода [Текст] / В. И. Байденко / . – М. : Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов, 2002. – 321 с. **2.** URL:<http://www.centeroko.ru> [электронный ресурс] PISA-2003 (Отчет по программе международной оценки образовательных достижений учащихся). – (дата обращения: 02.12.2013) **3.** Зарубин, В. Г. Работодатели и университетское сообщество: на пути к стратегическому партнерству [Текст] / В. Г. Зарубин // Вестник Герценовского университета. – 2010. – № 7. – С. 64–67. **4.** Страхарчук, В. П. Шляхи забезпечення якості підготовки випускників вищих навчальних закладів [Текст] / В. П. Страхарчук, А. Я. Страхарчук / <http://www.confcontact.com/2014-problemi-novoj-ekonomiki/straharchuk.htm>. **5.** Маслак, А. А. Теория и практика латентных переменных (в образовании и других социальных системах)

[Текст] / А. А. Маслак. – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co, 2011. **6.** Скибина, И. В. Мониторинг качества подготовки выпускника вуза при осуществлении компетентностного подхода [Текст] / И. В. Скибина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 1 – С. 208–214. **7.** Загородня, Т. М. Оптимізація параметрів навчальних занять за допомогою інформаційної технології підтримки прийняття рішень [Текст] / Т. М. Загородня // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 54 (1027). – С. 123–133. **8.** Загородня, Т. Моделирование процесса поддержки принятия решений с целью оптимизации процесса обучения студентов технических специальностей [Текст] / Т. Н. Загородня // Наука вчера, сегодня, завтра / Сб. ст. по материалам VIII междунар. науч.-практ. конф. № 1 (8). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. – С. 18–25. **9.** Окунева, Т. Г. Мониторинг качества подготовки кадров в инженерном вузе: опыт СибГАУ [Текст] / Т. Г. Окунева, О. Е. Подвербных // Управление человеческими ресурсами – основа развития инновационной экономики : материалы V Междунар. науч.-практ. конф. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2014. С. 59–62. **10.** Пятковский О. И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием [Текст] / О. И. Пятковский // Барнаул: Изд-во АлтГТУ. – 1999. – 351 с.

Bibliography (transliterated): 1. Baydenko, V. I. (2002). Competence: the problems of the development of competence-based approach [text]. Moscow : Research center of problems quality of training, 321. **2.** URL:<http://www.centeroko.ru>. PISA-2003 (Report on the Program for International Student Assessment). - (Date of treatment: 12/02/2013). **3.** Zarubin, V. G. (2010). Employers and the university community: towards a strategic partnership. Bulletin of the Herzen University, 7, 64–67. **4.** Straharchuk, V. P., Straharchuk A. Ya. (2012). Ways of ensuring quality training of graduates. <http://www.confcontact.com/2014-problemi-novoj-ekonomiki/straharchuk.htm>. **5.** Maslak A. A. (2011). Theory and practice latent variables (in education and second sotsyalnh systems). Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH&Co. **6.** Skibina, I. V. (2013). Preparation Monitoring quality graduate high school in the Implementation competence approach. Astrahanskyy state-owned Herald technical University, 1, 208–214. **7.** Zagorodnya, T. N. (2013). Optimization of parameters of classes using information technology decision support. Journal of NTU "KPI", 54 (1027), 123–133. **8.** Zagorodnya, T. N. (2013). Simulation of the process of decision support in order to optimize the learning process engineering students. Science yesterday, today and tomorrow, 1 (8), 18–25. **9.** Okunev, T., Podverbnih, O. (2014). Monitoring Preparation of quality personnel in engineering university: Experience SybHAU. Manage chelovecheskymy resources - the basis of development of the economy innovation. Krasnoyarsk, 59–62. **10.** Pyatkovskyy, O. I. (1999). Intelligence components automation information systems into enterprise management. Barnaul, 351.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Загородня Тетяна Миколаївна – аспірант, Сумський державний університет, кафедра електроенергетики; тел.: 063-821-05-38; e-mail: tmzagorodnya@mail.ru.

Загородня Тат'яна Николаевна – аспірант, Сумской государственной университет, кафедра электроэнергетики; тел.: 063-821-05-38; e-mail: tmzagorodnya@mail.ru.

Zagorodnya Tetyana – graduate, Sumy State University, department of electric power; tel.: 063-821-05-38; e-mail: tmzagorodnya@mail.ru.

В. В. КУЛЕШОВ**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ОПЕРАТОРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Выделены основные вопросы составления плана-графика производства вагоностроительных предприятий или подготовки вагонов операторов подвижного состава к погрузке на короткий период каждой из запланированных на выпуск номенклатурной позиции по родам вагонов подвижного состава. Предложена модель определения потребного парка вагонов, которая построена как двухэтапная модель стохастического программирования на сети железных дорог Украины, учитывающая, в отличие от существующей, дефицит парка вагонов или их излишек при спаде грузопотоков.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, парк грузовых вагонов, оператор подвижного состава.

Введение. В настоящее время методология исследования ресурсосберегающих технологий железнодорожного транспорта Украины направлена на организацию перевозочного процесса на основе Единой автоматизированной системы управления грузовыми перевозками Укрзалізничці (АСК ВП УЗ-Е). Однако, не учитывается координация технологических процессов компаний-операторов подвижного состава, предприятий-поставщиков, грузоотправителей, станций погрузки, формирования, попутных технических станций, станций выгрузки или передачи на другие виды транспорта, грузополучателей, предприятий-потребителей, эксплуатационно-ремонтных предприятий, прежде всего использования вагонных парков.

Развитие АСК ВП УЗ-Е на железных дорогах Украины обеспечивается высоким уровнем насыщенности средствами автоматизации всех уровней управления Укрзалізничці от руководящих структур к рабочим местам линейного уровня. Это подтверждается тем, что АСК ВП УЗ-Е сетевого и дорожного уровней обеспечивает автоматизированное информационное обслуживание почти 92% потребителей железнодорожных услуг [1, 2]. Однако, развитие ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем компаний-операторов подвижного состава (ИУС КОПС) еще не завершено. ИУС КОПС возможно реализовать на основе использования теории сложных систем и представлять собой расширенную логистическую систему с участием предприятий-производителей, предприятий-потребителей, предприятий предоставляющих железнодорожные услуги и других видов транспорта в узлах.

Такое исследование ресурсосберегающих технологий даст возможность управления технологическими процессами региональных отраслевых компаний, особенно, в горно-добывающей и металлургической промышленности больших полигонов транспортной системы (Донбасс - Приднпровье - Донбасс, Полтавский ГОК - Европейские потребители - Полтавский ГОК, Кривой Рог - морские порты - Кривой Рог и др., в т.ч. при организации перевозок массовых и ценных грузов как в течение года, так и в периоды сезона).

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В работах [3, 4] при организации перевозок не достаточно рассмотрены развитые информационные технологии, с помощью которых возможно обеспечить развитие железнодорожных услуг пользователям. В книгах [4, 5] рассмотрена логистика перевозок, однако не полностью учтены межгосударственные перевозки железнодорожным транспортом

компаний-операторов подвижного состава. В работах [6 – 10] изложены основные подходы к организации перевозок, однако не рассматривается организация перевозок на основе информационно-управляющих систем компаний операторов. Рассмотрение указанных работ показывает, что проблема создания ИУС КОПС должна учитывать развитие логистических систем, в т.ч. различных видов транспорта.

Цель и задачи исследования – совершенствование методологии исследования ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем компаний операторов подвижного состава (ИУС КОПС).

Основная часть. Железнодорожный транспорт Европейского союза имеет долю около 16% рынка внутренних грузовых перевозок. На автомобильные перевозки приходится больше 70 % всех грузовых - тонно-километров [1]. Белая книга транспорта - политические инициативы нацеленные на удовлетворение спроса в условиях повышения мобильности парков, сохранение и привлечение новых объемов перевозок, обеспечение безопасности элементов транспортной инфраструктуры, необходимости перехода на «зеленые» виды транспорта (из автомобильного транспорта на железнодорожный).

Одним из направлений технического реформирования железнодорожного транспорта - изменение технологий, систем взаимодействия с пользователями железнодорожных услуг, операторами подвижного состава и применение новых инструментов управления ресурсосберегающими технологиями на основе информационно-управляющих систем компаний операторов подвижного состава. Причины усовершенствования организационно-технологической модели использования грузовых вагонов разной формы собственности на железных дорогах Украины обусловлены тем, что на инфраструктурном пространстве Укрзалізничці происходит взаимодействие большого количества участников рынка: железных дорог, операторов перевозок, владельцев подвижного состава, вагоноремонтных предприятий, инфраструктуры, координация всех участников перевозочного процесса на базе единых требований по организации перевозок.

Наиболее сложно обстоит дело с принятием решений, когда речь идет о мероприятиях, опыта в проведении которых еще не существует. При составлении перспективного плана развития парка вагонов компаний-операторов подвижного состава на несколько лет вперед. При планировании приходится опираться

© В. В. Кулешов. 2015

на большое количество данных и параметров производственных программ и планов перевозок грузов, которые не отличаются устойчивостью, относящихся не столько к прошлому опыту, сколько к предвидимому будущему. Выбранное решение должно, по возможности, гарантировать от ошибок, связанных с неточным прогнозированием, и быть достаточно эффективным для широкого круга условий. Для обоснования такого решения выполняется сложная система математических расчетов. В таком случае, может быть необходимо пренебречь точной оценкой и использовать аппроксимацию пригодности, которая способна быть вычислена эффективно.

Вообще, чем сложнее организуемое мероприятие, чем больше вкладывается в него материальных средств, чем шире спектр его возможных последствий, тем менее допустимы решения, не опирающиеся на научный расчет, и тем большее значение получает совокупность научных методов, позволяющих заранее оценить последствия каждого решения, заранее отбросить недопустимые варианты и рекомендовать те, которые представляются наиболее удачными.

Практика порождает все новые и новые задачи оптимизации причем их сложность растет. Требуется новые математические модели и методы, которые учитывают наличие многих критериев, проводят глобальный поиск оптимума. Применение аппроксимации пригодности может стать одним из наиболее многообещающих подходов, позволяющих обоснованно решать сложные задачи реальной жизни с помощью генетических алгоритмов.

Решение задач повышения эффективности перевозок в большей степени зависит от четкости взаимодействия и качества работы не только служб, структурных подразделений железных дорог и операторских компаний-владельцев вагонного парка (КОПС), но и с учетом изменения системы оперативного планирования перевозок на базе ИУС КОПС. Инструментом оперативного планирования перевозок грузов в парке собственных вагонов операторских компаний является план-график работы пользователей железнодорожных услуг и вагоностроительных предприятий. Он регламентирует сроки выпуска как продукции предприятий-отправителей, так и постройку вагонов вагоностроительными предприятиями. Его построение представляет собой многовариантную задачу, решаемую с учетом большого объема нормативной, плановой и учетной информации, а также ряда ограничений и дополнительных условий. Суть задачи заключается в том, чтобы составить для рассматриваемой технологической стадии обработки план-график производства вагоностроительных предприятий или подготовки вагонов КОПС к погрузке в календарном разрезе на короткий период по каждой из планируемых на выпуск номенклатурной позиции по родам вагонов подвижного состава.

При построении плана-графика работы КОПС в качестве критерия оптимальности принимается обязательность выполнения структурным подразделением предприятия в каждом из планируемых коротких периодов специфицированной модели производства и подготовки вагонов к перевозкам при условии, что

производственный процесс одного рода вагонов протекает в устойчивом или близком к нему режиме

$$\left\{ \left(\sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau} - \sum_{u=\Gamma_H}^{\Gamma_H+\alpha} z_i^u \right) \rightarrow 0 \right\}, \quad (1)$$

С учетом обеспечения КОПС нормативным уровнем потребного парка вагонов по роду подвижного состава (группе вагонного парка) взаимозаменяемых позиций, что необходимые позиции своевременно запускаются в производство. Модель имеет вид

$$\left\{ \sum_{i=1}^u \left[\left(\sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau} - \sum_{u=\Gamma_H}^{\Gamma_H+\alpha} z_i^u \right) - \sum_{\tau=1}^{\alpha} P_{i\tau}^3 \right] \cdot C_i \right\} \rightarrow \Pi_{\gamma}, \quad (2)$$

где $P_{i\tau}$ - объем грузов, нуждающихся в перевозке, и выпуска потребного парка вагонов по роду i в планируемые сутки τ ; z_i^u - имеющийся парк вагонов по роду вагонов на стадии производства u ; $\tau = 1, 2, \dots, \alpha$ - планируемые сутки; $u = \Gamma_H, (\Gamma_H + 1), \dots, (\Gamma_H + \alpha)$ - стадии производства грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов, начиная с нижней границы конкурентоспособности с детализацией до рода вагонов i на рассматриваемой технологической стадии (Γ_H) до $(\Gamma_H + \alpha)$; $P_{i\tau}^{np}$ - объем грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов i , которые переходят с предыдущего периода τ ; Γ_B - верхняя граница производства грузов, нуждающихся в перевозке, и потребного парка вагонов i ; C_i - цена вагона планируемого рода потребного парка вагонов i ; $i = 1, 2, \dots, u$ - взаимозаменяемые позиции, характеризующиеся конструктивной и технологической однородностью, одинаковой структурой трудоемкости, одинаковыми трудовыми затратами, объединенные в одну группу; Π_{γ} - величина нормативных объемов грузов и потребного парка по роду вагонов γ .

Поскольку процес перевозок в парке вагонов КОПС представляет динамическое явление определение парка вагонов КОПС зависит от их производства, процес производства вагонов описывается ограничениями

$$\begin{aligned} 1) & \sum_{\tau=1}^D P_{i(j),\tau} = P_{i(j)}; \\ 2) & \sum_{i=1}^m P_{i(j),\tau}^{np} \cdot C_{i(j)} = \frac{\sum_{i=1}^m P_{i(j),\tau}^{np} \cdot C_{i(j)}}{D}; \\ 3) & \sum_{u=\Gamma_H}^{u_{\max}} z_i^u \rightarrow \min n_{pu} \left(\sum_{i=1}^u \sum_{u=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^u \cdot C_{i(j)} \right)_{\tau} = \Pi_{\gamma}; \\ 4) & \sum_{\tau=1}^h P_{i(j),\tau} \geq n_{i(j)\min}; \\ 5) & P_{i(j),\tau}^{np} = \left(P_{i(j)} - \sum_{u=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^u \right) \eta_{np} \pm \frac{\eta_6 \Pi_{\gamma}}{C_{i(j)}}; \\ 6) & P_{i(j)}^3 \geq n_{i(j)\min}^{san} \left(n_{i(j)\min} \right); \\ 7) & \sum_{i=1}^u P_{i(j)}^3 \cdot C_{i(j)} = \Pi_{\gamma} + \sum_{i=1}^u P_{i(j)} \cdot C_{i(j)} - \sum_{i=1}^u \sum_{u=\Gamma_H}^{\Gamma_B} z_{i(j)}^u \cdot C_{i(j)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где D - количество рабочих дней в планируемом месяце; $P_{i(j)}$ - программа производства по роду потребного парка вагонов $i(j)$ на технологической стадии «ш» в планируемом месяце; $i=1, 2, \dots, p$ - вагоны, планируемые к производству, ремонту, подготовке к погрузке в данные сутки τ ; $P_{i(j)\tau}^{np}$ - программа производства по роду потребного парка вагонов $i(j)$ в планируемые сутки τ на технологической стадии «ш»; $i=1, 2, \dots, m$ - номенклатурные позиции перевозимых грузов в планируемом месяце; $n_{i(j)\min}^{zan}$ - минимальная партия производства груза по роду потребного парка вагонов $i(j)$; $n_{i(j)\min}$ - минимальная партия по роду потребного парка вагонов $i(j)$ на стадии «ш»; u_{\max} - максимальный номер числовой стадии рода потребного парка вагонов, на который имеется задел по роду вагонов $i(j)$; $P_{i(j)}^{pp}$ - программа производства по роду потребного парка вагонов на стадии «ш» в планируемом месяце; η_{np} - планируемый коэффициент прироста производства груза; η_g - удельный вес задела, имеющегося по роду потребного парка вагонов i , в общем нормативном заделе на планируемой технологической стадии.

Составление план-графика производства потребного парка вагонов и перевозок грузов диктуется необходимостью обеспечения оптимального режима производственного процесса в течение всего периода, на который составляется план-график благодаря чему учитывается дефицит отдельного рода потребного парка вагонов, спад объемов перевозок или их возростание.

Выводы. Стандартные методы оптимизации не могут справиться с проблемами определения парка вагонов вследствие того, что не отличаются устойчивостью многие параметры производственных программ и планов перевозок грузов. В таком случае, может быть необходимо пренебречь точной оценкой и использовать аппроксимацию пригодности, которая способна быть вычислена эффективно. Очевидно, что применение аппроксимации пригодности может стать одним из наиболее многообещающих подходов, позволяющих обоснованно решать сложные задачи реальной жизни с помощью генетических алгоритмов.

Предложенная модель определения потребного парка вагонов построена как двухэтапная модель стохастического программирования на сети железных дорог Украины, которая учитывает, в отличие от существующей, дефицит потребного парка вагонов или их излишек при спаде грузопотоков.

Список литературы: 1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів

України від 16 грудня 2009 р. №1555-р.: [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/10.12.2009>. – Загол. з екрану. 2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки. В редакції постанови Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. N 1106 [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p>. – Загол. з екрану. 3. Бодюл, В. И. Система управления перевозками грузов для операторов железнодорожного подвижного состава [Текст] / В. И. Бодюл, А. Н. Феофилов // Наука и техника транспорта. – 2012. – Вып. 1. – С. 57–62. 4. Ковалев, В. И. Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России [Текст]: уч. пос. для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Ковалев, С. Ю. Елисеев, А. Т. Осминин и др.; под ред. В. И. Ковалева, С. Ю. Елисеева, Е. Ю. Мокейчева. – М.: Маршрут, 2006. – 245 с. 5. Данько, М. І. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом [Текст] / М. І. Данько, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2004. - Вип. 57. – С. 121-128. 6. Данько, М. І. Розробка організаційно-технологічної моделі управління парком грузових вагонов різної форми власності [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. В. Кулешов // Інноваційний транспорт. Научно-публіцистичне видання №4(5), 2012. - С. 8-13. 7. Данько, М. І. Побудова моделі оцінки інвестицій у залізничну інфраструктуру при взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць / УкрДАЗТ, 2012 Вип. 134 – С. 7-13. 8. Данько, М. І. Формування вимог до технології взаємодії залізничних адміністрацій і власників рухомого складу [Текст] / М. І. Данько, Д. В. Ломотко, В. М. Запара, В. В. Кулешов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2011. Вип. 124 – С. 5-11. 9. Задачі оптимального проектування надійних мереж [Текст] / Н. З. Шор, І. В. Сергієнко, В. П. Шило, П. І. Стешук та інші. Під ред. Н. З. Шора.- К.: Наукова думка, 2005. -С. 132-161. 10. Кулешов, В. В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем / Кулешов В. В. // Зб. наук. праць УкрДАЗТ, 2011 Вип. 124 – С. 83-90.

Bibliography (transliterated): 1. Transport strategy of Ukraine for the period till 2020. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated December 16, 2009 №1555-R. Available at: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/10.12.2009>. 2. The state target program of reforming the railway transportation for 2010-2019. In the wording of resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 26 October 2011 N 1106. Available at: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1106-2011-p> 3. Bodiul, V. I., Feofilov, A. N. (2012). Control System of freight transportation for the railway rolling stock. Science and transport equipment, 1, 57–62. 4. Kovalev, V. I., Eliseev, S. Y., Osminin, A. T.; In: Kovalev, V. I., Eliseev, S. Y., Mokeichev, E. J. (2006). Parks cars countries of the Commonwealth of Independent States and Baltic States on the Railways of Russia. M: Marshoute, 245. 5. Danko, M. I. Kuleshov, V. V. (2004). Definition fleet operators to ensure the transport of goods by rail. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, 57, 121-128. 6. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Kuleshov, V. V. (2012). Development of organizational and technological model of management of the park of freight cars of different ownership forms. Innovative transport. Scientific publication entitled №4(5), 8-13. 7. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Kuleshov, V. V. (2012). Building models for assessment of the investment in railway infrastructure in the interaction of railway administrations and operators of transport. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, Issue 134, 7-13. 8. Danko, M. I., Lomotko, D. V., Zapara, V. M., Kuleshov, V. V. (2011). Formation of requirements to the technology of interaction of railway administrations and owners of rolling stock. Collection of scientific works Ukrainian state Academy of railway transport, 124, 5-11. 9. Shore, N. Z., Sergienko, I. V., Shylo, V. P., Stetsyuk, P. I. and others (2005). The problems of optimal designing reliable networks Edited by Shore, N. Z.. – K. – Kiev: Naukova Dumka, 132-161. 10. Kuleshov, V. V. (2011) Improving the information technology work on cars of different ownership to optimize the capacity of rail transport systems. Coll. Science. works UkrDAZT, 124, 83-90.

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кулешов Валерій Вячеславович – кандидат технічних наук, доцент, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів; тел.: 093-180-57-58; e-mail: kharkov.kuleshov@yandex.ua.

Кулешов Валерій Вячеславович – кандидат технических наук, доцент, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, доцент кафедры железнодорожных станций и узлов; тел.: 093-180-57-58; e-mail: kharkov.kuleshov@yandex.ua.

Kuleshov Valery – Candidate of technical Sciences, associate Professor, Ukrainian State University of Railway Transport, assistant professor of railway stations and junctions; Contact tel.: 093-180-57-58; e-mail: kharkov.kuleshov@yandex.ua.

УДК 519.687

К. А. МАЦУЕВА

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОГО РОЗПОДІЛЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ НА БАЗІ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Розвиток комп'ютерних технологій призводить до все більшого використання технологій хмарних обчислень в тому числі в математичних і експериментальних дослідженнях. Актуальним завданням є дослідження ефективних методів керування продуктивністю і оптимізації використання програмних і апаратних складових ресурсів. В рамках дослідження побудовано модель інформаційної системи для наукових досліджень на базі хмарних досліджень, проаналізовано характеристики і приведено алгоритм для ефективного надання послуг в обчислювальних системах на базі хмарних обчислень.

Ключові слова: розподілення навантаження, хмарні обчислення, моделювання, розподілені системи, керування ресурсами, динамічна консолідація, інформаційна система.

Вступ. В теперішній час розвиток комп'ютерних технологій пов'язаний з використанням інформаційних технологій, що, в свою чергу, породжує необхідність в розробці і активному використанні мережевих мультимедійних послуг. Найбільш активно розвиваються методи спрощення і доступності математичних і експериментальних досліджень.

Існує певна статистична закономірність споживання існуючих обчислювальних потужностей, що показує, що 80% ресурсів необхідні лише в 20% часу і навпаки. Навантаження на апаратні і програмні ресурси носить плаваючий характер.

В даний час для забезпечення зберігання мультимедіа контенту і доступу до ресурсів найбільш вигідним є застосування гібридних хмарних систем. Масштабування та інші характеристики, властиві хмарним обчисленням, є одним з важливих факторів, що впливають на тенденції розміщення та надання інформаційних послуг для наукових досліджень.

Вузьким місцем мультимедійних сервісів є точка передачі відеопотоку через обмеженість пропускної здатності вихідного каналу. При доступі до вже існуючого контенту створюється високе навантаження на систему зберігання даних. При он-лайн мовленні (наприклад, відеоконференції) створюється високе навантаження на службу стискання і обробки контенту. Крім того, специфіка роботи Internet полягає в тому, що в глобальних з'єднаннях не підтримуються наскрізні ширококомовні трансляції (multicast, broadcast). Відправка пакетів групі користувачів або всім користувачам мережі можлива тільки в межах локальної мережі, в глобальних мережах можуть відправлятися тільки адресні (unicast) пакети. Як наслідок, для кожного клієнта при зверненні до сервісу трансляції створюється персональний потік (точка-точка), що при великій кількості звернень призводить до вичерпання пропускної здатності каналу зв'язку.

Постановка задачі. В рамках дослідження встановлено, що забезпечення доступу до ресурсів обчислювальної системи має такі особливості:

- навантаження періодичне і одночасно проходять звернення до декількох різнотипних ресурсів;

- при зверненні до корпоративних сервісів не враховується пріоритет обслуговування і виділення смуги пропускання для критично важливого трафіка.

- до 80 % навантаження можливо спланувати, так як для доступу до ресурсів використовуються попередні запити на користування сервісом (наприклад запис на лекцію або вебінар) і статистичних даних використання інформаційних ресурсів для зменшення навантаження на бази даних.

Традиційно оптимізація використання обчислювальних ресурсів здійснюється за допомогою процедури балансування навантаження. Як правило, балансування полягає в розподілі запитів між певними компонентами, обробниками хмарної системи на основі оцінки завантаженості і їх стану. Так як хмарна система керується з єдиного контролера, це означає що отриманий запит може бути відданий на обробку будь-якого з активних пристроїв, що підтримують роботу обраної програми. Однак, робота додатків часто залежить не тільки від обсягу оперативної пам'яті і процесорного часу, необхідних для виконання запиту користувача [2-5].

Результати досліджень. Для аналізу ресурсів обчислювальної системи для наукових досліджень зроблена рівнева модель на основі базових високонавантажених доступних зовнішнім користувачам підсистем: підсистема інтерактивних додатків; підсистема представлення інформаційних матеріалів (електронна бібліотека); підсистема трансляції і публікації матеріалів (відеопортал).

Як зазначалося раніше, прогнозування наванта

ження клієнтів дозволяє підготувати обладнання і канали зв'язку для прийому трафіку. Однак, це не вирішує проблему непрогнозованих екстремальних навантажень, а застосування методу, заснованого на збільшенні часу відгуку системи призводить до подовження черзі заявок що, знижує динаміку роботи системи. Такий підхід неможливо організувати для сервісів реального часу таких як, потокова передача відео- та аудіо даних. До того ж більшість систем працює за принципом First In, First Out (FIFO).

В рамках дослідження інформаційної системи розроблений алгоритм пріоритетного обслуговування клієнтів високонавантажених додатків з критичним часом відгуку. У зв'язку з цим вирішені наступні завдання: виділено прикладне програмне забезпечення, що впливає на роботу кожної з підсистем; визначена найбільш ресурсномістка підсистема; визначені індикатори пріоритетів обробки запитів при одночасному функціонуванні підсистем; побудована математична модель для максимізації числа оброблених звернень.

Роботу internet-додатків часто розглядають як систему масового обслуговування з обмеженим часом перебування в черзі і пуассонівським потоком заявок [8, 9]. Для формалізації роботи internet-додатків механізм обробки запитів будемо розглядати як багатоканальне СМО з кількома чергами (рис. 1).

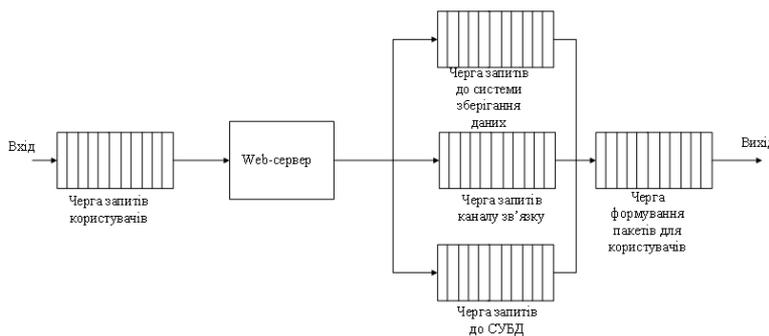


Рис. 1 - Модель роботи web-додатку як СМО

В ході дослідження встановлено, що на всіх трьох рівнях моделі основними факторами, що впливають на швидкість обробки запитів користувачів програмним забезпеченням системи є: звернення до бази даних (SQL-запитів/с); звернення до дискового простору як сервера, так і системи зберігання даних для запису і читання необхідної інформації (Мб/с); використання каналу зв'язку встановленої пропускну можливості за одиницю часу для прийому і передачі необхідного об'єму даних (Мбіт/с).

Для кожного з рівнів чисельні показники в процентному співвідношенні до сумарного показника використання даного ресурсу всіма рівнями моделі визначаються виразом:

$$R_{i\text{вик}} = \frac{R_i \cdot 100}{(R_1 + \dots + R_n)}, \quad (1)$$

де R_1, \dots, R_n – чисельні показники використання ресурсу по кожному з класифікаційних ознак, отримані в результаті змін на інтервалі часу ΔT . Індикатори пріоритету обслуговування рівнів моделі визначимо на

основі рейтингу затребуваності ресурсів системи в цілому. Аналізуючи інтенсивність використання кожного з компонентів ресурсів побудована діаграма пріоритетів затребуваності сервісів і апаратного забезпечення, які є в основі кожної з підсистем (рис. 2).

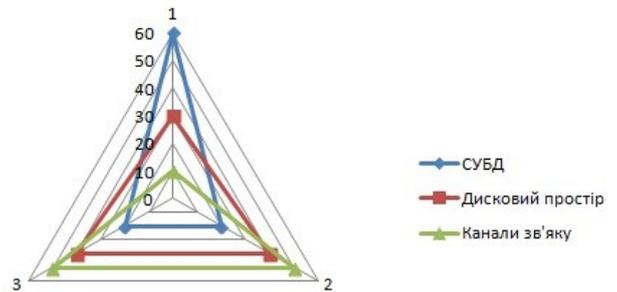


Рис. 2 – Діаграма пріоритетів затребуваності ресурсів

Загальну ресурсомісткість системи визначимо як сумарну площу U , що займається усіма рівнями моделі (U_i). При цьому максимально можливі ресурси сервера позначимо, як площу, отриману при використанні 100 % всіх ключових сервісів [10].

Так як робота підсистем здійснюється безперервно, надходження заявок до ресурсів системи (СУБД, канали зв'язку, дисковий простір), можна описати в

дискретному часі: $I_j(T_j) = \{j: t \in (0, T_j)\}$ - множина номерів заявок, що прийшли в інтервал часу $(0, T_j)$ на підсистему i (i - рівень підсистеми, $i = 1, \dots, M$).

Статус обробки j -ї заявки, що надійшла на i -ий рівень позначимо x_{ij} , причому відмовою в обслуговуванні будемо вважати $x_{ij} = 0$, успіх $x_{ij} = 1$.

Інтенсивність надходження і обробки заявок на кожен з рівнів моделі позначимо λ_i , при цьому вона прямо залежить від ресурсоемності підсистеми. Крім того, введемо показник пріоритету (P_i) для кожного з рівнів, розподіл якого залежить від кількості одночасно використовуваних ресурсів. Тоді на навантаження, створюване кожним з рівнів, можна накласти обмеження:

$$\sum_{j \in I_j(T_j)} U_i x_{ij} \leq H_i, i = 1, \dots, M \quad (2)$$

Використані наступні обмеження, пов'язані з предметною областю дослідження: час обробки (T) запиту обмежено; потужність сервера (H) фіксована;

Через нерівномірність використання основних ресурсів сервера кожним з рівнів інформаційної системи необхідно визначити умови максимального навантаження сервера, при якому можлива безвідмовна робота всіх додатків:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j \in I_j(T_j)} U_i x_{ij} \leq H_i, x_{ij} = \{0,1\}. \quad (3)$$

Отже, для обробки максимальної кількості запитів користувачів в одиницю часу отримаємо цільову функцію наступного виду:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j \in (T_j)} \lambda_i x_{ij} P_i \rightarrow \max \quad (4)$$

При виборі пріоритетів оцінюються наступні характеристики заявки: час знаходження запиту в черзі; поточна довжина черги запитів; інтенсивність звернення до кожного з компонентів ресурса, необхідних для виконання заявки. У ході реалізації запропонованої моделі в розподіленій інформаційній системі отримані наступні показники роботи, що дозволяють оцінити ефективність застосування розробленого алгоритму розстановки пріоритетів. Аналіз проводився на часовому проміжку $\Delta t T = 60$ секунд. Обмеження за часом обумовлені технічними параметрами (максимально допустимим часом відгуку) роботи програми. Ефективність роботи алгоритму пріоритетів оцінюється шляхом порівняння черги (загальної кількості запитів), що одночасно знаходяться в системі, і кількості відкинутих запитів. На рис. 3 представлена діаграма обслуговування заявок в реально діючій системі без використання запропонованого алгоритму.



Рис. 3 – Діаграма обслуговування запитів без використання алгоритму розподілу пріоритетів

Застосувавши алгоритм вибору і розстановки пріоритетів для кожного з ресурсів в рамках всієї системи дистанційного навчання отримаємо зниження кількості відкинутих заявок в кожен момент часу приблизно 2,7 рази, при цьому загальне число необроблених заявок по закінченню часу обробки ΔT знизилася з 12 до 5 (рис. 4).



Рис. 4 – Діаграма обслуговування запитів з використання алгоритму розподілу пріоритетів

В результаті дослідження по оцінці часу відклику системи було встановлено приріст швидкості обробки

запитів, порівняно з звичайною обробкою, так як середня довжина черги знизилася з 8,6 до 5,1 (рис. 5).

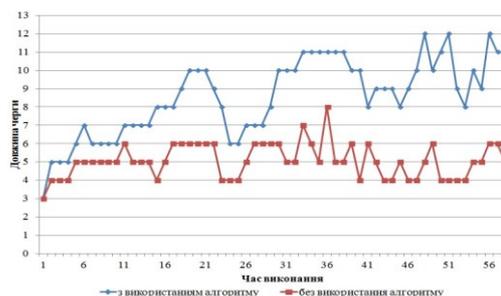


Рис. 5 – Діаграма динаміки виконання запитів

Висновки. Перевірка роботи алгоритму була проведена на симуляторі, що моделює розподілення навантаження з використанням імітаційної моделі процесу взаємодії користувачів з мультимедійними сервісами. Отримана модель і алгоритм можуть використовуватись для підвищення ефективності використання програмних і апаратних ресурсів, якості надання послуг в інформаційних системах на базі хмарних обчислень, а також для запобігання навантаження сервісів при пікових навантаженнях.

Список літератури: 1. Brucker, P. Scheduling Algorithms [Text] / P. Brucker. - Berlin : Springer, 2007. - 371 p. 2. Vashkevich, N. P. Активные инфологические модели обработки данных на основе иерархических сетей фреймов [Текст] / Н. П. Вашкевич, Н. С. Зинкина // Вопросы радиоэлектроники. Серия ЭВТ. - 2009. - Вып. 4. - С. 54 - 63. 3. Зинкина, Н. С. Агентно-ориентированный подход к проектированию распределенных систем управления базами данных [Текст] / Н. С. Зинкина // Перспективы науки. - 2011. - № 2 - С. 80 - 86. 4. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R. Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing [Text] / M. Armbrust // Science. - 2009. - С. 191-196. 5. Жевнерчук, Д. В. "Методика моделирования нагрузки на сервер в открытых системах облачных вычислений" [Текст] / Д. В. Жевнерчук, А. В. Николаев // Информ., 2012. - С. 43 - 50. 6. Borodin, A. Online computation and competitive analysis [Text] / A. Borodin, R. El-Yaniv // Cambridge University Press, New York, 1998. - Vol. 3. 7. Pinedo, M. L. Planning and Scheduling in Manufacturing and Services [Text] / M. L. Pinedo // New York : Springer, 2005. - 506 p. 8. Петров, Д. Л. Динамическая модель масштабируемого облачного хранилища данных [Текст] / Д. Л. Петров // Известия ЛЭТИ, #4, 2010. - С. 17 - 21. 9. Bender, M. A. Communication-Aware Processor Allocation for Supercomputers [Text] / M. A. Bender, D. P. Bunde, E. D. Demaine // Lecture Notes in Computer Science. - 2005. - Т. 3608. - P. 169 - 181. 10. Buyya, R. Cloud Computing. Principles and Paradigms [Text] / R. Buyya, J. Broberg, A. Goscinski // John Wiley, 2011. - 675 p.

Bibliography (transliterated): 1. Brucker, P. (2007). Scheduling Algorithms. Berlin : Springer, 371. 2. Vashkevich, N. P. (2009). Active infological active data model based on hierarchical networks of frames. Questions of electronics. EVT series, 4, 54-63. 3. Zinkina, N. S. (2011). Agent-oriented approach to the design of distributed database management systems. Prospects of science, 2, 80-86. 4. Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R. (2009). Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing, Science, 1, 191-196. 5. Zhevnerchuk, D. V. (2012). Methodology of simulation server load in open systems, cloud computing. Inform, 43-50. 6. Borodin, A., El-Yaniv, R. (1998). Online computation and competitive analysis. Cambridge University Press, New York, Vol. 3. 7. Pinedo, M. L. (2005). Planning and Scheduling in Manufacturing and Services. New York : Springer, 506. 8. Petrov, D. L. (2010). Dynamic model of scalable cloud storage. News LETI, # 4, 17-21. 9. Bender, M. A. (2005). Communication-Aware Processor Allocation for Supercomputers. Lecture Notes in Computer Science, T. 3608, 169-181. 10. Buyya, R. (2011). Cloud Computing. Principles and Paradigms. John Wiley, 675.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мацуєва Карина Андріївна – аспірант, Національний авіаційний університет, асистент кафедри комп'ютеризованих систем управління; тел.: 093-669-53-15; e-mail: karyna_matsueva@bigmir.net.

Мацуєва Карина Андреевна – аспірант, Национальный авиационный университет, ассистент кафедры компьютеризированных систем управления; тел.: 093-669-53-15; e-mail: karyna_matsueva@bigmir.net.

Matsueva Karyna Andreevna – graduate, National Aviation University, Assistant of the Department of computerized control systems; tel.: 093-669-53-15; e-mail: karyna_matsueva@bigmir.net.

УДК 664.126.1

А. І. ЖУЧЕНКО, К. Ю. МІЩЕНКО

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СОКООЧИСНИМ ВІДДІЛЕННЯМ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

В даній роботі проаналізовано техніко-економічні показники, які можуть бути використані як критерії оптимального керування сокоочисного відділення цукрового виробництва. Обрано та обґрунтовано критерій, який в більшій мірі характеризує роботу відділення та сформульовані обмеження як на якісні показники продукту, так і на керувальні дії. Визначена задача оптимального керування сокоочисного відділення цукрового заводу.

Ключові слова: цукрове виробництво, сокоочисне відділення, критерій оптимального керування, обмеження, задача керування.

Вступ. Цукробурякове виробництво умовно ділять на три основні технологічні відділення: бурякопереробне, у якому здійснюють підготовчі операції з буряком і добування дифузійного соку; сокоочисне, у якому очищують дифузійний сік від нецукрів і згущують його до сиропу; продуктове, де проводять кристалізацію сахарози із сиропу з одержанням готового продукту [1].

Однією з найважливіших стадій цукробурякового виробництва є сокоочисне відділення. Отриманий дифузійний сік містить 16...17 % сухих речовин, у тому числі 14...15 % сахарози й близько 2 % нецукрів. Він має майже чорний колір, кислу реакцію (рН 6,0...6,5), сильно піниється, містить обривки клітинних тканин, пластівці скоагульованого білка, розчинні нецукри, що заважають кристалізації сахарози, що й збільшують її втрати з мелясою. У зв'язку із цим одержати з нього цукор шляхом безпосереднього випарювання води й кристалізації сахарози неможливо. Тому виникає завдання видалення з дифузійного соку нецукрів. Таким чином, від роботи сокоочисного відділення значною мірою залежить вихід білого цукру та його якість, витрати енергетичних та природних ресурсів [2].

Задача підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення не може бути вирішена без використання сучасних оптимальних систем керування. Тому **актуальним завданням** є розроблення та впровадження систем оптимального керування технологічними процесами сокоочисного відділення для отримання цукру потрібної якості при високих техніко-економічних показниках виробництва.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогоднішній день відома значна кількість робіт, які присвячені автоматизації технологічних процесів сокоочисного відділення цукрового заводу [3 – 12].

Серед цих робіт можна відзначити роботу [3]. У цій роботі розглядаються технологічні процеси та їх визначальні параметри, а також їх вплив на сокоочищення.

У статті [4] розглянуто використання ПІД- та нечіткого регулятора для керування процесом сокоочищення та проаналізовано їх переваги та недоліки.

Задачу керування з застосуванням ПІД-регулятора і генетичних алгоритмів розглянуто у матеріалах конференції [5].

Задачу оптимізації значення рН цукрового соку з застосуванням адаптивного динамічного програмування та нелінійного динамічного програмування з застосуванням нейронних мереж розв'язувалася у [6]. Однак інші важливі параметри процесу і якісні показники продукції в роботі не були досліджені.

Патент [7] виданий на систему керування технологічними процесами сокоочисного відділення.

Однак задача оптимізації режимів функціонування технологічних процесів шляхом керування ними у згаданих вище роботах не розглядалася.

У патенті [8] розглядається створення оптимальних систем керування сокоочисним відділенням. За оптимальний критерій прийнято мінімізацію кольоровості, втрат сахарози та мінімізацію втрат діоксиду кальцію та діоксиду сірки, а також матеріальних витрат з урахуванням обмежень на температуру на початку і в кінці процесу, а також рН після дефекації та сульфитації. Проте, не враховується концентрація солей кальцію та вміст основних компонентів хімічного складу, що суттєво впливає на якість роботоданих та наступних технологічних процесів.

Серед вітчизняних досліджень слід виділити роботу [9]. У ній представлена автоматизована системи керування сокоочисним відділенням з налаштуванням ПІ- і ПІД-регуляторів для багаторівневих АСУ.

У дисертації [10] автор розглянув застосування нечіткої системи керування.

Синергетичними регуляторами для сокоочисного відділення займалися Заїка В. І. та Кишенько В. Д. [11]. Однак постановка задачі оптимального керування сокоочисним відділенням відсутня.

© А. І. Жученко, К. Ю. Міщенко. 2015

В дисертації [12] розглядається створення оптимальної системи керування сокоочисним відділенням. За критерій оптимізації прийнято економічність процесу. Де враховано ціну готового продукту, кількість виробленого продукту, затрати на: втрату цільового продукту, витрати енергії, якість продукції, втрати

вапна з обмеженнями на допустимі втрати та витрату пари. На жаль даний критерій представлений у загальному вигляді, що обмежує його практичне використання у системах керування.

Постановка задачі. На сьогоднішній день використання сучасних комп'ютерних систем керування надає нові можливості для підвищення ефективності виробництва та економії матеріальних ресурсів шляхом створення оптимальних систем керування технологічними процесами. Такі можливості відкриваються і для сокоочисного відділення цукрового виробництва. Для побудови систем оптимального керування, перш за все, потрібно сформулювати задачу керування, яка включає у себе формулювання критеріїв оптимальності та технологічних обмежень.

У зв'язку з цим **метою даної роботи** є обґрунтований вибір критерію оптимальності системи керування технологічними процесами сокоочисного відділення цукрового заводу та формулювання обмежень на технологічні параметри процесу.

Вибір критерію оптимального керування. Перш за все необхідно проаналізувати техніко-економічні показники, які можуть бути використані як критерій оптимальності сокоочисного відділення цукрового заводу.

Аналізуючи критерії оптимальності необхідно зважити на наступне:

1. Сокоочисне відділення є проміжним в технологічній лінії цукрового заводу;

2. Ціна сировини і продукції в апаратах сокоочисного відділення є залежними від їх якості, а тому досить умовними, оскільки вони не є кінцевими продуктами виробництва.

Продуктивність – найважливіший показник режиму роботи відділення. Він, як правило, входить до всіх видів критеріїв керування і може слугувати самостійним критерієм. Як самостійний критерій керування продуктивність зазвичай застосовують у таких випадках [13]:

– якщо з метою оптимізації використовують способи, за яких продуктивність апарату або елемента схеми зростає, а решта економічних показників (якість готового продукту, питомі енерго- і трудовитрати) не погіршуються;

– якщо апарат або частина технологічної схеми, що входить до складу технологічного комплексу, є «вузьким» місцем виробництва і тому в інтересах підвищення ефективності роботи всього комплексу ставиться однозначна задача отримання максимальної продуктивності установки незалежно від зміни інших її економічних показників або за їх обмежень.

Прибуток виробництва – найбільш загальний показник ефективності роботи сокоочисного відділення:

$$P = V_K W_{d,s,K} - V_0 W_{d,s,0} - Q_E, \quad (1)$$

де V_0 – ціна сировини; V_K – ціна кінцевого продукту; $W_{d,s,0}$, $W_{d,s,K}$ – витрати дифузійного соку на вході та на виході відповідно; Q_E – експлуатаційні витрати на ведення процесу за одиницю часу.

Експлуатаційні витрати визначаються енерго- та матеріальними витратами N і трудовитратами L на ведення процесу за одиницю часу роботи установки:

$$Q_E = N + L. \quad (2)$$

Для сокоочисного відділення енерговитрати та матеріальні витрати у вартістному вираженні можуть бути представлені у такому вигляді:

$$N = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 + a_5 D_5 + a_6 D_6 + a_7 D_7, \quad (3)$$

де $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7$ – витрата пари, електроенергії, охолоджуючої води, вапняного молока, вуглекислого і сірчаного газу та луґу за одиницю часу відповідно; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ – вартість одиниці пари, електроенергії, охолоджуючої води, вапняного молока, вуглекислого і сірчаного газу та луґу відповідно.

Трудовитрати на ведення процесу випарювання визначимо наступним чином:

$$L = L_1 + L_2 + L_3, \quad (4)$$

де L_1 – прямі трудовитрати, віднесені до одиниці часу роботи установки; L_2 – цехові витрати (зарплатня цехового персоналу, амортизаційні відрахування, утримання виробничих приміщень, тощо), віднесені до одиниці часу роботи установки; L_3 – загальнозаводські витрати (зарплатня загальнозаводського персоналу, утримання заводських лабораторій, тощо), віднесені до одиниці часу роботи установки.

У зв'язку з тим, що сокоочисне відділення є проміжною стадією виробництва, а кінцевий продукт виробництва у цьому відділенні є сировиною для наступного відділення і його ціна на даному етапі виробництва не визначається, тому не доцільно використовувати цей критерій як критерій оптимальності сокоочисного відділення.

Питома собівартість готової продукції. Питома собівартість кінцевого продукту складається із вартості експлуатаційних витрат і початкової сировини:

$$C_p = (a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_4 D_4 + a_3 D_5 + a_6 D_6 + a_7 D_7 + V_0 W_{d,s,0}) / W_{d,s,K}. \quad (5)$$

Характерною особливістю цього критерію керування є штучне зменшення складової, що визначається питомими експлуатаційними показниками та ін. Це відбувається тоді, коли ціна сировини стала або її зміна не пов'язана зі зміною експлуатаційних показників і режиму виробництва. Даний критерій доцільно застосовувати для оцінювання ефективності роботи сокоочисного відділення за умови зміни собівартості сировини, пов'язаної зі зміною її якості [13]. Проблемність застосування цього критерію полягає у тому, що дуже складно оцінити величину ціни сировини на вході, оскільки вона є проміжним продуктом виробництва, постійно змінюється у часі, є величиною змінною і умовною.

Питома собівартість ведення процесу сокоочислення у загальному вигляді визначається так:

$$C = \sum Q_E / W_{d,s}, \quad (6)$$

де $W_{d,s}$ – продуктивність за дифузійним соком.

Даний критерій застосовують тоді, коли оптимальна за критерієм продуктивності відділення є не меншою за продуктивність, необхідну для своєчасної якісної та повної переробки всієї кількості початкової сировини, що надходить.

У виразі (6) доцільно розглядати не продуктивність за дифузійним соком, а продуктивність за кори-

сною складовою дифузійного соку, а саме сахарозою. Тоді вираз (6) набуває вигляду (7):

$$C_C = \sum Q_E / W_s = \sum Q_E / W_{d.s.} x_s, \quad (7)$$

де W_s – продуктивність за сахарозою; x_s – концентрація сахарози у дифузійному соці.

Трудовитрати є фактично сталою величиною, вони не залежить від режиму роботи сокоочисного відділення, тому їх можна не враховувати при оптимізації роботи останнього.

Таким чином, як критерій оптимальності у системі керування сокоочисним відділенням доцільно використовувати змінну складову питомої собівартості ведення процесу:

$$C_C = (a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + a_4D_4 + a_5D_5 + a_6D_6 + a_7D_7) / W_s. \quad (8)$$

Обмеження на технологічні змінні та керування. Розглянуті вище критерії оптимальності системи керування сокоочисного відділення не враховують показників якості продукту, що переробляється. Тому для формулювання задачі керування потрібно доповнити обмеженнями на технологічні параметри процесу з урахуванням якості продукту, а також обмеженнями на керування.

Якість – головна характеристика цукру, яка регламентується як державним стандартом ДСТУ 4623:2006, так і рекомендаціями фахівців [14]. До якості готового продукту, крім концентрації сахарози, належать зовнішній вигляд цукру, його запах і смак, чистота цукрового розчину, масова частка редукованих речовин, масова частка вологи, масова частка золи, що містяться у цукрі, кольоровість, міцність цукру, масова частка дріб'язку, масова частка феродомишок, величина окремих часток феродомишок, кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, вміст плісневих грибів, дріжджів, бактерій групи кишкових паличок (коліформні), патогенних мікроорганізмів, в тому числі бактерії роду *Salmonella*, вміст ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію у цукрі.

Зрозуміло, що більшість з названих показників не підлягають безпосередньому вимірюванню у процесі виробництва, а можуть бути визначені тільки у результаті лабораторних аналізів вже після отримання готового продукту. Це означає, що відхилення показників якості цукру від заданих стандартом норм можна тільки констатувати, а не використовувати у системі керування технологічними процесами виробництва реального часу.

Більше того, навіть якби регламентовані показники якості можна було б вимірювати у реальному часі, їх ніяк не можна було б використати для системи керування технологічними процесами сокоочисного відділення, яке передусє випуску готової продукції.

У цій ситуації єдиним виходом вбачається визначення показників дифузійного соку сокоочисного відділення, які у найбільшій мірі пов'язані з показниками якості готового цукру. Проаналізуємо такі показники.

Отримати продукт необхідної якості не можливо, не забезпечивши належне значення рН соку на всіх етапах виробництва та кольоровості соку після сульфатації та випарної станції.

Концентрація $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вказує на якість і повноту проведення хімічних перетворень в соку, що очищується, а, отже, на якість кінцевого продукту і ефек-

тивність ведення технологічного процесу на всіх стадіях відділення. Все це також впливає на величину розкладання сахарози, а, отже, і прямих втрат кінцевого продукту на виробництві і у відділенні відповідно, що також в значній мірі впливає на собівартість процесу. Це викликає необхідність вводити обмеження на якість цукрового соку, що описують якість процесу:

$$\begin{aligned} Q_{\text{kol}}^{\min} \leq Q_{\text{kol}} \leq Q_{\text{kol}}^{\max}, \\ \text{pH}^{\min} \leq \text{pH} \leq \text{pH}^{\max}, \end{aligned} \quad (9)$$

де Q_{kol}^{\min} , Q_{kol} , Q_{kol}^{\max} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення кольоровості продукту; pH^{\min} , pH , pH^{\max} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення відхилення рН соку; $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}^{\min}$, $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$, $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}^{\max}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення відхилення концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Як керування в сокоочисному відділенні можуть використовуватись: витрата дифузійного соку, вапняного молока, сатураційного газу, сульфатаційного газу, гострої пари, лугу. В результаті обмеження на керування будуть виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} G_{d.s.}^{\max} \leq G_{d.s.} \leq G_{d.s.}^{\min}, \\ G_{v.m.}^{\max} \leq G_{v.m.} \leq G_{v.m.}^{\min}, \\ G_{\text{sat.g.}}^{\max} \leq G_{\text{sat.g.}} \leq G_{\text{sat.g.}}^{\min}, \\ G_{\text{syl.g.}}^{\max} \leq G_{\text{syl.g.}} \leq G_{\text{syl.g.}}^{\min}, \\ G_{\text{para}}^{\max} \leq G_{\text{para}} \leq G_{\text{para}}^{\min}, \\ G_{\text{lug}}^{\max} \leq G_{\text{lug}} \leq G_{\text{lug}}^{\min}, \end{aligned} \quad (10)$$

де $G_{d.s.}^{\max}$, $G_{d.s.}$, $G_{d.s.}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати дифузійного соку, $G_{v.m.}^{\max}$, $G_{v.m.}$, $G_{v.m.}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати вапняного молока, $G_{\text{sat.g.}}^{\max}$, $G_{\text{sat.g.}}$, $G_{\text{sat.g.}}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати сатураційного газу, $G_{\text{syl.g.}}^{\max}$, $G_{\text{syl.g.}}$, $G_{\text{syl.g.}}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати сульфатаційного газу, G_{para}^{\max} , G_{para} , G_{para}^{\min} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати гострої пари, G_{lug}^{\max} , G_{lug} , G_{lug}^{\min} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати лугу.

Отже, задачею оптимального керування сокоочисного відділення є мінімізація критерію (7) при виконанні обмежень (9) та (10).

Висновки і шляхи подальших досліджень. На основі аналізу техніко-економічних показників, які можуть бути використані для оптимізації роботи сокоочисного відділення цукрового виробництва вибрано змінну складову собівартості ведення технологічних процесів як критерій, який в найбільшій мірі характеризує ефективність роботи сокоочисного відділення. Сформульовані обмеження як на якісні показники процесу сокоочищення, так і на керувальні дії.

У результаті проведеного дослідження визначена задача оптимального керування сокоочисним відділенням – мінімізація змінної складової собівартості ведення технологічних процесів очищення соку з урахуванням обмежень на технологічні параметри та керування.

Для розв'язання поставленої задачі потрібно розробити математичні моделі технологічних процесів сокоочисного відділення, що і є предметом подальших досліджень.

Список літератури: 1. Сапронов, А. Р. Технология сахара [Текст]: для кадров массовых профессий [Текст] / А. Р. Сапронов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1975. – 232 с.: ил. – Библиогр.: С. 229. 2. Нечаев, А. П. Технологии пищевых производств [Текст] / А. П. Нечаев, И. С. Шуб, О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева. – М.: КолосС, 2005. – 768 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов высших учебных заведений). – 3000 экз. – ISBN 5-10-003813-6. 3. Moshe, Benziman. Purification and Regulatory Properties of the Oxaloacetate Decarboxylase of *Acetobacter xylinum* [Text] / Moshe Benziman, Anna Russo, Sarah Hochman, Haim Weinhouse // Journal of bacteriology American Society for Microbiology, Apr. 1978. - Vol. 134, №1. - P. 1-9. 4. Rukkumani, V. Chemical process control in sugar manufacturing unit [Text] / V. Rukkumani, S. Khavya, S. Madhumithra, Devi B. Nandhini // International Journal of Advances in Engineering & Technology, Jan. 2014. - Vol. 6, Issue 6. - P. 2732-2738. 5. Karthik, C. Modelling and Control of Chemical Process in Sugar Industry [Text] / C. Karthik, K. Valarmathi, R. Prasanna // International Conference on VLSI, Communication & Instrumentation (ICVCI), 2011. - P. 24-28. 6. Xiaofeng, Lin Neural Network Modeling and HDP for Neutralized pH Value Control in the Clarifying Process of Sugar Cane Juice [Text] / Xiaofeng Lin, Shengyong Lei and Huixia Liu // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, October 22 – 24, 2008. 7. Pat. 2003089673 USA, IC³ C13B20/12. A system to produce sugar from plant materials / David O.Sanders. – Publ. 30.10.2003. 8. Pat. 2012042319 CH, IC³ C13B20/06. A system and a method for controlling purification of juice in a sugar mill / Arun Kumar Mani, Tarun Prakash Mathur, Koustubh Palnitkar, Babji Buddhi Srinivasa. – Publ. 05.04.2012. 9. Бабченко, Е. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов отделения очистки диффузионного сока сахарного производства [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 [Текст] / Бабченко Е. А. Одесский гос. политехнический ун-т. – О., 1998. – 114 л. 10. Пархоменко, І. І. Автоматизована система управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Пархоменко І. І.; Український держ. ун-т харчових технологій. – К., 2002. – 296 л. 11. Заїка, В. І. Синергетичний синтез ієрархічної системи керування технологічним комплексом цукрового заводу [Текст] / В. І. Заїка, В. Д. Кищенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4/2 (64). – С. 46-51. 12. Суценок, Г. А. Автоматизоване управління технологічним комплексом

очистки дифузійного соку з урахуванням взаємодії підсистем [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Суценок Ганна Анатоліївна; Український держ. ун-т харчових технологій. – К., 1998. – 164 л. – л. 138-147. 13. Жученко, А. І. Математичне моделювання та оптимальне керування випарними установками [Текст]: навч. посібник / А. І. Жученко. – К.: Хімджест, 2013. – 316 с. 14. Самольотов, В. М. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила ustalenoї практики 15.83-37-106:2007 [Текст] / В. М. Самольотов. – К.: Цукор України, 2007. – 419 с.

Bibliography (transliterated): 1. Sapronov, A. R. (1975). Tekhnolohiia sakhara. M.: Lehkaia i pishchevaia promyshlennost', 229. 2. Nechaev, A. P. (2005). Tekhnolohii pishchevykh proizvodstv. M. – Moscow: KolosS, 768. 3. Moshe, Benziman (1978). Purification and Regulatory Properties of the Oxaloacetate Decarboxylase of *Acetobacter xylinum*. JOURNAL OF BACTERIOLOGY American Society for Microbiology, Vol.134, №1, Apr. 1978, 1-9. 4. Rukkumani, V. (2014). Chemical process control in sugar manufacturing unit. International Journal of Advances in Engineering & Technology, Vol. 6, Issue 6, Jan. 2014, 2732-2738. 5. Karthik, C. (2011). Modelling and Control of Chemical Process in Sugar Industry. International Conference on VLSI, Communication & Instrumentation (ICVCI), 2011, 24-28. 6. Xiaofeng, Lin (2008). Neural Network Modeling and HDP for Neutralized pH Value Control in the Clarifying Process of Sugar Cane Juice. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, October 22 - 24, 2008. 7. Pat. 2003089673 USA, IC³ C13B20/12. (2003). A system to produce sugar from plant materials. *David O.Sanders*. Publ. 30.10.2003. 8. Pat. 2012042319 CH, IC³ C13B20/06. (2012). A system and a method for controlling purification of juice in a sugar mill. *Arun Kumar Mani, Tarun Prakash Mathur, Koustubh Palnitkar, Babji Buddhi Srinivasa*. Publ. 05.04.2012. 9. Babchenko, Ye. A. (1998). Avtomatizatsiia i modelirovanie tekhnolohicheskikh protsessov otdeleniia ochistki diffuzionnogo soka sakharnogo proizvodstva. Rukopis', 114. 10. Parkhomenko, I. I. (2002). Avtomatyzovana sistema diliankoiu ochyshchennia dyfuziionno soku na bazi nechitkoї lohiky. Rukopys, 296. 11. Zaika, V. I. (2013). Synerhetychnyi syntez iierarkhichnoi systemy keruvannia tekhnolohichnym kompleksom tsukrovoho zavodu. Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnolohii, №4/2 (64), 46-51. 12. Syschenko, H. A. (1998). Avtomatyzovane upravlinnia tekhnolohichnym kompleksom ochystky dyfuziionno soku z urakhuvanniam vzaiemodii pidsystem. Rukopys, 164. 13. Zhuchenko, A. I. (2013). Matematychno modeliuvania ta optymal'ne keruvannia vyparnymy ustanovkamy. Kiev: Khimichnoho protsesu vyrobnytstva tsukru z tsukrovyykh buriakiv. Pravyla ustalenoї praktyky 15.83-37-106:2007. Kiev: Tsukor Ukrainy, 419.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Жученко Анатолій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри автоматизації хімічних виробництв інженерно-хімічного факультету; тел.: 067-770-54-66; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Жученко Анатолій Іванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», профессор кафедры автоматизации химических производств инженерно-химического факультета; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Zhuchenko Anatolii – Doctor of technical sciences, Professor, head of the department, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Professor at the Department of Automation of chemical productions, Faculty of Chemical Engineering; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Мищенко Катерина Юрївна – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра автоматизації хімічних виробництв інженерно-хімічного факультету; тел.: 063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.

Мищенко Катерина Юрьевна – аспирант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кафедра автоматизации химических производств инженерно-химического факультета; тел.: 063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.

Mishchenko Kateryna – Graduate, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Department of Automation of chemical productions, Faculty of Chemical Engineering; :063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.

УДК 681.7

С. О. НЕЧАЙ, Т. В. ХИЛЬЧЕНКО

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ ФОТОКАМЕР

Проведені дослідження ефективності систем стабілізації зображення різних типів при дії вібрації з різними параметрами. Порівняно роботу оптичної та внутрішньокамерної стабілізації, визначено кращу з них. Експериментальні дослідження об'єктивно відтворювали умови роботи систем стабілізації подібно до умов зйомки з рук фотографом, при різних частотах і амплітудах коливань вздовж різних осей. Дотримувались однакові умови експерименту для різних зразків камер.

Ключові слова: стабілізація зображення, оптична стабілізація, внутрішньокамерна стабілізація, фотокамера, система стабілізації матриці, тестування фототехніки.

Вступ. Сфера використання фотокамер з кожним роком продовжує зростати: охоронні та реєструючі системи, професійні фотоапарати та аматорські камери, в телефонах тощо [1]. Мало хто розуміє принцип дії та сферу застосування систем стабілізації, але фотоапарати зі стабілізатором зображення стали більш затребуваними [2]. Об'єктивні дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер не проводились ні в нашій країні, ні за кордоном (всі дані, отримані виробниками камер – не оприлюднюються). Результати відомих суб'єктивних досліджень, при яких фотокамера знаходиться в руках людини, не можуть претендувати на достовірність, оскільки не виявляється можливість повторюваності та забезпечення однакових умов для різних зразків апаратури, що проходить тестування.

Дану тему розглянуто в межах доступних ресурсів. Але ж дані технології знайшли застосування не тільки у фотоапаратах, а й у телескопах, системах відеоспостереження, в конструкції астрономічних телескопів, біноклів та інших техніці з оптичними елементами. В астрономії поштовхи апаратури викликають коливання лінз, які викликають проблеми з реєстрацією положення об'єктів у зв'язку зі зміщеннями зображень від номінального положення на фокальній площині [3]. А це дає можливість для подальшого розширення й розвитку даної теми.

Мета роботи. Метою даної роботи є доведення і контроль ефективності роботи системи стабілізації зображення фотокамери та порівняння оптичної й внутрішньокамерної стабілізації. Створення лабораторії для незалежного тестування моделей апаратури різних виробників, контролю якості виробництва [4–6].

Опис експериментальної установки для дослідження ефективності роботи систем стабілізації зображення фотокамер. До складу експериментальної установки (рис. 1) входять:

1. Вібростенд з блоком керування, регулюються частота (від 3,5 Гц до 40 Гц) та амплітуда коливань.
2. Програмне забезпечення, створене в MathLab, яке, головним чином, слугує для перевірки вібростенду. Дана програма запускала на комп'ютері, який з'єднаний з датчиком, що встановлений на вібростенді. Інтерфейс програми показує спектр коливань.
3. Перехідник, який двома ногами стоїть на жорсткій підлозі, а однією на вібростенді. За допомогою даного перехідника вертикальні коливання вібростенду перетворюємо в горизонтальні коливання камери.
4. Перехідник, закріплений гвинтами до вібростенду, за допомогою якого досліджувалась дія від коливань в вертикальному напрямку.
5. Штрихова міра (ISO 12233), яка фотографувалась, а отримане зображення аналізувалось.
6. Фотокамери з різними системами стабілізації (Nikon D3100 з об'єктивами: 18-55mm 1:3.5-5.6G VR

AF-S DX Nikkor та 18-105mm f/3.5-5.6G ED VR AF-S DX Nikkor; Canon EOS 500D Kit 18-55 з об'єктивами: EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS та zoom lens EF-S 18-135mm 1:3.5-5.6 IS; Sony Alpha SLT-A55 kit; Konica Minolta Dynax 7D).

Для чистоти експерименту дуже важливо, щоб на всіх фотокамерах були виставлені однакові налаштування для зйомки: чутливість ISO – 100; витримка – 1 с; діафрагма – 22; фокусна відстань – 50; відстань до об'єкту – 0,8 м. Вводилась затримка дії спуску затвора камер на 2 секунди для заспокоєння зовнішніх механічних впливів від рук людини та закінчення перехідного процесу в роботі системи стабілізації кожної з камер.

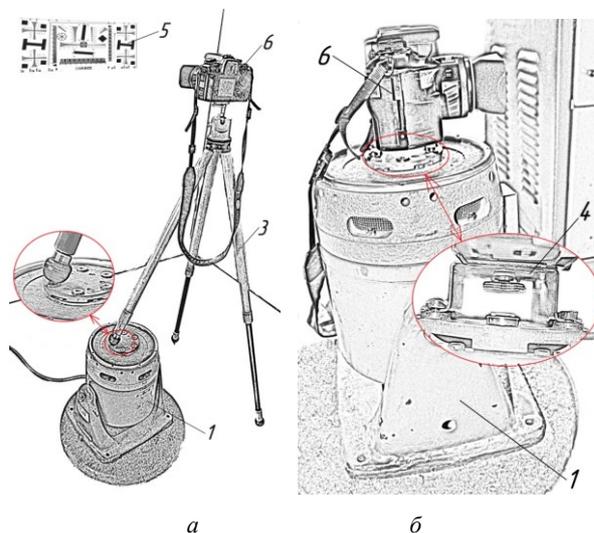


Рис. 1 – Експериментальна установка для дослідження: а – горизонтальних коливань; б – вертикальних коливань

Метод аналізу зображення. Методи оцінки якості зображень поділяють на суб'єктивні та кількісні. Кожна з вказаних категорій має абсолютні та порівняльні критерії [7]. Абсолютні критерії якості застосовуються для оцінки одного зображення. Порівняльні критерії використовуються для оцінювання набору зображень в якійсь шкалі.

Абсолютна міра як критерій оцінки є число, отримане для будь-якого зображення на основі аналізу цього зображення. Порівняльна міра є числовим результатом порівняння двох або більше зображень. Для порівняння також можна використовувати абсо-

© С. О. Нечай, Т. В. Хильченко. 2015
 лютні міри, обчислені для кожного зображення окремо. До абсолютних мір належать різкість зображення, кількість градацій, контраст.

Різкість зображення – один з найважливіших показників якості, який визначає придатність зображення до наступного опрацювання. **Різкість зображення** – степінь розмитості між двома сусідніми ділянками зображення з різною оптичною густиною (яскравістю).

$$P_i = \frac{G}{w},$$

де w - ширина перепаду в пікселях, G - різниця між значеннями яскравостей пікселів.

Оцінка контрасту. Іншим параметром, який визначає якість зображення є контраст. **Контраст** - градаційна характеристика чорно-білого чи кольорового зображення, яка має відмінності в світлоті (насиченості кольору) у найбільш яскравих та найбільш темних ділянках.

$$C = \frac{L_i - L_j}{L_i + L_j},$$

де L_i, L_j - яскравості елементів градаційного зображення [8].

Отримані результати експериментальних досліджень ефективності роботи систем стабілізації зображення фотокамер. Експерименти проводились тричі – кожен наступний з врахуванням зауважень з попередніх. З отриманих даних визначили:

а) ефективність роботи систем стабілізації фотокамер.

Доцільно користуватись системою стабілізації при частотах 5 – 16 Гц, при інших частотах вібрацій система стабілізації ще більше спотворює картинку або просто не працює (рис. 2, 3).

б) Чи однаково компенсується як горизонтальна так і вертикальна тряска.

Результати отримані за однакових частот і амплітуд, з використанням тієї ж камери, при тих самих умовах та налаштуваннях але при різних видах тряски показують, що стабілізація ефективна в обох випадках, але з горизонтальною тряскою камера справляється краще (рис. 4 – 7).

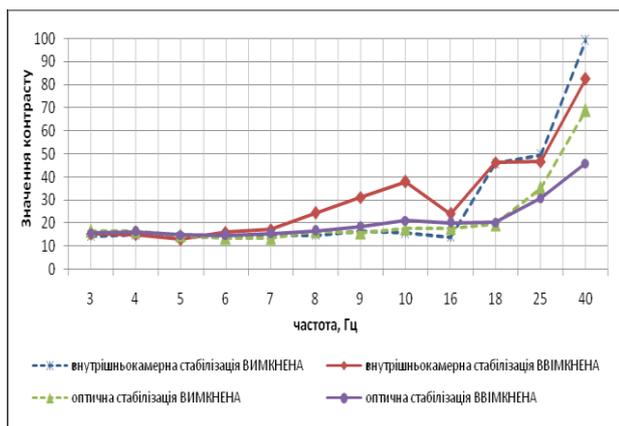


Рис. 2 – Графік залежності величини контрасту від частоти

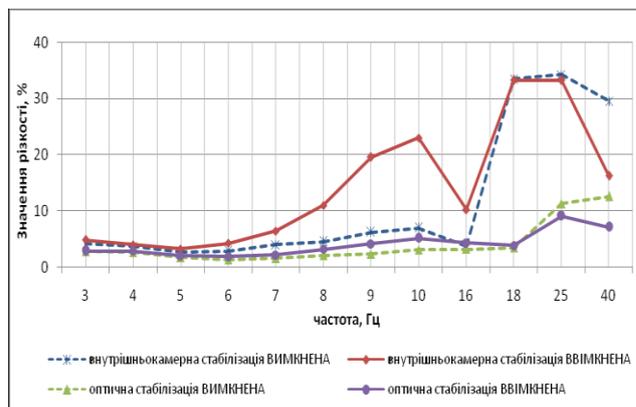


Рис. 3 – Графік залежності значення різкості від частоти

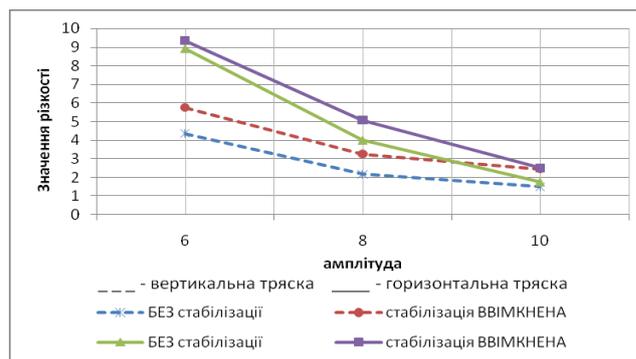


Рис. 4 – Графік залежності величини різкості від амплітуди при частоті 8 Гц

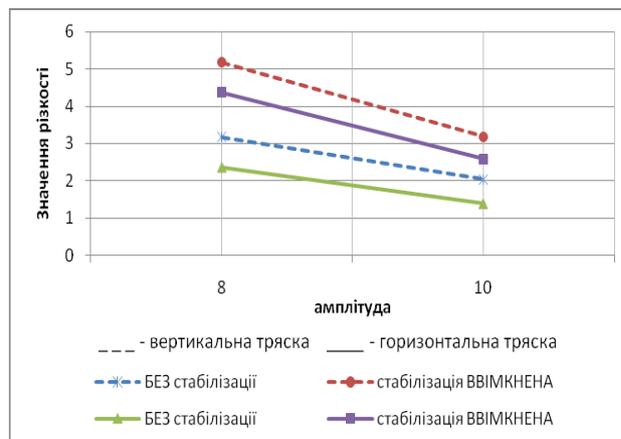


Рис. 5 – Графік залежності величини різкості від амплітуди при частоті 10 Гц

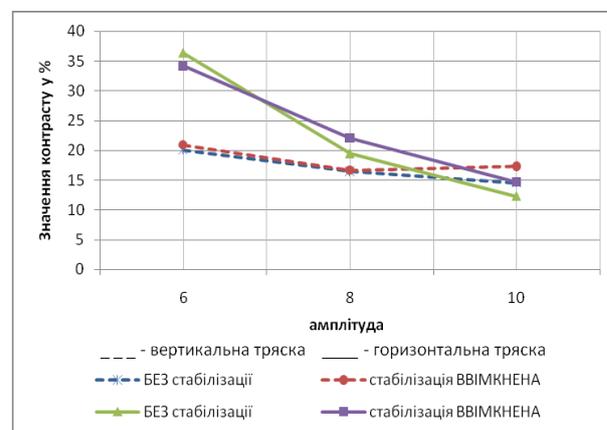


Рис. 6 – Графік залежності величини контрасту від амплітуди при частоті 8 Гц

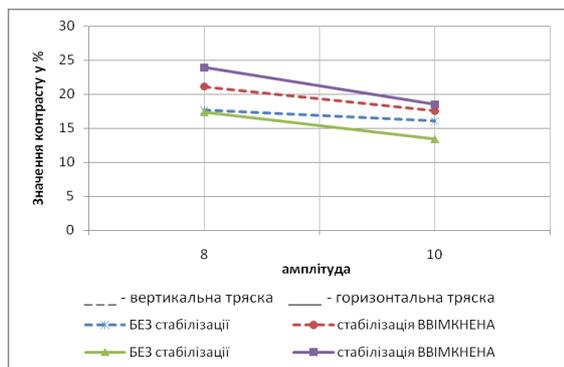


Рис. 7 – Графік залежності величини контрасту від амплітуди при частоті 10 Гц

г) яка система стабілізації краща: оптична чи внутрішньокамерна.

Як видно з графіків, внутрішньокамерна стабілізація показує кращі результати, ніж оптична (рис. 8, 9).

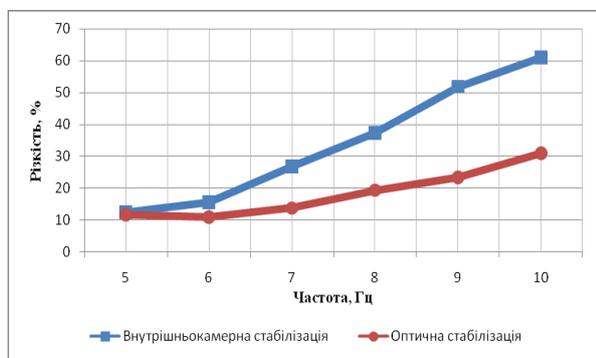


Рис. 8 – Графік залежності відношення середнього значення різкості при різних частотах до еталонного значення різкості

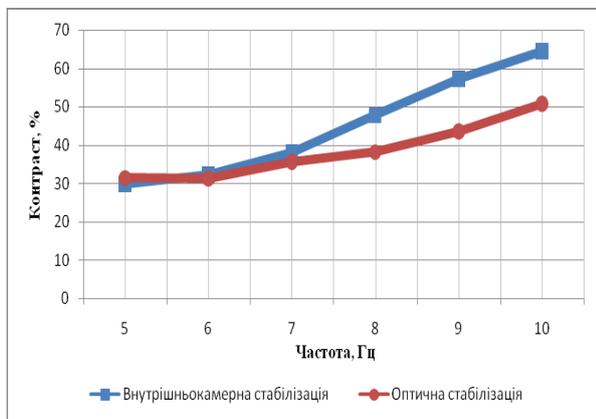


Рис. 9 – Графік залежності відношення середнього значення контрасту при різних частотах до еталонного значення контрасту

Висновки. В результаті проведених експериментів, було визначено, що серед представлених моделей внутрішньокамерна стабілізація, тобто система стабілізації матриці, більш ефективна, ніж оптична (стабілізація об'єктива). Також визначено, при яких частотах доцільно використовувати встроєні в камери системи стабілізації.

Ергономічний параметр для системи стабілізації - фізіологічний тремор, не має клінічного значення, але присутній у кожній здоровій людині. Один з компонентів фізіологічного тремору - низькоамплітудні

коливання тіла людини під час серцевої систоли (реєструються при проведенні балістокардіографії). Цей тремор характеризується нерегулярною частотою і амплітудою; його частота становить від 8 до 12 Гц або вище, а амплітуда - менше 0,1 мм в пальцях і кистях рук або так мала, що її не видно неозброєним оком [8]. Тобто, система стабілізації зображення фотокамер працює на необхідних і достатніх частотах.

При частотах коливань вище 16 Гц виявлені прояви нестабільності роботи систем стабілізації, навіть погіршення якості зображення від дії системи стабілізації відносно «нестабілізованого» зображення. Тому для зйомок зі штативів чи інших опор в умовах промислових вібрацій (працюючі двигуни, різкі поштовхи) системи стабілізації рекомендується вимикати.

У всіх виробників є свої специфічні напрацювання і технології. Останнім часом, деякі виробники впроваджують у свою техніку як оптичну так і матричну стабілізацію [10].

Але варто бути об'єктивним. Як часто вам потрібна стабілізація? Вона вам не потрібна, якщо ви знімаєте в світлий час доби, якщо знімаєте зі штатива, якщо знімаєте в студії, якщо вам потрібно заморожувати рух на коротких витримках, що нівелює плюси стабілізації в принципі. Якщо говорити про телеоб'єктив, то матрична стабілізація в принципі менш ефективна, ніж оптична, через обмеження в дистанції зсуву сенсора, тому переваги для про-репортерів губляться, особливо для тих, які знімають масштабні спортивні заходи з великої дистанції.

Тобто, в недалекому майбутньому, у фотокамерах буде використовуватись, можливо, всі три, відомі нам, способи стабілізації. Але тут виникають певні проблеми: чи не будуть системи стабілізації створювати завади одна одній, замість того, щоб їх компенсувати; зросте вартість і вага таких апаратів; буде складніше розбиратись з налаштуваннями та інше. Тому, якщо питання стабілізації зображення не є першочерговим і найбільш пріоритетним, то не варто ускладнювати систему. Головне, навчитись правильно обирати режими роботи техніки відповідно до умов і задач зйомки.

Список літератури: 1. Демин, А. В. Серия биноклей со встроенной системой стабилизации изображения [Текст] / А. В. Демин // Оптико-электронные приборы и системы. Сб. научных статей. Выпуск 97 / Под редакцией проф. Э. Д. Панкова и проф. А. В. Демина. - 1997. - С. 8-15. 2. Фроимсон, И. М. Полезное действие наблюдательных приборов со стабилизацией изображения [Текст] / И. М. Фроимсон, Р. В. Цывкин // Специальная техника. - 2001 г. - №5. - С. 60-63. 3. Фроимсон, И. М. Стабилизация изображения в наблюдательных приборах [Текст] / И. М. Фроимсон // Специальная техника. - 2002 г. - №6. - С. 16-24. 4. Никифоров, В. О. Система активной виброзащиты: разработка, результаты испытаний и перспективы развития [Текст] / В. О. Никифоров, И. Е. Гутнер, И. В. Сергачев // Мехатроника, автоматизация и управление. - 2004. - № 2. - С. 13-18. 5. Коловский, М. З. Автоматическое управление виброзащитными системами [Текст] / М. З. Коловский. - М.: Наука, 1976. 6. Фролов, К. В. Прикладная теория виброзащитных систем [Текст] / К. В. Фролов, Ф. А. Фурман. - М.: Машиностроение, 1980. 7. Wang, T. Blind Image Quality Assessment for Measuring Image Blur [Text] / X. Wang, B. Tian, C. Liang, D. Shi // Congress on Image Signal Processing 2008. 8. Дронюк, І. Open Academic Journals Index [Електронний ресурс]: Оцінка якості зображення для друкованих та електронних документів / І. Дронюк. Режим доступу: <http://oaji.net/articles/2015/1872-1428763302.pdf>. 9. Александрова, Е. А. Акселерометрическая диагностика мощности тремора при болезни Паркинсона в процессе терапии [Текст] / Е. А. Александрова,

М. А. Устимкина, А. В. Густов, Е. М. Тиманин, Е. В. Еремин, С. В. Макушина, Е. В. Паришина // Медицинский Альманах - № 1 (14) - март 2011 – С. 191-193. **10.** Ткаченко, А. Kaddr.com [Электронный ресурс]: обзоры: обзор Sony Alpha 7 II. Первая в мире полнокадровая камера с матричной 5-осевой стабилизацией [Текст] / А. Ткаченко. Режим доступа: <http://kaddr.com/2015/03/obzor-sony-alpha-7-ii-pervaya-v-mire-polnokadrovaya-kamera-s-matrichnoj-5-osevoj-stabilizatsiej/>

Bibliography (transliterated): 1. Demin, A. V. (1997). Series binoculars with built-in image stabilization system. Opto-electronic devices and systems. Coll. scientific articles. Issue 97. Edited by prof. E. D. and Professor Pankov, 8 -15. 2. Froimson, I. M., Tsyvkin, R. V. (2001). Useful action observation devices with image stabilization. Special equipment, 5, 60- 63. 3. Froimson, I. M. (2002). Image Stabilization in the observational instruments. Special equipment, 6, 16-24. 4. Nikiforov, V. O., Gutner, I. E., Sergachev, I. V. (2004). Active vibration protection system: development, test results and prospects of the. Mechatronics,

Automation and management, 2, 13-18. 5. Kolovskiy, M. Z. (1976). Automatic control systems, vibration isolation. Moscow: Nauka. 6. Frolov, K. V., Fuhrman, F. A. (1980). Applied Theory of vibration isolation systems. Moscow: Mechanical Engineering. 7. Wang, T., Tian, B., Liang, C., Shi, D. (2008). Blind Image Quality Assessment for Measuring Image Blur. Congress on Image Signal Processing. 8. Droniuk, I. Open Academic Journals Index [Electron resource]: Overall image quality for printed and electronic documents. Access: <http://oaji.net/articles/2015/1872-1428763302.pdf>. 9. Aleksandrova, E. A., Ustimkina, M. A., Gustov, V., Timanin, E. M., Eremin, E. V., Makushina, S. V., Parshina, E. V. (2011). Accelerometer diagnostic power of tremor in Parkinson's disease during therapy. Medical Almanac number 1 (14) March 2011, 191-193. 10. Tkachenko, A. Kaddr.com [electronic resource]: review: review Sony Alpha 7 II. The world's first full-frame camera with a matrix of 5-axis stabilization. Access: <http://kaddr.com/2015/03/obzor-sony-alpha-7-ii-pervaya-v-mire-polnokadrovaya-kamera-s-matrichnoj-5-osevoj-stabilizatsiej/>.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Нечай Сергій Олексійович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», доцент кафедри приладобудування; тел.: 050-351-63-19; e-mail: nechay_s@ukr.net.

Нечай Сергей Алексеевич – кандидат технических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», доцент кафедры приборостроения; тел.: 050-351-63-19; e-mail: nechay_s@ukr.net.

Nechai Sergii Oleksiiovich – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of instrument engineering; tel.: 050-351-63-19; e-mail: nechay_s@ukr.net.

Хильченко Тетяна Валентинівна – студентка, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра приладобудування; тел.: 093-897-33-21; e-mail: xvulunka@mail.ru.

Хильченко Татьяна Валентиновна – студентка, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра приборостроения; тел.: 093-897-33-21; e-mail: xvulunka@mail.ru.

Khylchenko Tetiana – National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Department of instrument engineering; tel.: 093-897-33-21; e-mail: xvulunka@mail.ru.

УДК 004.652.5

О. В. БУЗОВСКИЙ, А. А. ПОДРУБАЙЛО

ЧАСТИЧНОЕ ПРЕОДОЛЕНИЕ CAP-ТЕОРЕМЫ В РАСПРЕДЕЛЕННОМ ДОКУМЕНТО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ

Существующие распределенные хранилища данных в оперативной памяти типа «ключ-значение» объединяют в себе оптимистичность подхода BASE-систем и пессимистичные алгоритмы обновления индексов, рассчитанные на работу в глобальной сети. Данная статья предлагает использование синхронных индексов для повышения консистентности и доступности данных без ущерба для способности системы к горизонтальному масштабированию.

Ключевые слова: CAP-теорема, хранилище данных, консистентность, индекс, доступность, распределенность, ключ-значение, оперативная память, теорема Брюэра, NoSQL.

Введение. Реляционные базы данных обязаны удовлетворять требования ACID[1] (atomicity, consistency, isolation, durability), т.е. ключевым понятием в таких системах является транзакция, как группа объединенных последовательных операций с базой данных. Транзакция не может быть выполнена частично, не нарушает согласованность системы, не влияет на одновременную работу других транзакций[2]. Кроме того, выполненные успешной транзакцией изменения не должны быть потеряны вследствие каких-либо сбоев системы (к примеру, обесточивания либо сбоя в оборудовании). Эти требования хорошо соответствуют традиционным бизнес-моделям, однако в полной мере реализовать их в распределенных

системах, с учетом необходимого быстродействия, крайне сложно.

CAP-теорема, известная также как теорема Брюэра, утверждает, что распределенная система способна обеспечить не более двух из трех свойств: консистентность, доступность, устойчивость к разделению (consistency, availability, partition tolerance) [3-5].

Современные хранилища типа ключ-значение спроектированы с учетом теоремы Брюэра и относятся к BASE-системам, обеспечивая «базовую доступность» и «согласованность в конечном счете» хранимых данных[6,7,8]. Это позволяет обеспечить высокую потенциальную масштабируемость и способность системы к эффективному функционированию

© О. В. Бузовский, А. А. Подрубайло. 2015

при больших расстояниях между узлами. Однако значительная часть реальных случаев использования таких хранилищ демонстрирует разворачивание системы в рамках одной высокоскоростной локальной сети передачи данных. В таких условиях штатные механизмы индексирования распределенных хранилищ, рассчитанные на работу в глобальной сети с большими задержками, становятся неэффективны и приводят к чрезмерным задержкам в обновлении индексов, а, следовательно, к потере консистентности между индексами и индексируемыми данными.

Цель работы. Целью работы является создание метода повышения консистентности и доступности данных, содержащихся в распределенных хранилищах данных в оперативной памяти типа «ключ-значение» без потери устойчивости таких хранилищ к разделению.

Описание методики синхронного индексирования. В данной работе для повышения консистентности и доступности данных в распределенных хранилищах типа «ключ-значение» предлагается ввести синхронные индексы по вторичным полям. Выбор структуры такого индекса должен, с одной стороны, максимально соответствовать идеологии хранения данных, а с другой – обеспечить быстрый и консистентный результат пользовательского запроса.

При этом индекс должен удовлетворять следующим требованиям:

- способностью обеспечить быстрый пользовательский поиск по значению требуемых параметров;
- высокой скоростью операций обновления индекса;
- непрерывной согласованностью индекса и хранимых данных;
- иметь как можно меньшие накладные расходы.

Базовой структурой данных в документ-ориентированных хранилищах является распределенная хэш-таблица[9]. Такая концепция подходит и для хранения индекса, т.к. он ставит в соответствие одному ключу множество значений. Однако, в случае, когда одно и то же значение индексируемого поля имеет множество документов, запись в индексе будет слишком большой. В этом случае для облегчения операций поиска и обновления отдельных участков индекса рекомендуется сегментировать индекс, т.е. разбить каждую запись на сегменты таким образом, чтобы размер каждого сегмента был небольшим.

В общем виде структура сегмента индекса представлена на рис. 1. Такой сегмент хранится как обыкновенный документ, что повышает универсальность подхода и легкость его внедрения.

Сегментировать индексы можно по различным принципам. В случае, когда одному значению индексируемого поля соответствует очень много докумен-

тов, запись разбивается на несколько частей. В случае же, когда одному значению соответствует мало документов, записи можно объединять, разработав определенное правило, позволяющее по требуемому значению поля получить идентификатор индексной записи.

На рис. 2 представлен пример такого индекса с объединенными записями, представляющий программ телепередач.

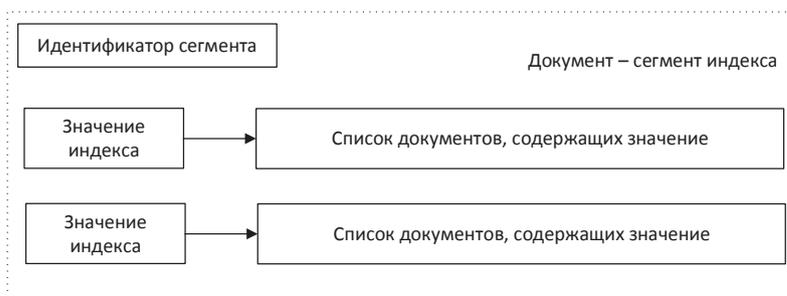


Рис. 1 – Общий вид сегмента синхронного индекса документ-ориентированного хранилища



Рис. 2 – Пример синхронного индекса с объединением записей в сегменте

В этом индексе предполагаются пользовательские запросы вида «получить все телепередачи, активные в заданный промежуток времени на данном канале». Для обработки таких запросов использован составной ключ, включающий идентификатор канала и время. Т.к. в один момент времени на заданном канале может быть активна только одна программа, для экономии предлагается использовать один сегмент для определенного интервала времени (в примере – часа), на протяжении которого существуют активные телепередачи.

Тогда, кроме идентификатора программы, необходимо также хранить действительное время ее начала и длительность, чтобы точно знать, активна ли она в заданный период времени внутри часового промежутка.

При таком подходе одна и та же программа может встречаться в нескольких индексных записях, если она активна сразу в нескольких промежутках времени, что увеличивает избыточность. С другой стороны, предложенная структура удобна при поиске данных для диапазона индексных значений: зная границы

временного промежутка, мы можем сразу вычислить идентификаторы сегментов, используя затем наиболее быстрый метод поиска по ключу.

В случае, когда индексируемые значения не обладают выраженной периодичностью, но требуется обеспечить поиск по диапазону значений, рекомендуется использовать древовидные структуры, в узлах которых содержатся идентификаторы сегментов (рис. 3).

При этом не рекомендуется использовать B+ деревья, как это делается в реляционных базах данных. Как показано в [10], B+ не обеспечивает эффективную работу системы управления базой данных в оперативной памяти, поэтому в данной работе использованы красно-черные деревья.

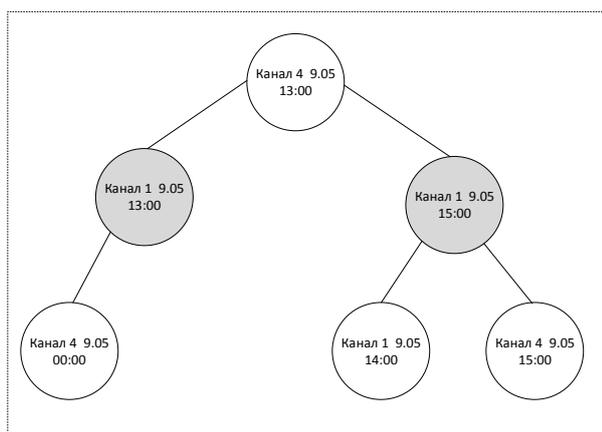


Рис. 3 – Древовидная структура для поиска диапазона индексных значений

Алгоритм обновления индекса. Для обновления индексов при добавлении новых или обновлении существующих документов предлагается использовать следующий алгоритм: вначале предпринимается попытка поиска по ключу старой версии данного документа, уже записанной в данном хранилище. Затем вычисляются индексные записи для старой и новой версий объекта. Под индексной записью здесь понимается элементарная структура, содержащая имя индекса, идентификатор сегмента, к которому относится данная запись и данные, которые должны быть записаны в индекс (рис. 4).

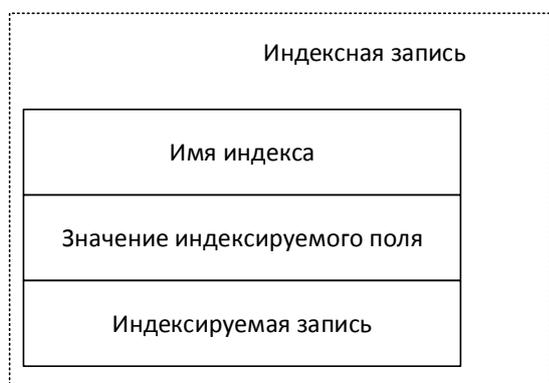


Рис. 4 – Структура индексной записи

Выполняется вычисление разности множества старых и новых индексных записей (если объекта с данным идентификатором ранее не было в хранилище

– множество старых индексных записей принимается пустым). Затем для индексных записей, уже не присутствующих в новом документе, выполняется удаление, а для записей, вновь появившихся – добавление в сегмент.

Описание эксперимента. Для отработки методики синхронного индексирования было выбрано распределенное документ-ориентированное хранилище Couchbase. Данное хранилище демонстрирует высокие скорости чтения/записи документов по ключу, но обладает достаточно несовершенным механизмом выполнения более сложных пользовательских запросов.



Рис. 5 – Алгоритм обновления индекса при добавлении документа

Для поиска произвольной информации Couchbase предлагает концепцию видов (views), т. е. функций на JavaScript, посредством которых пользователь хранилища определяет содержание индексных записей. Процесс обновления видов запускается только после добавления 5000 новых документов или по истечении пяти секунд после добавления документа, и занимает, для большого хранилища, до десяти минут. Во время обновления видов запросы к ним обрабатывают, возвращая неактуальные (не обновленные) данные. При этом поиск документа по ключу всегда возвращает актуальную версию документа. Таким обра-

зом, учитывая частоту операций добавления документов, Couchbase может служить ярким примером согласованности в конечном счете, демонстрируя отсутствие консистентности между видами и отображаемыми ими документами.

Приведем пример такой ситуации. Предположим, вид отображает документы по содержанию их поля «цвет». Некий документ с идентификатором ID42 содержал в этом поле значение «зеленый», что было отражено соответствующим видом, в котором значению «зеленый» был сопоставлен идентификатор ID42. Затем документ с ID42 был обновлен, и в новой версии поле «цвет» сменило значение на «синий», а, через некоторый период, началось обновление вида. Если пользователь в период с момента обновления документа до окончания процесса обновления вида попытается, воспользовавшись встроенными механизмами, найти документ с цветом «зеленый», он получит идентификатор ID42. При этом, поиск документа по ID42 вернет обновленный документ с цветом «синий». Таким образом, частые операции обновления приводят хранилище в неконсистентное состояние, делая невозможным поиск по чему-либо, кроме идентификаторов документов.

В эксперименте использовались три индекса разных типов: индекс точного соответствия значения поля (индекс А), индекс соответствия значению временных диапазонов (индекс Б), и индекс значений с возможностью поиска по диапазону (индекс В).

Работа с синхронными индексами была реализована при помощи клиентской библиотеки Couchbase Java SDK 2.1 на клиентской стороне. Couchbase сервер состоял из двух узлов, размещенных в одной локальной сети с клиентом.

Методика эксперимента предусматривала добавление в каждый индекс полумиллиона записей, затем 10 тысяч операций выборки, затем добавление еще полумиллиона записей (перекрытие идентификаторов 25 %) с непрерывным выполнением десяти тысяч запросов.

Поведение каждого индекса сравнивалось с поведением соответствующего вида (view), выполнявшего те же задачи.

Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Как видно, время записи документов в пустое хранилище при использовании механизма синхронного индексирования в 1,5-2 раза выше, чем время аналогичной операции с использованием видов. Это объясняется тем, что асинхронная перестройка индексов запускается чуть позже добавления, обеспечивая меньшую нагрузку на аппаратное обеспечение. Наиболее медленно идет добавление в диапазонные индексы, требующие три операции записи и две операции чтения для записи одного объекта.

Выполнение запросов на свободном от других задач хранилище выполняется примерно одинаково как с помощью view, так и посредством синхронных индексов с небольшим опережением первых.

Таблица 1- Результаты измерений времени выполнения и неконсистентности результатов выполнения запросов

Используемые индексы / виды	Добавление $0,5 \cdot 10^6$ записей, с	Выполнение 10^4 запросов, с	Обновление индекса и выполнение запросов, с	Количество неконсистентных результатов, шт
Индекс А	90	100	150	0
Индекс Б	95	107	174	0
Индекс В	184	115	336	0
Индекс А,Б, В	187	110	286	0
View А	61	94	324	110
View В	61	115	321	143
View С	62	110	335	214
View А,В, С	63	107	542	178

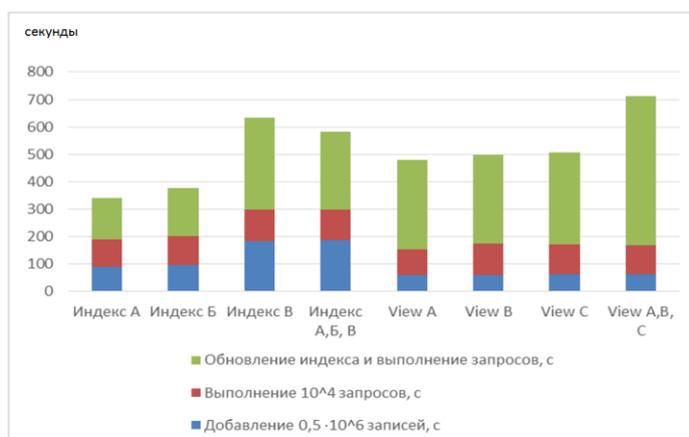


Рис. 6 – Сводная гистограмма времени выполнения, с

Наконец, во время одновременной загрузки и чтения данных асинхронные индексы показывают замедление произво-

дительности вследствие блокировок при обновлении.

На сводной гистограмме (рис. 6) показано суммарное время выполнения всех операций для каждого из вариантов индексов и видов.

Выводы. Метод синхронного индексирования распределенных документо-ориентированных хранилищ данных показал свою применимость при условии, что клиент и сервер находятся в одной локальной сети. Предложенный метод позволил добиться повышения скорости обработки запросов, и, одновременно, консистентности их результатов при одновременной загрузке данных в хранилище. Однако, синхронный индекс, позволяющий запросы по диапазонам, показал уменьшение скорос-

ти обробки запроса по сравнению с асинхронными индексами, поэтому такой вид индекса рекомендуется использовать только в том случае, когда согласованность индексов имеет первостепенное значение.

Список литературы: 1. *Cattell, R.* Scalable SQL and NoSQL Data Stores [Text] / *R. Cattell* // SIGMOD Record – 12.2010. – Vol. 39, № 4. – P. 12-27. 2. *Gray, J.* The Transaction Concept: Virtues and Limitations [Text] / *J. Gray* // Proceedings of the 7th International Conference on Very Large Databases – 1981. – P. 144-154. 3. *Brewer, E.* CAP Twelve Years Later: How the "Rules" Have Changed [Text] / *Eric Brewer* // IEEE Computer. – 02.2012. – Vol. 45, № 2. – P. 23-29. 4. *Gilbert, S.* Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services [Text] / *Seth Gilbert, Nancy Lynch* // ACM SIGACT News. – 06.2002. – Vol. 33, № 2. – P. 51-59. 5. *Birman, K., Freedman, D., Huang, Q., Dowell, P.* Overcoming CAP with consistent soft-state replication [Text] / *Kenneth Birman, Daniel Fridman, Qi Huang, Patrick Dowell* // IEEE Computer – 02.2012 – Vol. 45, № 2 – P. 50-58. 6. *Gilbert, S.* Perspectives on the CAP Theorem [Text] / *Seth Gilbert, Nancy Lynch* // IEEE Computer. – 02.2012. – Vol. 45, № 2. – P. 30-36. 7. *Pritchett, D.* BASE: an ACID alternative [Text] / *Dan Pritchett* // Queue - Object-Relational Mapping – 06.2008. – Vol.6, №3. – P.48-55. 8. *Bailis, P., Ghodsi, A.* Eventual consistency today: limitations, extensions and beyond [Text] / *Peter Bailis, Ali Ghodsi* // Communications of the ACM – 05.2013. – Vol.56, №5. – P. 55-63. 9. *Gupta, M. K., Verma, V., Verma, M. S.* In-Memory Database Systems - A Paradigm Shift [Text] / *Mohit Kumar Gupta, Vishal Verma, Megha Singh Verma* // In-

ternational Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – 12. 2013.– P. 333-336. 10. *Шапоренков, Д. А.* Эффективные методы индексирования данных и выполнения запросов в системах управления базами данных в основной памяти: дис. кандидата физ.-мат. наук: 05.13.11 [Текст] / *Шапоренков Дмитрий Александрович.* – СПб., 2006 – 126 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Cattell, R.* (2010). Scalable SQL and NoSQL Data Stores. SIGMOD Record, Vol. 39, № 4, 12-27. 2. *Gray, J.* (1981). The Transaction Concept: Virtues and Limitations. Proceedings of the 7th International Conference on Very Large Databases, 144-154. 3. *Brewer, E.* (2012). CAP Twelve Years Later: How the "Rules" Have Changed. IEEE Computer, Vol. 45, № 2, 23-29. 4. *Gilbert, S., Lynch, N.* (2002). Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services. ACM SIGACT News, Vol. 33, № 2, 51-59. 5. *Birman, K., Freedman, D., Huang, Q., Dowell, P.* (2012). Overcoming CAP with consistent soft-state replication. IEEE Computer, Vol. 45, № 2, 50-58. 6. *Gilbert S., Lynch N.* (2012). Perspectives on the CAP Theorem. IEEE Computer, Vol. 45, № 2, 30-36. 7. *Pritchett, D.* (2008). BASE: an ACID alternative. Queue - Object-Relational Mapping, Vol.6, №3, 48-55. 8. *Bailis, P., Ghodsi, A.* (2013). Eventual consistency today: limitations, extensions and beyond. Communications of the ACM, Vol.56, №5, 55-63. 9. *Gupta, M. K., Verma, V., Verma, M. S.* (2013). In-Memory Database Systems - A Paradigm Shift. International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), 333-336. 10. *Shaporenkov D. A.* (2006). Effective methods of data indexing and querying in main memory database systems. (PhD dissertation).

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бузовський Олег Володимирович – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри обчислювальної; тел.: 050-554-95-45; e-mail: obuza38@gmail.com.

Бузовский Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», профессор кафедры вычислительной техники; тел.: 050-554-95-45; e-mail: obuza38@gmail.com.

Vuzovskyi Oleh – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", professor of the department of computer technology; tel.: 050-554-95-45; e-mail: obuza38@gmail.com.

Подрубайло Олександр Олександрович – асистент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра обчислювальної техніки; тел.: 050-381-43-34; e-mail: sxl_sas@gmail.com.

Подрубайло Александр Александрович – ассистент, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кафедра вычислительной техники; тел.: 050-381-43-34; e-mail: sxl_sas@gmail.com.

Podrubailo Oleksandr – assistant, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", professor of the department of computer technology; tel.: 050-381-43-34; e-mail: sxl_sas@gmail.com.

УДК 656.13

Р. Б. РОГАЛЬСЬКИЙ

ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СУЧАСНИХ МІСТ

Проаналізовано проблеми, які виникають, під час організації пасажирського обслуговування на території сучасних великих та значних міст. Основну увагу зосереджено на містобудівних, функціонально-планувальних та транспортних чинниках, які впливають на закономірності у формуванні пішохідних та пасажирських потоків. Наведено шляхи покращання показників роботи маршрутної мережі громадського транспорту.

Ключові слова: транспортний район, рухомість населення, пасажирський потік, транспортні дослідження.

Вступ. Сфера громадського пасажирського транспорту відіграє важливу роль у забезпеченні життєдіяльності сучасних міст, особливо великих та значних. Громадський транспорт забезпечує задоволення потреб у щоденному пересуванні містом великої частини його мешканців. Якісне виконання гро-

мадським транспортом послуг впливає на підвищення економічної ефективності виробництва, зростання продуктивності праці, сприяє підвищенню культурного рівня населення, а також раціональному використанню вільного часу [1]. Сучасні стандарти життя зумовлюють зростання потреб населення в

© Р. Б. Рогальський. 2015

більш швидкому, але в той же час зручному і безпечному переміщеннях. Проте, на практиці ми часто зустрічаємо недоліки організації і функціонування міського пасажирського транспорту. Це, відповідно, створює незручності у пересуванні пасажирів та громадському житті міста загалом. Такі недоліки зумовлені недосконалістю схем маршрутної мережі, яка потребує постійної адаптації відповідно до змін, зумовлених розвитком генеральних планів урбанізованих просторів [2]. Маємо звертати особливу увагу на розміщення центрів притягання, реконструкцію існуючих та будівництво нових проїзних частин, житлових кварталів і районів тощо.

На сучасному етапі розвитку наукової думки у напрямку вдосконалення транспортних систем міських пасажирських перевезень існує ряд праць провідних учених, які зосереджують свою увагу на дослідженні пасажирського потоку [3–6], принципах його формування на різних територіях міст [7–9], напрямки та динаміку зміни цього показника [3,8]. Існує ряд моделей, які описують динаміку зміни таких транспортних систем, а також напрацьовано різноманітні математичні та симплексні методи прогнозування пасажирського потоку. Необхідно також звернути увагу, що у багатьох наукових роботах наведено шляхи підвищення ефективності функціонування транспортних систем пасажирських перевезень, які враховують удосконалення транспортно-експлуатаційних якостей рухомого складу, сучасних підходів під час закладання нових транспортних районів, організаційних методів обслуговування на маршрутах тощо.

Проте, існує ряд питань, які необхідно детально опрацювати і врахування яких дозволить досягти найкращого рівня оптимізації (якщо йдеться про один або декілька показників) або раціоналізації (якщо розглядати систему пасажирського обслуговування загалом) функціонування транспортної системи урбанізованих просторів організаційними методами [1–3,9,10].

Удосконалення пасажирського обслуговування сучасних міст

Передумовою для розроблення якісної системи транспортного обслуговування населення будь-якого міста є проведення роботи з дослідження таких характеристик:

- транспортне районування міської території;
- розселення населення та його транспортна рухомість;
- обсяг кореспонденцій пасажирського потоку;
- схеми організації дорожнього руху і умови його безпеки;
- робота легкового автомобільного транспорту індивідуального, службового, таксомоторного;
- інтенсивність і швидкість руху транспортних потоків на магістральних вулицях, транспортних вузлах і на підходах до міста;
- рівень шуму і забруднення повітря.

Розглянемо чинники, які впливають на конфігурацію мережі пасажирських маршрутів. До таких відносять:

- особливості території, яка обслуговується громадським транспортом;

- розміщення функціональних зон та місць концентрації пасажирського потоку;
- динаміку та закономірності зміни пасажирського потоку протягом різних часових проміжків;
- рівень розвитку вулично-дорожньої мережі, яка здатна якісно обслуговувати заданий обсяг пасажирських перевезень;
- провізна здатність транспортної системи з урахуванням взаємодії різних видів громадського пасажирського транспорту;
- розвиток інфраструктури громадського пасажирського транспорту.

Більшість великих міст мають недосконалу систему маршрутів громадського пасажирського транспорту та недостатню якість обслуговування населення, зумовлену такими чинниками:

- неврахування реального обсягу генерації у транспортних районах, зумовлене недостатнім рівнем вивчення параметрів розселення мешканців та попиту на переміщення;
- схеми маршрутів громадського транспорту та динамічні габарити його рухомого складу часто не адаптовані під умови та характеристики організації дорожнього руху;
- велика кількість маршрутів одного та різних видів транспорту нерационально накладаються і дублюються між собою на ділянках вулично-дорожньої мережі значної протяжності;
- недотримання графіків руху;
- незадовільний технічний стан та експлуатаційні якості рухомого складу.

Перш ніж перейти до аналізу шляхів розв'язку проблем у транспортних системах пасажирського обслуговування, охарактеризуємо основні показники, які оцінюють якість їх роботи. Серед них виділяють дві основні групи. До першої відносять показники транспортної мережі і маршрутної системи, а до другої – техніко-експлуатаційні показники рухомого складу.

Розглянемо показники першої групи.

Маршрутний коефіцієнт (k_m), який характеризує поширеність маршрутної мережі [3,8]. Визначається відношенням суми довжин всіх маршрутів ($\sum L_m$) до суми довжин всіх вулиць і проїздів ($\sum L_c$), якими проходять маршрути пасажирського транспорту:

$$k_m = \frac{\sum L_m}{\sum L_c}. \quad (1)$$

Маршрутний коефіцієнт показує, скільки в середньому маршрутів проходить кожною ділянкою мережі, і характеризує приблизну кількість напрямків, якими пасажир може їхати з кожної точки мережі. Зі збільшенням цього показника зростає зручність пасажирів. Для добре розвиненої транспортної мережі міст він дорівнює $k_m = 2-3,5$, а для малорозвиненої мережі $k_m = 1,2-1,3$ [3,7].

Автобусна транспортна мережа характеризується *цільністю* (δ), тобто насиченістю території міста лініями автобусного сполучення:

$$\delta = \frac{\sum L_c}{F}, \text{ км/км}^2, \quad (2)$$

де F – площа міста, км².

Зі збільшенням щільності мережі зменшуються затрати часу пасажирів на підхід до зупинок. Для крупних міст $\delta = 2,0 - 2,5$ км/км², а для центральних районів міста $\delta = 5 - 7$ км/км² [3]. Довжина шляху підходу до зупинок визначається [3–5,7]:

$$l_{nx} = \frac{1}{3\delta} + \frac{l_{nep}}{4}, \text{ км}, \quad (3)$$

де l_{nep} – довжина перегону, відстань між зупинними пунктами.

Для зменшення часу на підхід до зупинок необхідно збільшувати δ і зменшувати l_{nep} . Однак, важливо врахувати, що збільшення δ дає змогу розосередити пасажиропотік, а зменшення l_{nep} – знизити швидкість руху автобуса і збільшити тривалість доставки пасажирів до місця призначення.

Основними техніко-експлуатаційними показниками роботи рухомого складу є такі.

Транспортний процес пасажирських перевезень – це переміщення пасажирів, що включає в себе продаж квитків, подачу транспортних засобів, посадку і висадку пасажирів, повернення автобусів до місця зберігання та інші операції [3–5,7,8].

У результаті транспортного процесу пасажирів доставляються на визначені віддалі – середні віддалі поїздки пасажирів (l_{cp}), при цьому реалізується транспортна робота (P):

$$P = Q l_{cp}, \text{ пас.}\cdot\text{км}, \quad (4)$$

де Q – кількість перевезених пасажирів (обсяг перевезень).

Обсяг автобусних перевезень Q визначається загальною кількістю перевезених автобусами пасажирів на кожному маршруті [3,8]:

$$Q = \frac{P}{l_{cp}}, \text{ пас.} \quad (5)$$

Витрати на виконання одного пасажиро-кілометра $S_{n,км}$ становлять [3,8]:

$$S_{n,км} = \frac{Z_p}{W_p}, \quad (6)$$

де Z_p – величина витрат за рейс; W_p – транспортна робота за оберт.

Щодо швидкостей руху, які є одним з основних якісних показників, то на пасажирських автобусних перевезеннях розрізняють [3,8]:

а) *максимальну швидкість* (V_{max}) – швидкість, яку дозволяє розвинути конструкція автобуса під час повного використання двигуна;

б) *допустиму швидкість* ($V_{дон}$) – визначається Правилами дорожнього руху, виходячи з умов безпеки руху і стану проїзної частини;

в) *технічна швидкість* (V_{mex}) – це відношення пройденого шляху до сумарного часу затрат на рух (t_p) автобуса на маршруті:

$$V_{mex} = L_m / t_p, \text{ км/год.}; \quad (7)$$

г) *швидкість сполучення* (V_{cn}) – це швидкість автобуса без врахування часу простою на кінцевій зупинці ($t_{кз}$):

$$V_{cn} = \frac{L_m}{t_p + (t_{нз} - t_{кз})}, \text{ км/год.}; \quad (8)$$

д) *експлуатаційна швидкість* (V_e) – відношення пройденого автобусом шляху до суми часу, затраченого на рух, простоїв на проміжних та кінцевих зупинках ($t_{нз}, t_{кз}$):

$$V_e = \frac{L_m}{t_p + t_{нз} \cdot n_{нз} + t_{кз}} = \frac{L_m}{t_{рейс}}, \text{ км/год.} \quad (9)$$

Швидкість автобуса характеризує стан і рівень організації перевезень. Під час збільшення V_e збільшується V_{cn} , зменшуються затрати часу на поїздки в автобусах і покращується культура обслуговування населення автобусним транспортом. Найбільшою є технічна швидкість:

$$V_{mex} > V_{cn} > V_e. \quad (10)$$

Основним результативним показником роботи рухомого складу є продуктивність роботи автобуса, яка визначається транспортною роботою, виконаною за одиницю часу:

$$W_{добр} = \frac{U_{добр} \cdot l_{cp}}{T_m}, \text{ пас км/добу}; \quad (11)$$

Для визначення цих показників необхідно проводити цілий комплекс транспортних досліджень.

Методи таких дослідження класифікуються за рядом ознак [3]:

– за *тривалістю охоплюваного періоду*: систематичні (щодня, щотижня тощо), разові (короткочасні);

– за *шириною охоплення*: суцільні (одночасно на всій транспортній мережі обслуговуваного району) в середньому 1 раз на 3 роки; вибіркові (за окремими районами руху) 1 раз на квартал;

– за *видом*: анкетний метод (методом заповнення заздалегідь розроблених спеціальних анкет опитування); звітно-статистичний метод (ґрунтується на квитково-облікових листах і кількості проданих квитків); талонний метод (методом видачі обліковцям спеціально заготовлених талонів різних кольорів); табличний метод (проводиться обліковцями в середині салону автобуса біля кожних дверей, методом заповнення наперед заготовлених таблиць); візуальний або окомірний метод (методом збору даних на маршрутах із значним пасажирообміном, проводиться візуально за бальною системою від 1 до 5 балів, ним можуть користуватися водії або кондуктори); силуетний метод – різновид візуального (за п'ятибальною системою, методом набору силуетів за типами автобусів); метод опитування – опитуванням обліковцем пасажирів в салоні автобуса (цей метод дозволяє визначити дані про кореспонденцію пасажирів – розподіл поїздок пасажирів між початковими і кінцевими пунктами відправлення і прибуття до місця призначення).

Досить часто застосовуються методи автоматизованого дослідження [3, 8]:

а) неконтактний метод, який ґрунтується на використанні фотоелементів, ефективний лише за роздільного входу – виходу пасажирів;

б) контактний метод, який ґрунтується на обліку пасажирів, які входять і виходять, за їх дією на контактні сходинок, пов'язані з дешифраторами.

Результати дослідження пасажиропотоків використовують як для покращання організації перевезень пасажирів на діючих маршрутах, так і для вдосконалення організації транспортної мережі в цілому. За матеріалами дослідження можна встановити і основні техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів: обсяги перевезень, пасажирообіг, середню дальність поїздки пасажирів, наповненість автобусів та їх кількість на маршруті, тривалість рейсу, пробіг за час перебування в наряді тощо.

Підвищення рівня обслуговування пасажирів громадського транспорту можна досягти шляхом впровадження комплексу заходів, серед яких:

- удосконалення організації дорожнього руху;
- впровадження єдиного електронного квитка;
- підвищення транспортно-експлуатаційних якостей рухомого складу;
- контроль за дотриманням графіків руху та покращання інформаційного забезпечення пасажирів на маршруті.

Покращання функціонування громадського транспорту міста можливе завдяки застосуванню методів організації дорожнього руху таких як: оптимізація світлофорних циклів шляхом введення систем адаптивного регулювання на перехрестях з урахуванням інтенсивності руху маршрутних транспортних засобів; виділення окремих смуг та вулиць для руху громадського транспорту; розв'язання проблеми паркування на проїзній частині; врахування існуючого стану організації дорожнього руху та умов рельєфу під час складання або коректування схем маршрутів; облаштування зупинок громадського транспорту.

Введення єдиного електронного квитка – це одне з простих та ефективних рішень підвищення якості обслуговування пасажирів, який давно використовується у світовій практиці. Впровадження електронної системи оплати вартості проїзду на транспорті дозволяє вести облік пасажиропотоку на маршрутах, додає зручності пасажиром і водіям. Також додатковою зручністю для пасажирів є те, що такий проїзний квиток може діяти на всіх видах міського громадського транспорту. Розглядаючи практику європейських міст, бачимо ще одну перевагу такого квитка – пасажир здійснює диференційовану плату за проїзд залежно терміну його дії.

Вагому роль у формуванні ефективної та зручної системи обслуговування пасажирів відіграє рухомий склад, тому технічні та експлуатаційні характеристики транспорту є дуже важливим чинником під час розв'язання проблеми підвищення ефективності пасажирського обслуговування. Без масштабного оновлення парку, поповнення його сучаснішими та досконалішими транспортними засобами, досягти значного підвищення рівня пасажирського обслуговування не-

можливо. Такі транспортні засоби мають відповідати сучасним нормам безпеки та екології, мати ефективні системи вентиляції, обігріву та кондиціонування пасажирських салонів, з метою забезпечення максимального комфорту перевезення. У салонах такого транспорту пріоритет має надаватися місцям, передбаченим для проїзду стоячи з метою збільшення пасажиромісткості, а також створення умов для зручності проїзду людей з обмеженими можливостями.

Будь-які вдосконалення, спрямовані на підвищення рівня пасажирського обслуговування, можуть дискредитуватися недотриманням чіткого розкладу руху. Нововведенням у цьому напрямку є встановлення системи GPS-контролю у маршрутних транспортних засобах. Завдяки цьому пасажир отримує можливість слідкувати за місцезнаходженням рухомого складу на конкретному маршруті.

Висновки. Отже, розроблення комплексних підходів щодо вивчення чинників містобудування і транспортного планування, розміщення і рухомості населення, організації і безпеки дорожнього руху дасть можливість удосконалити існуючі наукові методи з оптимізації системи пасажирського обслуговування сучасних міст та інших урбанізованих просторів, а також покращити рівень взаємодії різних видів транспорту у них.

Список літератури: 1. Moughtin, C. Urban design: street and square [Text] / C. Moughtin. – Oxford : Architectural Press, 2003. – 320 p. 2. Transport planning and traffic engineering [Text] / Edited by C. A. O'Flaherty. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2006. – 544 p. 3. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт», 2011. – 504 с. 4. Босняк, М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення: Навчальний посібник [Текст] / М. Г. Босняк. – К.: ВД «Слово», 2009. – 272 с. 5. Спирин, І. В. Перевозки пасажирів городским транспортом [Текст] / І. В. Спирин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 413 с. 6. Санько, Я. В. Щодо оптимізації витрат на переміщення пасажирів та вантажів [Текст] / Я. В. Санько, Ю. Я. Ройко // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – 2012. – Вип. 746. – С. 161 – 164. 7. Меркулов, Е. А. Проектирование дорог и сетей пассажирского транспорта в городах [Текст] / Е. А. Меркулов, Э. Я. Турчихин, Е. Н. Дубровин. – М.: Стройиздат, 1980. – 496 с. 8. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высшая шк., 1980. – 535 с. 9. Фишельсон, М. С. Транспортная планировка городов [Текст] / М. С. Фишельсон. – М.: Высшая школа, 1985. – 239 с. 10. Marshall, S. Streets and patterns: The structure of urban geometry [Text] / S. Marshall. – New York : Spon Press, 2005. – 318 p.

Bibliography (transliterated): 1. Moughtin, C. (2003). Urban design: street and square. Oxford: Architectural Press, 320. 2. Transport planning and traffic engineering (2006). Edited by C. A. O'Flaherty. Oxford : Butterworth-Heinemann, 544. 3. Dolya, V. K. (2011). Pasazhirski perevezennya. Kharkov: «Vidavnicтво «Fort», 504. 4. Bosnyak, M. G. (2009). Pasazhirski avtomobilni perevezennya: Navchalnij posibnik. Kiev: VD «Slovo», 272. 5. Spirin, I. V. (2006). Perevozki passazhiriv gorodskim transportom. Moscow: IКC «Akademknigа», 413. 6. Sanko, Ya. V., Rojko, Yu. Ya. (2012). Shhodo optimizacii vitrat na peremishhennya pasazhiriv ta vantazhiv. Visnik Nacionalnogo universitetu «Lvivska politexnika», 746, 161 – 164. 7. Merkulov, E. A., Turchixin, E. Ya., Dubrovina, E. N. (1980). Proektirovanie dorog i setej passazhirskogo transporta v gorodax. Moscow: Strojizdat, 496. 8. Efremov, I. S., Kobozev, V. M., Yudin, V. A. (1980). Teoriya gorodskix passazhirskix perevozk. Moscow: Vysshaya shk., 535. 9. Fishelson, M. S. (1985). Transportnaya planirovka gorodov. Moscow: Vysshaya shkola, 239. 10. Marshall, S. (2005). Streets and patterns: The structure of urban geometry. New York : Spon Press, 318.

Надійшла (received) 29.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Рогальський Роман Богданович - старший викладач, Національний університет «Львівська політехніка», кафедра транспортних технологій; тел.: +38 (032) 258-26-59, e-mail: robora@ukr.net.

Рогальский Роман Богданович - старший преподаватель, Национальный университет «Львовская политехника», кафедра транспортных технологий; тел.: +38 (032) 258-26-59, e-mail: robora@ukr.net.

Rogalskiy Roman - senior lecturer, Lviv Polytechnic National University, department of transport technology; tel.: +38 (032) 258-26-59, e-mail: robora@ukr.net.

УДК 004.353.001.14:656.132.4.025.2

Ю. О. БОЙКО

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБЛІКУ ПАСАЖИРІВ НА МІСЬКИХ МАРШУТАХ

Проаналізовано та досліджено весь перелік сучасних засобів підрахунку пасажирів, їх основні недоліки, переваги та похибки при підрахунку. Вибрано і запропоновано для впровадження найбільш оптимальну автоматизовану систему відеоспостереження для обліку пасажирів на базі IP-камер при здійсненні міських перевезень на маршрутах міста Кременчука. Отримано практичну доцільність і високу точність підрахунку майже 95 % для впровадження на автотранспортному підприємстві.

Ключові слова: пасажиропотік, пасажиробіг, клікери, валідатор, інфрачервоне випромінювання, IP-камери, впровадження.

Вступ. Обстеження пасажиропотоків є одним з найбільш трудомістких заходів при розробці нових і вдосконаленні існуючих маршрутних схем міст та регіонів. Застосування «ручних» методів вивчення пасажиропотоків, з ряду об'єктивних причин не дозволяє отримати якісний результат. Для організації ефективного транспортного обслуговування пасажирів, необхідно систематично одержувати інформацію про пасажиропотоки. Залежно від переважних цілей одержання інформації обстеження пасажиропотоків ділиться на два класи. До першого – відноситься обстеження, спрямовані на виявлення транспортних потреб населення. До другого – обстеження пов'язані з удосконалюванням діючої системи транспортного обслуговування.

Обстеження транспортних потреб дають відомості про закономірності формування попиту на пасажирські перевезення і подають інформацію про рівень задоволення попиту населення на поїздки при існуючій системі транспортного обслуговування. Ці обстеження відповідно до цільового призначення діляться на: обстеження пересувань, поїздок, пасажиропотоків і наповнень рухомого складу. Основними недоліками є: неможливість залучення для обстежень великої кількості обліковців; значні витрати на оплату праці обліковців та осіб, які здійснюють оцифровку отриманих даних. Саме тому доцільно розглянути можливості використання сучасних технічних засобів, що дозволяють спростити процедури обстежень пасажирських потоків.

Найпоширенішими методами обстеження пасажиропотоків є: звітно-статистичний, табличний, лічильно-табличний, анкетний, талонний, окомірний і методи автоматизованого обстеження пасажиропотоків.

Метою роботи є впровадження автоматизованих систем відеоспостереження для обліку пасажирів на базі IP-камер при здійсненні міських перевезень на маршрутах м. Кременчука.

Методика експериментів. На конкретному підприємстві було проведено впровадження системи відеоспостереження для обліку пасажирів на базі IP-камер, принцип дії яких заснований на розпізнаванні і фіксації образів. До розпізнавання образів

належить: (розпізнавання фігури людини (за формою і кольором одягу), системи розпізнавання обличчя людини і системи вертикального розпізнавання профілю людини. За результатами експериментів отримано широкий спектр можливостей: розрахунку тарифів і редагування розкладу руху автобусів, розрахунку кількості пасажирів, які вийшли або зайшли на зупинках маршрутів в режимі онлайн і т. д.

Обговорення результатів дослідження. В даний час в ринку інформаційних технологій пропонуються близько 20 різних систем обліку пасажирських потоків вітчизняного і зарубіжного виробництва. За принципом дії їх поділяють на контактні та безконтактні.

Розглянемо деякі найбільш розповсюджені із запропонованих на ринку, засоби обліку пасажирських потоків та їх функціональні можливості.

1. Ручні лічильники (клікери) бувають з механічним приводом і електронні. Їх принцип дії заснований на фіксації чисел шляхом натискання пальцем на клавішу лічильника (діапазон показань від 1 до 9999) [1, 2]. За кордоном клікери поширені при обліку кількості перевезених пасажирів. При роботі обліковець має в кожній руці по одному засобу. Одним клікером він враховує пасажирів, які заходять а іншим – що виходять. Цей метод доцільно використовувати для обліку кількості пасажирів, які проїхали за 1 рейс або протягом дня роботи транспорту. Можливо також враховувати, кількість пасажирів, що входять і виходять постановочно, однак у цьому випадку реєстрацію результатів слід здійснювати на заздалегідь підготовлених бланках обліку. В останньому випадку клікери використовуються як елемент табличного методу підрахунку числа пасажирів, зниження психологічного навантаження обліковця і зменшення впливу особливостей його пам'яті на результати обстежень (можливе залучення в якості обліковців людей з низьким рівнем). Похибка результатів обстежень залежить, в основному, від людського фактора і може становити 3–30 %.

2. Контактний датчик типу «Сходінка» був роз-

© Ю. О. Бойко. 2015

роблений і відомий транспортникам близько 40 років тому. В даний час його виробляють в Україні [2]. Переважне поширення ці датчики отримали на автобусах ПАЗ, «Богдан», «Газель» і т. п.

Принцип обліку пасажирів, заснований на замиканні контактів пластини, яку під гумовим настилом на першій ступені автобуса. Датчик може підключатися як локальної бортової системи, так і використовуватися в комплекті з бортовим терміналом GPS/GLONASS моніторингу.

Датчик «Сходінка» призначається для підрахунку пасажирів, які входять або виходять в один ряд, при цьому датчик повинен розташовуватися так, щоб пасажир не мав можливості на ньому стояти. Тобто він застосовується на автобусах з вузькими дверима і короткими сходами, що характерно для автобусів приміського та міжміського сполучення, а також троллейбусів старого зразка. Облік пасажирів можливий при розташуванні двох датчиків на сходах при наявності програмного забезпечення, яке дозволяє ідентифікувати послідовність замикання контактів на обох датчиках. Для виключення помилкових спрацьовувань аналіз натискань проводиться тільки при відкритих дверях. Похибка пристрою розробники визначають виходячи з особливостей добового завантаження транспортного засобу. Похибка обліку пасажиропотоку залежно від умов установки становить до 7 %, при односторонньому русі пасажирів у відповідні двері: тільки на вхід або тільки на вихід.

3. Датчики-вимірювачі маси забезпечують отримання інформації про наявність пасажира або повною масою транспортного засобу (тара та пасажирів). Датчик визначення наявності пасажира призначений для використання, наприклад, у легкових таксі. В деяких випадках рекомендується його застосування на маршрутних транспортних засобах. В деяких випадках рекомендується його застосування на маршрутних транспортних засобах. Датчик встановлюється під обшивкою сидіння. Принцип його дії заснований на замиканні контактів, коли пасажир знаходиться на сидінні. Датчик може підключатися як до локальної бортової системи, так і використовуватися в комплекті з бортовим терміналом GPS/GLONASS моніторингу [3]. Розглянуті датчики доцільно застосовувати тільки на транспортних засобах, в яких перевезення пасажирів здійснюється сидячи. До таких маршрутних транспортних засобам відносяться тільки автобуси особливо малої пасажиромісткості. Практично похибка таких датчиків не більше 30 %. Причини високої похибки полягають у наступному. В автобусах особливо малої пасажиромісткості пасажирів часто перевозяться не тільки сидячи, але стоячи; при передачі водієві грошей за проїзд деякі пасажирів підводяться або йдуть до водія; у разі наявності вільних місць у салоні деякі пасажирів кладуть ручну поклажу на сидіння; деякі пасажирів сідають на сидіння і встають з нього не в зоні зупиночного пункту, на якому вони здійснили посадку або виходять (затримки відбуваються через необхідність оплати проїзду, труднощі проходу до місця для сидіння, завчасній «підготовці» до виходу з автобуса тощо).

Датчик для визначення загальної маси транспортного засобу (такі датчики часто іменують ваговими,

що не цілком точно) звичайно заснований на використанні тензOMETричного методу та дозволяє визначати число пасажирів в салоні транспортного засобу розрахунковим способом.

Принцип його роботи полягає у фіксуванні загальної ваги транспортного засобу. Перед початком роботи здійснюється тарування приладу без наявності пасажирів в салоні автобуса (визначається маса порожнього транспортного засобу). Середня розрахункова маса тіла одного пасажира приймається 70 кг. На основі цих даних і свідчень від датчиків розраховується кількість пасажирів у салоні. Датчиками забезпечують підвіску кожного з коліс транспортного засобу. Підключаються вони як до локальних, так і до мережевих рахунковим пристроїв [4, 5].

Масового поширення на пасажирському автомобільному транспорті ці датчики не отримали. Оскільки пасажиропотік вони визначають за непрямими показниками, похибка досягає від 20 % до 50 %, при цьому визначити величину вхідних і виходять пасажирів вони не в змозі.

4. Валідатор – пристрій для контролю та обліку проїзних документів, виконаних на електронних носіях. На пасажирському транспорті в даний час поширені різні системи з використанням магнітних карт і RFID-технологій [6]. Останні відносяться до безконтактних засобів оплати проїзду, але працюють на малих відстанях (до 50 мм), для зчитування та запису інформації на проїзному документі. Тому подібні магнітні та електронні проїзні документи та апаратуру для їх обробки ми умовно віднесли до контактних технічних засобів.

Число пасажирів визначається шляхом підрахунку кількості активацій їх проїзних документів. Контроль проїзного документа здійснюється з використанням стаціонарного або переносного пристрою, що зчитує – валідатора [6-8].

Ручні валідатори накопичують отриману інформацію у власному блоку пам'яті, стаціонарні, як правило, підключаються через мережеві шлюзи GPRS від внутрішніх терміналів до основного сервера системи. Така технологія прийнята з урахуванням відсутності тарифних зон на міських маршрутах, що не вимагає повторної перевірки проїзного документа при виході пасажира транспортного засобу. Крім того, такі термінали повинні використовуватися на всіх транспортних засобах міста при єдиній системі оплати проїзду.

5. Безконтактні датчики засновані на використанні методів визначення наявності пасажирів, які не потребують безпосереднього контакту з тілом людини. Сигналом наявності пасажира служить переривання або відображення різного роду променів, що спрямовуються на місце передбачуваного наявності людини. Інфрачервоні датчики зустрічаються різних типів: променевої, пасивний, активний двопроменивий, активний багатопроменевої, 3D. Принцип роботи заснований на підрахунку переривань потоку інфрачервоного випромінювання при перетині променя пасажиром, що входить у транспортний засіб або виходять з нього (проводиться облік проходять пасажирів). Підрахунок пасажирів і запам'ятовування даних ведеться по інтервалах часу. При цьому в пам'ять лічильника записується сумарна кількість пасажирів за

встановлений інтервал із зазначенням дати та часу. [9, 10]. Похибка обліку вхідних і вихідних пасажирів за рейс не більше 10 %.

6. Активний двохпроменевий датчик встановлюється в дверному отворі транспортного засобу на стелі в зоні механізму відкривання дверей. Інфрачервоні датчики активного типу працюють за принципом реєстрації відбитого променя. Кожен датчик включає в себе дві пари випромінювачів-приймачів для забезпечення двохнаправленого підрахунку. Два промені, спрямовані на першу та другу сходинку дверного тамбура, дозволяють визначати напрям руху пасажирів виходячи з послідовності перетину променів [1, 6, 7].

Особливістю двохпроменевих інфрачервоних датчиків є можливість обліку вхідних і вихідних пасажирів. Ці датчики встановлюються по одному на кожну одинарні двері та по два на подвійні двері. Двохпроменеві датчики вітчизняного виробництва використовують коротку довжину хвилі (близько 0,5 м), що обґрунтовує похибка до 5 %, при цьому похибка обліку виходять пасажирів в 1,5-2 рази більше, ніж входять пасажирів.

7. 3D (стерео) датчик заснований на технології активного інфрачервоного випромінювання в тривимірному форматі (тепловізор), що дозволяє найбільш точно ідентифікувати навіть пасажирів з наступним розпізнаванням інформації [10]. До переваг датчика слід віднести його високу точність роботи – похибка не більше 3-5 % (за умов належного налаштування), а до недоліків – значно велику ціну. Після проведеного аналізу автоматизованих систем обліку пасажирів, було прийняте рішення про впровадження системи відеоспостереження для обліку пасажирів на маршрутах міста Кременчука, яка має незначну похибку у 5 % і точність даних майже 95 % – це система, яка основана на розпізнаванні образів під час виходу-входу пасажирів за допомогою IP-камер, що встановлюються зверху над дверми автобуса. Розпізнавання образів – це горизонтальні системи розпізнавання фігури людини (за формою і кольором одягу), системи розпізнавання обличчя людини і системи вертикального розпізнавання профілю людини.

Система має високу швидкість передачі даних через 3G-інтернет, забезпечує повний моніторинг об-

становки у автобусі і може бути підключена і до диспетчерського пульта підприємства, де в режимі онлайн можна проводити оперативні дії. Системи відеоспостереження для обліку пасажирів складається із такого обладнання, яке показано на рис. 1.

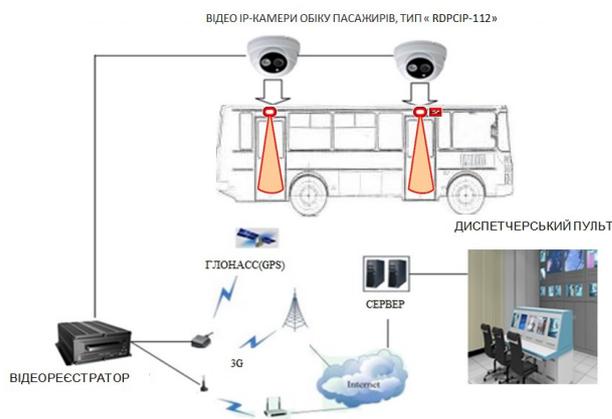


Рис. 1 – Структура система відеоспостереження для обліку пасажирів

1) цифровий відеореєстратор на 8 каналів, із вбудованою пам'яттю на 320 Гб. Він підключений до бортової системи енергозабезпечення в 24 В. Для коректної роботи система використовує постійне живлення від акумулятора авто генератора при включеній системі запалення. Відеореєстратор через 3G модем в режимі онлайн передає інформацію на диспетчерський пульт;

2) відео IP-камери обліку пасажирів підключені на пряму до відео реєстратора. Для підключення живлення використовується двохжильний провід, для підключення відеосигналу коаксіальний кабель. Щоб збільшити точність підрахунку, відео IP-камери активуються лише при відкритті дверей. Після закриття дверей відео IP-камери деактивуються, що дозволяє уникнути помилкових спрацьовувань. Після закінчення зупинки відеореєстратор опитує відео IP-камери і зберігає інформацію на жорсткому диску. Принцип роботи IP-камер показано на рис. 2, а, б.



Рис. 2 – Принцип дії системи відеоспостереження для обліку пасажирів: а – розпізнавання образів.; б – зона дії

Основні можливості системи відеоспостереження для обліку пасажирів: моніторинг рухомого складу

в режимі онлайн; розрахунок тарифів і редагування розкладу руху; розрахунок кількості пасажирів, які

вийшли або зайшли на зупинках маршруту в режимі онлайн і офлайн.

Середня тривалість впровадження системи на маршрут до 1 місяця. Після впровадження даної системи точність розрахунків пасажиропотоку збільшується на 20 %.

Висновки. Проведений аналіз показав, що в даний час різними виробниками пропонуються різні прилади для моніторингу пасажирських потоків. Практична доцільність застосування тих чи інших систем залежить від фінансових можливостей суб'єкта моніторингу, числа транспортних засобів та їх конструкції, потреби в деталізації результатів моніторингу (за зупинку, рейс, добу тощо) та їх необхідної точності. Найбільш оптимальними виявились системи відеоспостереження для обліку пасажирів на базі IP-камер, які забезпечують високу достовірність даних, не вимагають оцифровки і навіть обробки. Застосовуються для проведення обстежень пасажирських потоків на транспортних засобах малої, середньої та великої місткості, забезпечують відносно високу достовірність результатів дослідження (похибка до 5 %, в пікові періоди – до 8 %), високий ступінь деталізації результатів, надходження інформації в режимі поточного часу. В даний час програмне забезпечення знаходиться в

завершальній стадії апробації і має позитивні результати проведених випробувань.

Список літератури: 1. *Спирин, И. В.* Современные информационные технологии обследования пассажиропотоков на городских и пригородных маршрутах / *И. В. Спирин* // Научный вестник автомобильного транспорта. – М. : Изд-во «Май», 2013. – № 2. – С. 41-47. 2. Режим доступа: <http://autotuninggroup.ru/category/datchiki-nalichija-passazhira/>. 3. Режим доступа: <http://www.soyuzinform.ru/equipment/validator/>. 4. Режим доступа: http://www.kbret.ru/index.php?option=com_sobi2&catid=11&Itemid. 5. Режим доступа: <http://avtograf-rostov.ru/catalog>. 6. Режим доступа: <http://www.transnavi.ru/projects/asmp/about/podr1.php>. 7. Режим доступа: <http://www.shtrih-m.ru>. 8. Режим доступа: <http://www.asv-shop.ru/>. 9. Режим доступа: <http://www.videoreg.ru/predpr.shtml>. 10. Режим доступа: <http://www.videotrans.ru/>.

Bibliography (transliterated): 1. 1. *Spirin, I. V.* (2013). Sovremennyye informatsionnyye tehnologii obsledovaniya passazhiropotokov na gorodskiyh i prigorodnyih marshrutah. Nauchnyy vestnik avtomobilnogo transporta. Moscow: Izd-vo «May», 2, 41-47. 2. Available at: <http://autotuninggroup.ru/category/datchiki-nalichija-passazhira/>. 3. Available at: <http://www.soyuzinform.ru/equipment/validator/>. 4. Available at: http://www.kbret.ru/index.php?option=com_sobi2&catid=11&Itemid. 5. Available at: <http://avtograf-rostov.ru/catalog>. 6. Available at: <http://www.transnavi.ru/projects/asmp/about/podr1.php>. 7. Available at: <http://www.shtrih-m.ru>. 8. Available at: <http://www.asv-shop.ru/>. 9. Available at: <http://www.videoreg.ru/predpr.shtml>. 10. Available at: <http://www.videotrans.ru/>.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бойко Юрій Олександрович – доцент, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, кафедра Транспортних технологій; тел.: 096-728-92-76; e-mail: bojko.ura@mail.ru.

Бойко Юрий Александрович – доцент, Кременчугский национальный университет им. Михаила Остроградского, кафедра Транспортных технологий; тел.: 096-728-92-76; e-mail: bojko.ura@mail.ru.

Bojko Yriy – associate, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, scientific Transport technology, tel.: 096-728-92-76; e-mail: bojko.ura@mail.ru.

УДК 681-2-5

О. В. ПОЛЯРУС, О. А. КОВАЛЬ, А. О. КОВАЛЬ

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ШУМІВ ТА ONLINE ДІАГНОСТИКИ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ТЕХНОГЕННО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Методи шумів та online діагностики пропонуються використовувати для оцінки метрологічних характеристик датчиків при бездемонтажному контролі на техногенно небезпечних об'єктах. Експрес-аналіз цих характеристик з урахуванням їх змінювання з часом ґрунтується на єдиній для всіх об'єктів базі знань опорних динамічних характеристик по кожному типу датчика, яка періодично поповнюється.

Ключові слова: метод шумів, online діагностика, модель датчика, експертна база знань, метрологічне забезпечення.

Вступ. В процесі експлуатації вимірювальних систем на техногенно-небезпечних об'єктах важливо знати плинні метрологічні характеристики датчиків тиску та температури, які використовуються в системах технічної діагностики і автоматичного управління технологічними процесами. Одним із перспективних напрямів постійного бездемонтажного контролю елементів об'єктових вимірювальних систем є online діагностика. Основою online діагностики є постійний збір вимірювальної інформації, її метрологічний аналіз та прийняття рішень щодо змісту метрологічного забезпечення експлуатації об'єктових вимірювальних систем з врахуванням їх фактичного стану. Експрес-аналіз плинних метрологічних характеристик датчиків вимірювальних систем ґрунтується на єдиній для

всіх техногенно небезпечних об'єктів базі знань опорних динамічних характеристик по кожному типу датчика. Експертна база знань поповнюється та оновлюється як за рахунок метрологічних випробувань датчиків і математичного моделювання їх динамічних характеристик, так і за результатами online контролю метрологічних характеристик датчиків. Такий підхід дозволяє враховувати "старіння" датчиків в процесі їх експлуатації. Від повноти наповнення та достовірності змісту єдиної експертної бази знань залежить ефективність прийнятих рішень на метрологічне забезпечення об'єктових вимірювальних систем. Тому для забезпечення мінімуму ризику при прийнятті таких рішень з врахуванням фактичного стану об'єктових вимірювальних систем і їх елементів необхідно мати як

© Полярус О. В., Коваль О. А., Коваль А. О. 2015

можна повну і достовірну інформацію про їх технічний стан та метрологічну надійність. Поряд з цим слід відмітити що сьогодні не існує єдиного підходу до побудови автоматизованої системи оцінки стану метрологічного забезпечення на всіх техногенно небезпечних об'єктах країни та прийняття рішення щодо його покращення в умовах обмеженого ресурсу, яка б працювала в масштабі часу близькому до реального.

Аналіз останніх публікацій та постановка завдання. Аналіз останніх публікацій показав наступне. В роботі П. Ф. Щапова та ін. [1] розглянуті питання використання статистичних інформаційних технологій обробки априорі нестационарних вимірювальних сигналів, що дозволяє контролювати метрологічні характеристики термоперетворювачів. Наведена схемна реалізація приладу бездемонтажного контролю метрологічних характеристик термоперетворювачів та принцип його роботи. Даний прилад вбудовується в датчик. Такий підхід не дозволяє прогнозувати та оцінювати метрологічну надійність та динамічні характеристики (ДХ) однотипних датчиків як всередині одного техногенно небезпечного об'єкту, так і на однакових точках вимірювання на різних техногенно небезпечних об'єктах.

В роботах С. І. Кондрашова та ін. [2, 3] розроблено спосіб формування тестового сигналу для контролю динамічних характеристик вимірювальних каналів. Але даний спосіб може бути реалізований лише на випробувальних стендах.

У 2008 році Х. М. Хашеміан [5] для діагностування справності вимірювальних інформаційних систем та систем управління технологічними процесами техногенно небезпечних об'єктів запропонував використовувати метод online діагностики. За результатами аналізу online діагностики для кожного датчика розробляються рекомендації щодо доцільності перевірки датчика та дається прогноз його метрологічної надійності. Але це робиться тільки для одного техногенно небезпечного об'єкту. Аналіз метрологічної надійності однотипних датчиків в різних точках вимірів як стосовно одного, так різних об'єктів не проводиться. Слід також відмітити, що аналіз та обробка інформації проводиться протягом місяця [5].

Отже, розглянуті методи бездемонтажного контролю та застосування online діагностики не дозволяють оцінити стан метрологічного забезпечення в цілому на одному та на всіх техногенно небезпечних об'єктах країни, або галузі, та прийняти рішення щодо його покращення.

На основі аналізу результатів експериментальних досліджень використання методу шумів та online діагностики обґрунтувати структуру експертної бази знань для системи прийняття рішень на метрологічне забезпечення техногенно небезпечних об'єктів.

Метою досліджень є обґрунтування використання методу шумів та online діагностики в метрологічних експертних базах знань.

Визначення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах. Основним завданням системи метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах є забезпечення заданої точності та єдності вимірювань і видача достовірної вимірювальної інформації для систем автоматичного

управління та технічної діагностики. Особливістю організації метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах є жорстка її регламентація згідно нормативних та експлуатаційних документів як на окремому об'єкті так і в галузі в цілому. Одна вимірювальна система може мати у своєму складі біля тисячі різноманітних датчиків. Всі вони працюють в досить жорстких умовах. Перевірка та калібрування датчиків, технічне обслуговування елементів вимірювальних систем проводиться згідно з затвердженим регламентом та мережевими графіками. Оцінка якості проведених робіт здійснюється тільки за статистичними даними після ремонту або технічного обслуговування системи. Комплексних показників оцінки якості системи поточного метрологічного забезпечення експлуатації всієї вимірювальної системи (вимірювальна лінія, вимірювальний блок, датчики, система живлення та збору і передачі вимірювальної інформації) на сьогодні немає.

Вимірювальні системи таких об'єктів працюють цілодобово з документуванням вимірювальної інформації на об'єкті. Аналіз показав, що в більшості випадків найбільш критичними вимірюваними величинами, які суттєво впливають на технологічний процес є температура та тиск. Виходячи з цього авторами на протязі п'яти років були детально досліджені метрологічні характеристики датчиків тиску і температури в статичному та динамічному режимі як в лабораторних умовах лінійним методом, так і на техногенно небезпечних об'єктах в процесі їх експлуатації з використанням методів бездемонтажного контролю, шумів та online діагностики [6]. Було встановлено, що в процесі експлуатації в результаті дії деградаційних процесів змінюються як похибки вимірювань так і динамічні характеристики датчиків.

Результати експериментальних досліджень датчиків температури [6] свідчать про те, що чим довше датчик знаходиться в експлуатації, тим значніше проявляються випадкові спотворення переднього фронту його ПХ. Певної закономірності не було виявлено. Поряд з цим оцінювалась лінійність функції перетворення датчиків температури за результатами їх калібрування. Так у всіх датчиків незалежно від терміну їх експлуатації функція перетворення на робочій ділянці ($150 \dots 350$ °C) має лінійний характер. Слід відзначити, що за рахунок "старіння" датчиків їх функція перетворення зміщується вниз. На початку та в кінці динамічного діапазону ці відхилення найбільші, але цілком піддаються коректуванню. Таким чином, можна зробити висновок, що "старіння" датчиків майже не впливає на їх лінійність.

Для більш повного аналізу динамічних характеристик датчиків оцінювались також час затримки t_3 і постійна часу τ_δ датчика та тривалість переднього фронту τ_ϕ перехідної функції $H(t)$ на рівнях 0.1 та 0.9. Так сумарний час затримки $t_3 = 86$ мс. При $t_3 = t_{cy} + t_{K1} + t_\delta$ (де $t_{cy} = 10$ нс - час затримки системи управління; $t_{K1} = 2$ мс - час затримки виконавчого механізму К1) середній час затримки датчика становив $t_\delta = 84$ мс. Постійні часу τ_δ та τ_ϕ визначались

згідно з методикою, що запропонована в [5]. Так постійні часу τ_θ та τ_ϕ для датчиків з термінами експлуатації 1, 5 та 10 років відповідно становили $\tau_{\theta 1} = 290$ мс, $\tau_{\phi 1} = 350$ мс, $\tau_{\theta 2} = 420$ мс, $\tau_{\phi 2} = 500$ мс, $\tau_{\theta 3} = 535$ мс, $\tau_{\phi 3} = 522$ мс.

Постійна часу датчика τ_θ має властивість змінюватись при експлуатації і потребує постійного контролю по кожному типу датчика для кожного місця установки. Вона є складовою постійної часу системи автоматичного управління (САУ), елементами якої є датчики. Але наскільки критична зміна τ_θ за рахунок "старіння" датчика на τ_{CAV} і чи потрібно її оцінювати та враховувати в подальшому?

Для відповіді на це питання проведемо наступний мініаналіз. Постійна часу замкнутої системи управління τ_{CAV} визначається як:

$$\tau_{CAV} = \tau + \tau_{CV} + \tau_{BM}, \quad (1)$$

де τ - постійна часу датчика; τ_{CV} - сумарна постійна часу елементів системи управління; τ_{BM} - сумарна постійна часу виконавчих механізмів системи управління. Вивчення об'єктових САУ показало, що згідно з технічними умовами постійна часу САУ повинна бути не більше $\tau_{CAV} \leq 700$ мс, а $\tau_{CV} \approx 1$ мс і $\tau_{BM} \approx 300$ мс. Враховуючи ці вимоги з виразу (1) отримуємо, що $\tau_\theta \leq 400$ мс. Тобто 400 мс є пороговим (максимально допустимим) для досліджуваних датчиків температури. Але експериментальні дослідження показали що в результаті "старіння" постійні часу датчиків температури з термінами експлуатації 1, 5 та 10 років відповідно становили $\tau_{\theta 1} = 290$ мс, $\tau_{\theta 2} = 420$ мс, $\tau_{\theta 3} = 535$ мс. Тобто вже через п'ять років безперервної експлуатації датчик втрачає свою швидкодію і його постійна часу не відповідає встановленим вимогам. Кількість датчиків тиску і температури з термінами експлуатації від чотирьох до шести років на техногенно небезпечних об'єктах становить близько 60%. Таким чином контролювати постійні часу датчиків тиску та температури та їх дрейф на техногенно небезпечних об'єктах необхідно.

При бездемонтажному контролі для оцінки постійних часу датчиків пропонується використовувати метод шумів та online діагностику. Будемо розглядати використання методу шумів при віддалених (online) з використанням локальної мережі або мережі Internet вимірюваннях. Пропонується проводити одночасно паралельно оцінку лінійності системи у складі вимірювальної лінії та вимірювального блоку разом з датчиком і визначення постійної часу датчика за спектром шумів на його виході. В якості шуму використовуються шуми вимірюваного технологічного середовища. Лінійність вимірювальної системи оцінюється за результатами асиметрії розподілу ймовірності амплітуди на виході датчика отриманої за статистичною обробкою часової вибірки шуму на виході датчика.

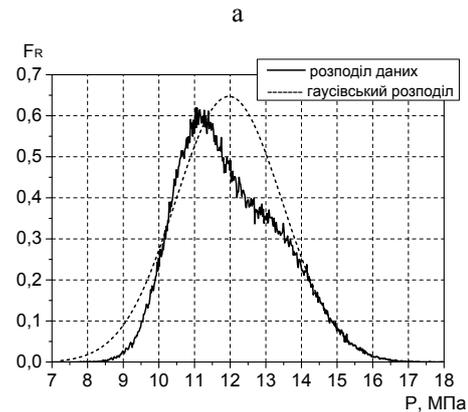
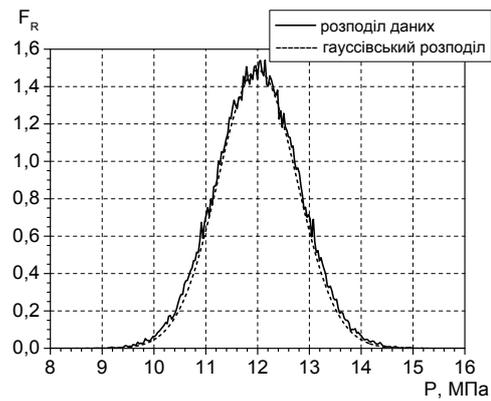


Рис. 1— Розподіл ймовірності амплітуди сигналу шуму від датчика тиску: а - лінійна система; б - нелінійна система

У лінійній вимірювальній системі розподіл ймовірності амплітуди зображений на рис. 1, а симетричний по відношенню до середнього значення даних шуму і точно відповідає розподілу Гаусса (або нормальному розподілу, дзвоноподібної кривої), яке нанесено на графік розподілу ймовірності амплітуди. Асиметрія розподілу ймовірності амплітуди (рис. 1, б) свідчить про наявність аномалій в зібраних даних, включаючи нелінійність випробуваного датчика, застосування вимірювальної лінії або наявності в ній повітря, поганим станом з'єднувальних кабелів (поганий контакт, погіршення ізоляції, збільшення опору заземлення і т. д.). Крім визначення функції розподілу ймовірності амплітуди, для класифікації даних обчислюють і вивчають такі параметри, як середнє значення, дисперсія, асиметрія і згладженість для кожної частини вихідного масиву даних, щоб переконатися, що там відсутні насичення, вплив зовнішніх факторів, відсутні не бажані аномалії. За результатами оцінки застосовності вихідних даних датчика приймається рішення про лінійність датчика. Таким чином використання методу шумів, дозволяє оцінити лінійність датчиків і виключити з подальшого аналізу будь-яку частину масиву даних, в якій виявлена аномалія.

В основу методики оцінки постійної часу датчика тиску при online діагностиці покладено метод аналізу шумів та спектральний метод, в блоці обробки, який реалізований в комплексі алгоритмів програмного середовища LabView. Обробка проводилась в чотирьох етапах:

- згладжування ковзаючим вікном розмірність в 30 дискретних вимірів;
- реалізація 1024 точечного перетворення Фур'є;
- знаходження середнього значення вершини спектру $P_{сер}$;
- знаходження власної частоти датчика тиску f_0 за результатами порогової обробки $P \leq P_{сер} - 3\text{дБ}$ та розрахунок постійної часу датчика - $\tau_0 = 1/f_0$ (рис. 2).

В процесі досліджень було встановлено, що результати отримані методом шуму і прямим методом майже співпадають [7]. Результати досліджень проведених протягом трьох років свідчать про те що метод шумів може з успіхом використовуватись при прогнозуванні метрологічної надійності як однотипних датчиків одного виробника так і різних виробників. А також досліджувати вплив "старіння" датчиків тиску на їх постійну часу безперервно без їх демонтажу.

Даний підхід з використанням online діагностики та методу шумів для

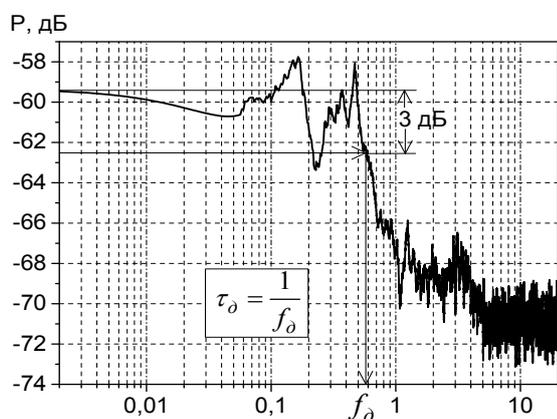
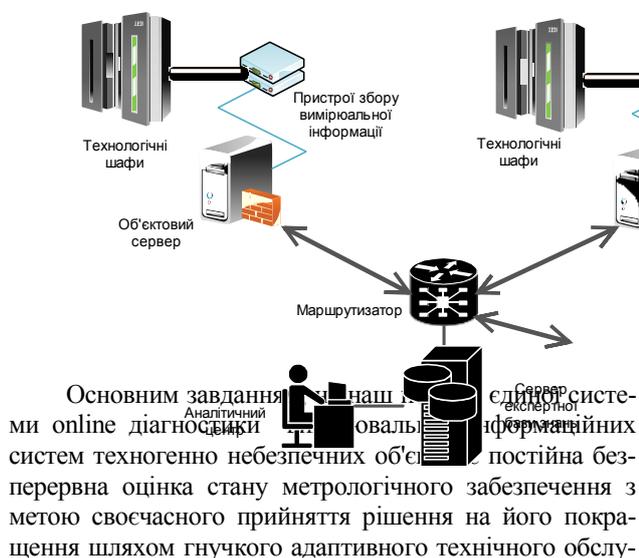


Рис. 2 – До визначення постійної часу датчика тиску методом шуму

визначення постійної часу датчика при бездемонтажному контролі пропонується покласти в основу побудови та функціонування системи online діагностики об'єктових вимірювальних інформаційних систем яка приведена на рис. 3.



говування агрегатів та вузлів вимірювальних систем, своєчасним перерозподілом запасних комплектуючих та датчиків в умовах обмеженого ресурсу.

Вимірювальна інформація з технологічних шкафів збирається пристроями збору вимірювальної інформації і передається на об'єктовий сервер на кожному техногенно небезпечному об'єкті (рис. 3). На об'єктовому сервері можуть бути реалізовані: алгоритми попередньої обробки вимірювальної інформації, алгоритми визначення законів розподілу шумів на виході датчиків, алгоритми визначення постійних часу датчиків методом шумів, алгоритми визначення трендів похибок вимірювань та постійних часу датчиків. Склад програмно-алгоритмічного забезпечення визначається насамперед ступінем небезпечності самого техногенно небезпечного об'єкта. Від об'єктових серверів вимірювальна інформація з заданим темпом обміну в зашифрованому виді через вхідний маршрутизатор передається на єдиний центр контролю метрологічного забезпечення галузі. В аналітичному центрі (відділі) центру контролю метрологічного забезпечення експерти постійно контролюють основні плинні метрологічні характеристики об'єктових вимірювальних систем. Робота всієї системи здійснюється в автоматичному режимі.

Серцевиною такої системи є експертна база знань структура якої приведена на рис. 4. Експертна база знань виконує наступні завдання: ідентифікація та класифікація вхідної інформації відповідно за техногенно небезпечними об'єктами та типами і видами датчиків; об'єднання інформації для однотипних датчиків від різних об'єктів (або точок вимірювань всередині одного об'єкту); визначення постійних часу датчиків методом шумів та статистичне оцінювання часових масивів вимірних даних і перевірка лінійності датчиків, (при відсутності такої обробки на об'єктовому сервері); визначення трендів метрологічних характеристик датчиків; накопичення та архівація плинних метрологічних характеристик по кожному датчику для кожного техногенно небезпечного об'єкта.

Отримані в результаті online діагностики та вимірювань з використанням методу шумів постійні часу датчиків, їх тренд та тренд похибок вимірювань поступають в базу знань метрологічних характеристик датчиків. В цій же базі знань зберігаються динамічні характеристики датчиків отримані в результаті експериментальних випробовувань нових датчиків. Плинні вимірні метрологічні характеристики постійно порівнюються з опорними в базі знань метрологічних характеристик. При перевищенні заданого порогового рівня (в нашому випадку 400 мс) формується сигнал попередження який через систему управління базою знань і блок статистичного оцінювання та архівації (де він документується) разом із сукупністю інших інформативних параметрів датчиків по яких сформовано попередження таких як: масив типів датчиків \bar{n} , масиви трендів $\Delta \bar{I}$, $\bar{\tau}_0$, інтервали часу вимірів t .

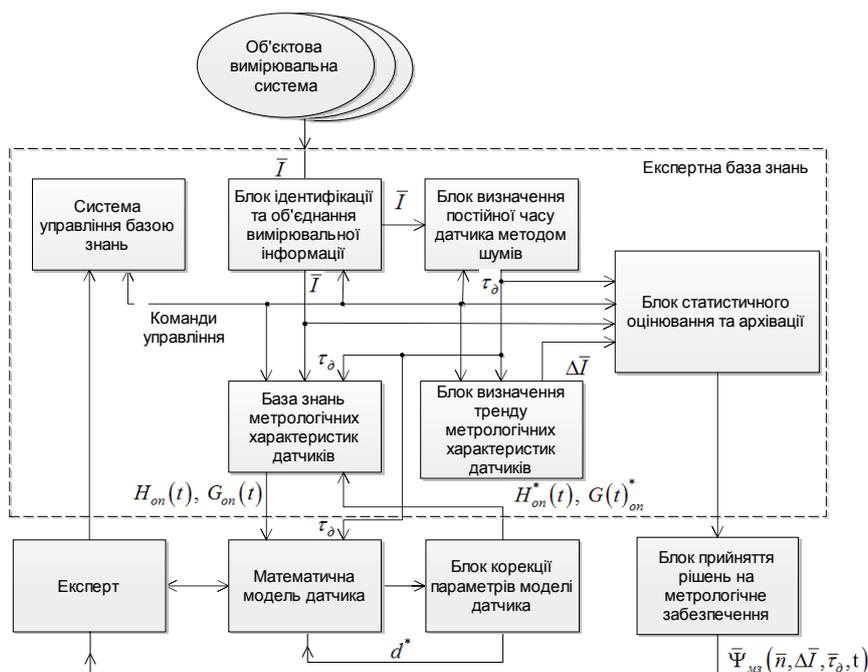


Рис. 4 – Структурна схема експертної бази знань системи online діагностики об'єктових вимірювальних інформаційних систем

При отриманні сигналу попередження експерт в діалоговому режимі в режимі часу близькому до реального може оцінити причину формування попередження – хто винен датчик, вимірювальна лінія чи вимірювальний блок. Оцінювання проводиться з використанням динамічних моделей датчиків побудованих за схемою розв'язання оберненої задачі метрології [8], з використанням методу внутрішнього контролю [8, 9] та нейромережових алгоритмів [10-12]. За результатами оцінювання та за даними системи прийняття рішень експерт приймає рішення і формує рекомендації на покращення метрологічного забезпечення. Це може бути перехід на резервну групу датчиків, позапланове технічне обслуговування, зменшення міжповірного інтервалу, рішення на ремонт системи або вузла, перерозподіл запасних датчиків між об'єктами та ін.

Висновки. Використання методу шумів та online діагностики дозволяє вирішити задачу адаптації змісту технічного забезпечення вимірювальних систем техногенно небезпечних об'єктів до їх технічного і метрологічного стану.

Запропонована єдина система online діагностики об'єктових вимірювальних інформаційних систем може бути використана при розробці національної системи оцінки та прогнозування метрологічного забезпечення техногенно небезпечних об'єктів.

Список літератури: 1. Щанов, П. Ф. Прилад бездемонтажного контролю метрологічних характеристик термперетворювачів [Текст] / П. Ф. Щанов, О. В. Гусельніков, В. В. Мулярів // Методи та прилади контролю якості. НТУ "ХПІ", 2010. - № 25. - С. 20-30. 2. Кондрашов С. І. Спосіб формування тестового сигналу для контролю динамічних характеристик вимірювальних каналів [Текст] / С. І. Кондрашов, К. І. Діденко, В. М. Балєв, Ю. О. Новіков // UA 31487 А Україна, 15 12 2000 р. 3. Кондрашов, С. І. Методи підвищення точності систем тестових випробувань електричних вимірювальних

перетворювачів у робочих режимах [Текст] / С. І. Кондрашов // Харків : НТУ "ХПІ", 2004. - С. 224-4. Александров, А. Г. Адаптивное управление с эталонной моделью при внешних возмущениях. [Текст] / А. Г. Александров // Автоматика и телемеханика, 2004. - №5 - С. 77-91. 5. Хашеміан, Х. М. Техническое обслуживание измерительных устройств на атомных электростанциях. [Текст] / Х. М. Хашеміан. [перев.] В. Б. Фортаков. Москва : Бином, 2012. - С. 350. 6. Коваль, А. О. Вплив "старіння" датчиків температури на їх динамічні характеристики. [Текст] / А. О. Коваль, О. В. Полярус // Системи обробки інформації : збірник наукових праць. Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2015. - №6 (131). - С. 123-126. 7. Коваль, А. О. Метрологічне забезпечення атезації робочих місць за умовами праці. [Текст] / А. О. Коваль // Вестник ХНАДУ, 2012. - № 59. 8. Коваль, А. О. Визначення постійної часу датчика при розв'язанні оберненої задачі вимірювань [Текст] / А. О. Коваль, А. І. Котова, Є. О. Поляков, О. В. Полярус // Метрологія та прилади. Науково-виробничий журнал, 2014. - № 1(45). 9. Коваль, А. О. Використання методу внутрішнього контролю для досліджень перехідних функцій давачів тиску. [Текст] / А. О. Коваль // Український метрологічний журнал, 2015. - № 1. - С. 64-68. 10. Коваль, О. А. Динамічна нейромережева модель первинного перетворювача. [Текст] / О. А. Коваль, О. В. Полярус, А. О. Подорожняк // Вісник Національного технічного університету "ХПІ", 2014. - №35 (1078), - 201 с. 11. Коваль, А. О. Критерій та схема навчання нейромережевої моделі вимірювального датчика. [Текст] / А. О. Коваль // Вісник Національного технічного університету "ХПІ", - 2012. - № 68 (974) - С. 94-100. 12. Коваль, А. О. Лінійна нейромережева динамічна вимірювальна система з послідовним відновленням і фільтрацією вхідного сигналу датчика. [Текст] / А. О. Коваль // Вісник національного технічного університету "ХПІ", 2011. - №53. - С. 84-89.

Bibliography (transliterated): 1. Shhapov, P. F., Gusel'nikov, O. V., Mulyarov, V. V. (2010). Prilad bezdemontazhnogo kontrolyu metrologichnix charakteristik termoperetvoryuvachiv. Metodi ta priladi kontrolyu yakosti. NTU "XPI", 25, 20-30. 2. Kondrashov, S. I., Didenko, K. I., Balev, V. M., Novikov, Yu. O. (2000). Spisob formuvannya testovogo signalu dlya kontrolyu dinamichnix charakteristik vimiryuvalnyx kanaliv. UA 31487 A Ukraina. 3. Kondrashov, S. I. (2004). Metodi pidvishchennya tochnosti sistem testovix viprobuvuvan elektrichnix vimiryuvalnyx peretvoryuvachiv u robochix rezhimakh. Khar'kov: NTU "KhPI", 224. 4. Aleksandrov, A. G. (2004). Adaptivnoe upravlenie s etalonoj modelju pri vneshnix vozmushheniyah. Avtomatika i telemexanika, 5, 77-91. 5. Xashemian, X. M. (2012). Texnicheskoe obsluzhivanie izmeritelnyx ustrojstv na atomnyx

elektrostanicyah. V. B. Fortakov. Moskva : Binom, 350. **6.** Koval, A. O., Polyarus, O. V.. (2015). Vpliv "starinnya" datchikiv temperaturi na їх dinamichni charakteristiki. Kharkiv : Sistemi obrobki informacii : zbirnik naukovix prac. Kharkivskij universitet Povitrynix Sil imeni Ivana Kozheduba, №6 (131), 123-126. **7.** Koval, A. O. (2012). Metrologichne zabezpechennya atestacii robochix misc za umovami prac. Kharkiv : Vestnik XNADU, 59. **8.** Koval, A. O., Kotova, A. I., Polyakov, E. O., Polyarus, O. V. (2014). Vznachennya postijnoi chasu datchika pri rozv'yazanni oburnenoj zadachi vimiryuvan. Metrologiya ta priladi. Naukovo-virobnichij zhurnal, 1(45). **9.** Koval, A. O. (2015). Viktoristannya metodu vnutrishnogo kontrolyu dlya doslidzhen

perexidnix funkcij davachiv tisku. Ukraïns'kij metrologichnij zhurnal, 1, 64-68. **10.** Koval, O. A., Polyarus, O. V., Podorozhnyak, A. O. (2014). Dinamichna nejromerezheva model pervinnogo peretvoryuvacha. Visnik Nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", №35 (1078), 201. **11.** Koval, A. O. (2012). Kriterij ta sxema navchannya nejromerezhevoi modeli vimiryuvalnogo datchika. Kharkiv : Visnik Nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", № 68 (974), 94-100. **12.** Koval, A. O. (2011). Linijna nejromerezheva dinamichna vimiryuvalna sistema z poslidovnim vidnovlennjam i filtraciyu vxidnogo signalu datchika. Visnik nacionalnogo texnichnogo universitetu "XPI", 53, 84-89.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Полярус Олександр Васильович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; професор кафедри метрології та безпеки життєдіяльності.

Полярус Олександр Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; профессор кафедры метрологии и безопасности жизнедеятельности.

Polyarus Alexander – PhD, Head of Department, Kharkiv National Automobile and Highway University; Professor Department of Metrology and life safety.

Коваль Олександр Андрійович – кандидат технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; доцент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності.

Коваль Олександр Андреевич – кандидат технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; доцент кафедры метрологии и безопасности жизнедеятельности.

Koval Alexander – Ph.D., Kharkiv National Automobile and Highway University; Associate Professor of metrology and life safety.

Коваль Андрій Олександрович – Харківський національний автомобільно-дорожній університет; асистент кафедри метрології та безпеки життєдіяльності; e-mail: koval_al@ukr.net.

Коваль Андрей Александрович – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; асистент кафедры метрологии и безопасности жизнедеятельности; e-mail: koval_al@ukr.net.

Koval Andrey – Kharkiv National Automobile and Highway University; Assistant of metrology and life safety; e-mail: koval_al@ukr.net.

УДК 658.562

А. И. ФЕДЮШИН, А. И. БАЛЕНКО

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭВМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрен способ повышения качества числового измерительного контроля радиодеталей за счет разработки его структурной организации. Предложена структурная схема автоматизированной системы дифференцированного контроля качества радиодеталей, а также рассмотрен принцип работы созданного программного обеспечения её вычислительной подсистемы. Описана и обоснована общая схема анализа данных при проведении такого контроля с помощью программных средств.

Ключевые слова: риски, заказчик, изготовитель, контроль партии, система контроля, программное обеспечение.

Введение. Входной контроль радиодеталей перед их сборкой в составе радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) производится с использованием специализированных приборов, которые позволяют измерять параметры радиодеталей в ручном и автоматическом режимах. Автоматический режим контроля параметров позволяет организовать 100%-й контроль покупных радиодеталей, и в идеале должен гарантировать полный отсев изделий, параметры которых имеют отклонение от норм стандартов или технических условий. Однако на практике, из-за несовершенства используемых методик его проведения мы получаем обратное, – большое количество ошибок контроля.

Бывает и другая ситуация, иногда из-за чрезмерного сужения контрольного допуска обеспечивается требуемое качество, но в результате за подобную роскошь приходится платить гривной, так как забраковывается значительное количество на

самом деле годных изделий.

Несоответствие традиционных форм и методов проведения входного контроля возросшим требованиям к нему обуславливают поиск более эффективных путей его организации, а также приводят к пересмотру самой концепции его проведения, где на первый план выдвигаются качество и экономическая целесообразность.

© А. И. Федюшин, А. И. Баленко, 2015

Цель работы. Целью работы является изучение эффективности применения алгоритма дифференцированного контроля партий изделий в автоматизированных системах контроля качества с целью повышения качества и достоверности измерительного контроля.

Анализ работ и постановка задачи. Так как современные предприятия по выпуску РЭА используют широкую номенклатуру радиодеталей, целесообразно применять универсальное контрольно-измерительное оборудование, способное охватить контролем не-

сколько типов (или даже видов) радиодеталей. В качестве такого оборудования применяют автоматизированные посты контроля либо автоматизированные системы контроля (АСК). Примерами подобных систем могут быть следующие [1–3]. Для допускового контроля и разбраковки на три группы R-, L-, C-элементов и полупроводниковых приборов с аксиальными выводами, поступающих на контроль россыпью предназначен универсальный автоматизированный пост контроля АПК-1Р. Работа такого поста возможна в автоматическом и полуавтоматическом режимах. Во втором случае загрузка изделий производится вручную группами по 10–15 штук. Автоматический пост контроля радиодеталей АПК-201 (Информ. лист №83-1096, ВИМИ) используется для автоматического контроля и вырубки бракованных радиодеталей в цилиндрическом корпусе с аксиальными выводами, вклеенных в однородную ленту. Автоматизированная система входного контроля радиоэлементов «Аккорд-1» (Информ. лист №84-1497, ВИМИ) предназначена для автоматического измерения статических параметров цифровых интегральных микросхем, диодов, стабилитронов, транзисторов, номинальных значений резисторов, индуктивностей, емкостей.

Следует отметить, что количество подобных систем не та уж велико, и выпуск подобного оборудования осуществляется в основном за пределами Украины, что делает актуальной задачу их разработки. Вместе с тем для этих систем можно выделить нечто общее: в основном сейчас ведется борьба за повышение быстродействия подобных систем и точности используемых измерительных устройств [4–6], и достаточно малое внимание уделяется другим показателям, таким важным и значащим, к примеру, как достоверность и качество проводимого контроля, надежность.

При изложении следующего ниже материала мы исходим из того, что первичными показателями эффективности функционирования системы контроля должны быть достоверность и качество работы самой системы, которые должны закладываться уже на стадии разработки и проектирования; универсальность и гибкость программы контроля; расширение используемых видов контроля, с учетом их экономической эффективности; конструктивное исполнение и массогабаритные показатели. Отсюда предлагается при-

менение в системе разработанной методики дифференцированного контроля [7], которая исходит из того, что еще до проведения самого контроля на основе анализа априорных исходных данных, таких как знание законов распределения контролируемого параметра и погрешности измерения, можно оценить необходимость вообще проведения контроля, и выбрать если требуется его вид (к примеру, традиционный, многоступенчатый).

Обобщенная структурная схема системы контроля радиодеталей (на примере резисторов). В настоящее время большое внимание уделяется построению автоматизированных систем контроля с использованием ЭВМ. Такие системы могут применяться как для контроля параметров отдельных радиодеталей, так и для оценки работоспособности сложных интегральных микросхем [1, 4, 6]. Проектируются и системы, в которых используются новые методики контроля. Одна из таких представлена в данной работе.

Ниже описывается система дифференцированного входного контроля качества. Система включает в себя три основных составляющих (рис. 1): управляющую ЭВМ, контрольно-сортировочный автомат (КСА), измерительное устройство (мультиметр АРРА 109) и ряд вспомогательных элементов. Она может работать в широком диапазоне изменения исходных данных, отличается быстродействием, оперативностью, удобным программным интерфейсом пользователя.

КСА предназначен для выполнения необходимых операций по загрузке, ориентированию и транспортировке изделий до измерительной позиции, а также, в зависимости от результата контроля, – транспортировке изделия в соответствующий бункер. Измерительное устройство необходимо для получения результата измерения контролируемого параметра изделия. Обработка измерительной информации, поступающей от мультиметра, осуществляется в ЭВМ. Здесь производится сравнение результата измерения с допусками на контролируемый параметр, и выдается заключение о категории изделия. Согласно последнему, в ЭВМ формируются управляющие сигналы для КСА, в зависимости от которых изделие относят в тот или иной бункер (рис. 1). Они поступают в блок селективного выбора КСА.

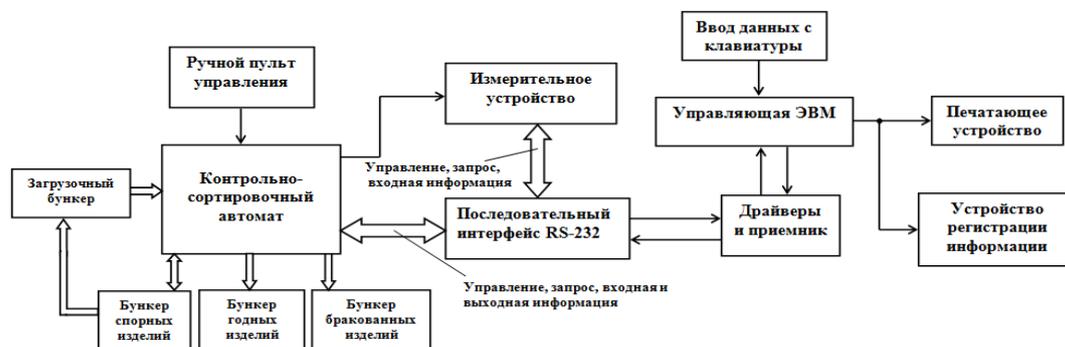


Рис. 1 – Структурная схема системы дифференцированного контроля радиодеталей

Связь ЭВМ с измерительным устройством и КСА осуществляется через последовательный порт ЭВМ, согласно протоколу RS-232. Для корректной работы микропроцессора с последовательным портом разработаны управляющие программы – драйверы,

которые выделены на структурной схеме в отдельный блок с названием «Драйверы и приемник».

Фиксацию результатов контроля в системе производят два блока – это печатающее устройство, и устройство регистрации информации.

Програмное обеспечение работы системы.

Одним из центральных звеньев, обеспечивающих работоспособность системы дифференцированного контроля, является созданное программное обеспечение. Управляющая системой программа осуществляет такие операции: по исходным данным контролируемой партии выбирает необходимый вид контроля; обраба-

тывает всю измерительную информацию, поступающую через последовательный порт ЭВМ от мультиметра; выдает управляющие воздействия на контрольно-сортировочный автомат и др. Программа разработана и реализуется на языке программирования C++, ее главное окно представлено на рис. 2.

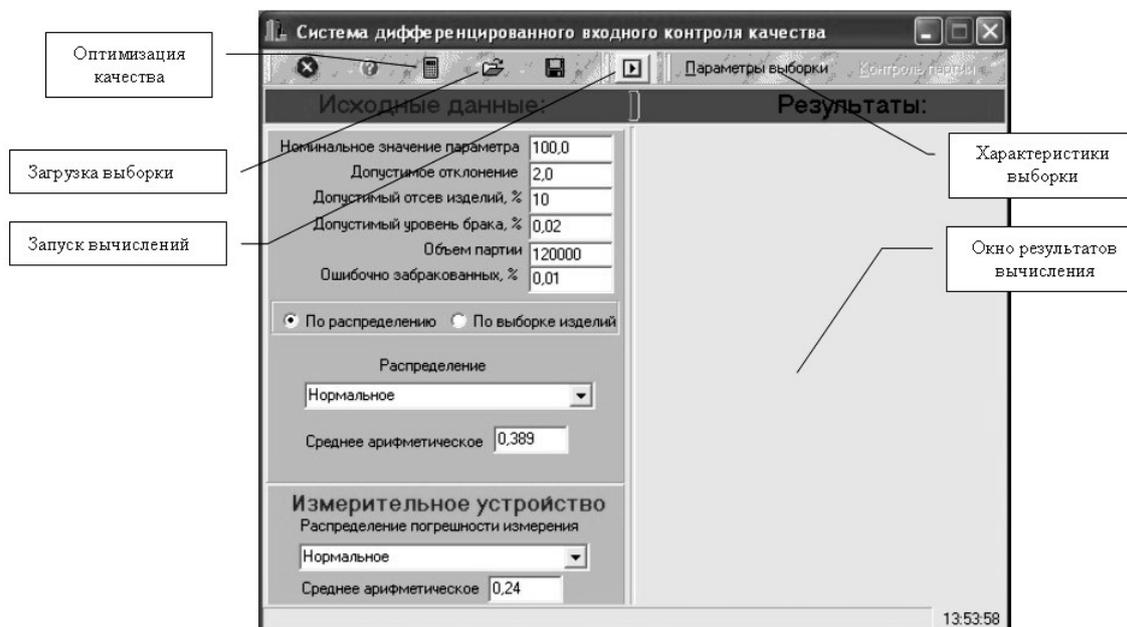


Рис. 2 – Интерфейс программы после первичной загрузки

Описание работы программы начнем с исходных данных. В их качестве выступают такие величины: номинальное значение сопротивления резистора – в единицах Ом; допустимое отклонение резистора от номинала – в единицах Ом; объем партии изделий – в штуках; допустимый отсев изделий и допустимый уровень брака – в процентах от объема партии. Перечисленные данные содержатся в картах проведения входного контроля.

Для определения вида контроля или необходимости его проведения вообще требуется знание законов распределения контролируемого параметра, в данном случае – сопротивлений резисторов, а также закона распределения погрешности измерительного устройства. При реализации программы за основную числовую характеристику средств измерений принята средняя арифметическая погрешность. Область данных, относящаяся к измерительному устройству, представлена в главном окне программы отдельным блоком под названием «Измерительное устройство». Здесь имеется возможность устанавливать вид распределения погрешности средств измерений. Предложено пять наиболее распространенных видов: нормальное, экспоненциальное, равномерное, треугольное (Симпсона), арксинуса.

Закон распределения контролируемого параметра, как правило, также известен. Однако в силу объективных причин, особенно при изготовлении новых видов продукции, его можно и не знать. Выходом из такой ситуации является нахождение закона распределения по результатам измерения взятой из партии случайной выборки. В программе реализовано два

способа введения исходных сведений о контролируемом параметре. Первый способ – это выбор вида распределения из предложенных канонических законов: нормального, экспоненциального, равномерного и др., – с последующим занесением численного значения среднего арифметического отклонения контролируемого параметра (для этого в окне с помощью мыши выбирается пункт «по распределению»). Второй способ задания – по выборке (для этого в окне программы выбирается пункт «По выборке»).

Установлением законов распределения контролируемого параметра и погрешности измерения заканчивается первый этап работы с программой – это внесение исходных данных контроля. Далее рассмотрим интерфейс программы в режиме проведения вычислений. Для наглядности излагаемого возьмем следующий реальный пример.

Пример проведения вычислений. Предприятие – изготовитель поставляет предприятию-заказчику партию изделий (проволочных резисторов) объемом 120000 штук, предназначенных для установления в прецизионной аппаратуре. Резистор считается годным, если его сопротивление составляет $100 \pm 2\%$ Ом. Партия запускается в производство при условии, что годные изделия составляют не менее 99,98 % от ее объема. Взяв из партии случайную выборку сравнительно небольшого объема (будем называть ее экспертной выборкой) и, проведя измерения сопротивлений попавших в нее резисторов, необходимо выбрать один из предложенных вариантов решения: принять партию без дополнительных проверок; провести выборочный контроль партии, используя выборку нуж-

ного объема; провести сплошной контроль партии с отсевом из нее негодных изделий; провести многоступенчатый контроль партии с таким же отсевом; вернуть партию изготовителю.

Объем экспертной выборки принимается равным 750 штук, погрешность измерения – распределенной по нормальному закону с нулевым средним и средним квадратическим отклонением (СКО) $\sigma_{\varepsilon} = 0,3$ Ом, погрешность сравнения пренебрежимо малой величиной, допустимый отсев изделий не более 10 % от объема партии. Распределение числа изделий экспертной выборки по интервалам сопротивлений представлено в файле с названием *tablica22.sch*.

Перед началом выполнения вычислений заносятся исходные данные, выбирается тип распределения контролируемого параметра и погрешности измерения. Если необходимо, к исходным данным добавляется процент ошибочно забракованных изделий. В данной программе в качестве вероятностной характеристики погрешности измерения используется среднее арифметическое отклонение $\tilde{\varepsilon}$, которое связано с СКО для нормального распределения соотношением

$$\tilde{\varepsilon} = \sigma_{\varepsilon} \sqrt{2\pi}$$

поэтому в графу «Измерительное устройство» заносится величина не 0,3 Ом, а 0,24 – соответствующая среднему арифметическому отклонению.

После выполнения исходных установок осуществляется запуск режима вычислений. В результате для предложенного примера получим следующие данные после вычислений (рис. 3). В данном случае таким числом является 40, что больше допустимого числа негодных изделий (для данной партии – не более 24). Поэтому следует провести сплошной контроль (смотрите этап 2 окна программы).

Машина выполняет соответствующие расчеты, из которых видно, что после него число негодных изделий окажется равным 32. Это опять больше допуска (24 изделия), что обосновывает необходимость мно-

гоступенчатого контроля. Производим расчеты для различных модификаций многоступенчатого контроля [8-10] с определением числа циклов контроля (этап 3 и этап 4, отображенные в окне программы).

В зависимости от полученных значений средних рисков, а также стоимости контроля единицы продукции, определяется наиболее подходящий вид контроля. Рекомендуемый вид контроля в программе обозначается словом «Оптимум».

После выбора необходимого вида контроля осуществляется непосредственно его проведение. Нажатием клавиши «Контроль партии», программа переходит в режим фиксации результатов контроля.

Исходные данные:

- Номинальное значение параметра: 100,0
- Допустимое отклонение: 2,0
- Допустимый отсев изделий, %: 10
- Допустимый уровень брака, %: 0,02
- Объем партии: 120000
- Ошибочно забракованных, %: 0,02

Результаты:

ЭТАП 1 Уровень входного качества изделий: 0,93967311
Ожидаемое число негодных изделий: 40

ЭТАП 2 Риск заказчика: 0,00025911
Число негодных изделий: 32
Многоступенчатый контроль

ЭТАП 3 Многоступенчатый контроль
Число циклов контроля: 2
ОПТИМУМ Риск заказчика: 7,11407E-5
Риск изготовителя: 0,00033754
Ожидаемое число негодных изделий: 9

ЭТАП 4 Модификации многоступенчатого контроля

№1	Число циклов	№2	Число циклов	№3	Число циклов
9	9	9	9	3	3
Риск изготовителя	0,00019036	Риск заказчика	0,00019130	Риск заказчика	0,00017339
Ошибочно забракованных	23	Негодных изделий	23	Негодных изделий	21

ЭТАП1. Расчет ожидаемого расхода изделий 14:50:26

Рис. 3 – Интерфейс программы после вычислений

В общем случае предоставляется возможность проведения двух видов контроля: традиционного допускового и многоступенчатого (рис. 4).

Контроль партии изделий

Исходные данные: Количество изделий в партии: 750

Номинальное значение: 100,0

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НОРМА

Допусковый контроль | Многоступенчатый контроль

Номер измерения	Результат измерения	Категория изделия
1	97,8063	НЕГОДНОЕ
2	98,2363	ГОДНОЕ
3	98,8535	ГОДНОЕ
4	98,8955	ГОДНОЕ
5	98,3005	ГОДНОЕ
6	98,3002	ГОДНОЕ
7	99,0735	ГОДНОЕ
8	98,3668	ГОДНОЕ
9	99,1239	ГОДНОЕ

Количество негодных изделий: 1 | Количество годных изделий: 749

а

Контроль партии изделий

Исходные данные: Количество изделий в партии: 750
Количество циклов контроля: 2
Номинальное значение: 100,0

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НОРМА | КОНТРОЛЬНАЯ НОРМА

Допусковый контроль | Многоступенчатый контроль

Номер измерения	m=1. Значение	m=1. Категория	m=2. Значение	m=2. Категория
743	101,549	СПОРНОЕ	101,686	СПОРНОЕ
744	101,107	СПОРНОЕ	101,389	СПОРНОЕ
745	101,514	СПОРНОЕ	101,18	СПОРНОЕ
746	101,101	СПОРНОЕ	101,408	СПОРНОЕ
747	101,469	СПОРНОЕ	101,572	СПОРНОЕ
748	101,587	СПОРНОЕ	101,655	СПОРНОЕ
749	101,837	СПОРНОЕ	102,175	НЕГОДНОЕ
750	101,737	СПОРНОЕ	101,288	СПОРНОЕ

Просмотр по циклам: m=2

ИТОГО: годных изделий: 749 | негодных изделий: 1

негодные: 1 | спорные: 52 | годные: 42

б

Рис. 4 – Окно программы фиксации результатов при проведении контроля: а – традиционный сплошной контроль, б – многоступенчатый контроль

Для исходных данных, предложенных в описанном выше примере, проведем сплошной и многоступенчатый контроль, и посмотрим, чем будут отличаться полученные результаты, а также интерфейсы

новых окон. В данном случае ограничимся числом изделий в партии 750 шт.

После нажатия кнопки запуска контроля в режиме «Допусковый контроль» интерфейс программы

примет вид, показанный на рис. 4, а.

Как видно из рисунка, в окне программы появляется таблица, состоящая из трех колонок. В первой колонке фиксируется номер измерения, соответствующий номеру изделия, поступившего на контроль. Во второй колонке результат измерения, в третьей – задача заключения о категории изделий. Под таблицей фиксируются предварительные данные о числе годных и годных изделий после проведения контроля на текущий момент времени. В качестве исходных данных выступают величины технологической нормы, номинальное значение и объем партии, представленные как в числовой, так и в графической форме, которые автоматически переносятся из основной программы. Для остановки работы программы необходимо нажать кнопку «Stop». Для просмотра результатов контроля используются линейки прокрутки.

При выборе вида контроля «многоступенчатый» загружается интерфейс программы, представленный на рис. 4, б. Как видно из представленного рис. 4, в окне программы, аналогично предыдущему контролю, присутствуют исходные данные, но в большем формате: задаются технологическая и контрольная нормы; номинальное значение; объем партии; число циклов проведения контроля. В нижней части окна программы фиксируется число изделий по категориям в каждом из циклов контроля, а также расчеты ожидаемых результатов многоступенчатого контроля. Запуск многоступенчатого контроля происходит нажатием кнопки «Начало контроля» в окне программы.

Интерфейс программы дополняется изображением таблицы регистрации данных. Как и при сплошном контроле, имеется колонка нумерации результатов измерений, далее следуют колонки регистрации данных по циклам опознавания. В нижней части окна можно увидеть, какие числа годных, годных и спорных изделий следует ожидать в каждом из циклов опознавания. Для просмотра результатов по циклам можно использовать кнопки управления курсором на клавиатуре или путем перетаскивания ползунка с помощью левой кнопки мыши. В нижнем правом углу окна программы фиксируются окончательные результаты контроля: выдаются числа годных и годных изделий. Остановка работы программы также производится нажатием кнопки «Stop». Выход из этой программы происходит нажатием клавиши «Выход» (клавиша с пиктограммой в форме креста).

Выводы

1. Разработана структурная схема автоматизированной системы дифференцированного контроля радиодеталей, основными элементами которой являются: управляющая ЭВМ, контрольно-сортировочный автомат и измерительное устройство (мультиметр АРРА 109). Она позволяет повысить быстроту действия, достоверность и экономичность контроля за счет гра-

мотного перераспределения функций между ее составляющими.

2. Составлена и описана программа управления системой дифференцированного контроля качества радиодеталей. Основное назначение программы: определение по исходным данным партии ее входного качества и выбор вида проводимого контроля; обработка всей измерительной информации, поступающей через последовательный порт с измерительного прибора; выдача управляющих сигналов контрольно-сортировочному автомату. Описание программы разбито на две части: работу в режиме вычислений и работу в режиме фиксации результатов. Система внедрена в производство на предприятии ООО ПП «Квант».

Список литературы: 1. Богданов, В. М. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники [Текст] / В. М. Богданов, В. А. Кузнецов, и др. – М.: Радио и связь, 2000. – 356 с. 2. Брюханов, В. А. Методы повышения точности измерений в промышленности [Текст] / В. А. Брюханов. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2001. – 186 с. 3. Глудкин, О. П. Методы и устройства испытаний РЭС и ЭВС [Текст] / О. П. Глудкин. – М.: Высшая школа, 1991. – 336 с. 4. Харт, Ханс. Введение в измерительную технику [Текст] / Ханс Харт. – М.: Мир, 1999. – 390 с. 5. Практикум по вероятностным методам в измерительной технике [под ред. В. В. Алексеева]. – СПб.: Энергоатомиздат, 1998. – 258 с. 6. Федоров, В. К., Сергеев, Н. П., Кондрашин, А. А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств Харт, Ханс – М.: Техносфера, 2005. – 504 с. 7. Федюшин, А. И. Автоматизированная система дифференцированного контроля качества радиодеталей в условиях производства [Текст] / А. И. Федюшин // Технология приборостроения. – 2005. – №2. – С. 44 - 51. 8. Федюшин, А. И. Формулы для расчета средних рисков контроля [Текст] / А. И. Федюшин // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – №6(64). – Луганськ: 2003. – С. 33 - 38. 9. Федюшин, А. И. Об одном способе повышения достоверности числового измерительного контроля [Текст] / А. И. Федюшин // Український метрологічний журнал. – 2004. – Вып. №1. – С. 14-17. 10. Федюшин, А. И. Оценка средних рисков модифицированного многоступенчатого контроля. [Текст] / А. И. Федюшин – В сб. трудов 6-го Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – Харьков: ХНУРЕ, 2002. – Ч. 2. – С. 283-284.

Bibliography (transliterated): 1. Bogdanov, V. M., Kuznetsov, V. A. i dr. (2000). Metrological maintenance and operation of the measuring equipment. Moscow: Radio and Communications, 356. 2. Bruhanov, V. A. (2001). Methods to improve the measurement accuracy in the industry. Moscow: IPK «Izd-vo standartov», 186. 3. Gludkin, O. P. (1991). Methods and devices tests RJeS and JeVS. Moscow: High school, 336. 4. Hart, Hans. (1999). Introduction to measuring equipment. Moscow: Mir, 390. 5. Alekseev, V. V. (1998). Practice on probabilistic methods in the measuring technique. St.-Petersburg: Energoatomizdat, 256. 6. Fedorov, V. K., Sergeev, N. P., Kondrashin, A. A. (2005). Controls and tests in the design and manufacture of radio-electronic means. Moscow: Tehnosfera, 504. 7. Fediushyn, A. I. (2005). Automated system of differentiated quality control electronic components in the production environment. J. Technology of instrument making, 2, 44-51. 8. Fediushyn, A. I. (2003). The formulas for the calculation of the average risk control. J. Visnik Shidnoukrains'kogo nacional'nogo universitetu im. V. Dalja, 6(64), 33 -38. 9. Fediushyn, A. I. (2004). A method of enhancing the reliability of measuring the numerical control. J. Ukrainian Journal of Metrology, 1, 14 -17. 10. Fediushyn, A. I. (2002). Estimation of the average risk of a modified multi-stage control. In Proc. works of the 6th International Youth Forum "Radioelectronics and youth in the XXI century." - Kharkov: KNURE. Part 2, 283-284.

Поступила (received) 06.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Федюшин Олександр Іванович – доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, кафедра Радіоелектроніки та комп'ютерних систем; тел.: 063-109-44-64; e-mail: alexuf_08@mail.ru.

Федюшин Александр Иванович – доцент, Украинская инженерно-педагогическая академия, кафедра Ра-

диоэлектроники и компьютерных систем; тел.: 063-109-44-64; e-mail: alex_f08@mail.ru.

Fediushyn Alexander – associate, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Dep. of Radioelectronics and computer system, tel.: 063-109-44-64; e-mail: alex_f08@mail.ru.

Баленко Олексій Іванович – доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», кафедра Обчислювальної техніки та програмування; тел. 066-802-45-58; e-mail: alex_aib@live.com.

Баленко Алексей Иванович – доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра Вычислительной техники и программирования; тел. 066-802-45-58; e-mail: alex_aib@live.com.

Balenko Alexey – associate, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Dep. of Software of computer systems, tel.: 066-802-45-58; e-mail: alex_aib@live.com.

УДК 656.96; 656.073

В. С. НАУМОВ

АЛГОРИТМ ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ СТОХАСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОПИТУ

Представлений у загальному вигляді алгоритм формування маршрутів доставки вантажів автомобільним транспортом. Алгоритм розглядається для технологічного процесу обслуговування клієнтури транспортних і експедиторських підприємств, який характеризується стохастичним попитом на послуги з перевезення вантажів. Описана програмна реалізація основних процедур представленого алгоритму. Запропонований підхід дозволяє формувати маршрути доставки в оперативному режимі на підставі бази заявок, що динамічно змінюється.

Ключові слова: маршрут доставки вантажів, алгоритм, стохастичний попит, програмна реалізація.

Вступ. При прийнятті рішень в процесі обслуговування клієнтури транспортних підприємств необхідно враховувати велику кількість факторів, що визначають основні параметри технологічного процесу й особливості його організації. Перед підприємствами різних видів транспорту стоїть задача ув'язати суперечливі інтереси відправників вантажу, одержувачів і перевізників. Основною проблемою, що виникає в процесі обслуговування клієнтури, є прийняття обслуговуючими організаціями необгрунтованих рішень, що суттєво знижує ефективність процесу обслуговування [1]. Головним напрямком вирішення даної проблеми є розробка і впровадження оптимізаційних інструментів для підтримки прийняття управлінських рішень.

Одним з основних напрямків удосконалення процесів обслуговування на автомобільному транспорті є розробка маршрутів доставки вантажів. Під процесом формування маршрутів доставки вантажів при цьому розуміють вибір такої послідовності об'їзду транспортним засобом вантажовласників, що забезпечує найбільше значення критерію ефективності при відомих параметрах транспортного попиту.

Аналіз літературних джерел. Загальноприйняті підходи до формування оптимальних маршрутів засновані на методах лінійного і динамічного програмування, а також методах комбінаторного і евристичного аналізу [2]. Алгоритми планування трас маршрутів реалізовані для ситуацій, у яких попит на перевезення має детермінований характер [2, 3]. Для випадку стохастичного попиту на транспортні послуги, характерного для сучасного транспортного ринку, пропонуються моделі, що враховують певні обмеження та параметри: метаевристична модель з урахуванням наявних обмежень по завантаженню [4], розробка маршрутів на підставі моделі мурашиних колоній [5] на ін.

За останні роки з'явилися нові роботи, направлені на вирішення задачі маршрутизації в реальному часі, серед яких слід виділити: здійснення маршрутизації із урахуванням обмежень, що закладаються режи-

мами роботи водіїв [6], визначення маршрутів доставки із використанням адаптивного алгоритму пошуку найближчого пункту заїзду [7], використання алгоритмів ітеративного пошуку для узгодження роботи транспортних засобів і постів навантаження [8]. Практичне використання будь-якої із моделей маршрутизації, що пропонуються сучасними авторами, передбачає створення і впровадження спеціалізованого програмного забезпечення, яке реалізує відповідні алгоритми.

Існуючі підходи до формування розвізних, збірних, а також маятникових і кільцевих маршрутів можуть бути застосовані відносно постійних характеристик попиту. Проте процеси доставки вантажів на сучасному ринку характеризуються параметрами потоку заявок, що динамічно змінюються [9]. Це вимагає ухвалення рішень щодо траси маршрутів протягом короткого проміжку часу для актуальних параметрів попиту і з урахуванням характеристик наявного вільного рухомого складу.

Мета роботи. Метою дослідження є розробка інструменту для формування маршрутів доставки вантажів в оперативному режимі в умовах стохастичного попиту.

Опис моделі формування маршрутів доставки вантажів. Рішення задачі формування маршрутів доставки для бази заявок, що динамічно змінюється, вимагає визначення критерію ефективності для вибору оптимальних або близьких до оптимальних трас маршрутів, математичної постановки задачі формування маршрутів, а також розробки і програмної реалізації алгоритмів формування трас маршрутів.

Результати проведених попередньо досліджень

© В. С. Наумов, 2015

[10] дозволяють стверджувати, що в якості критерію ефективності процесу обслуговування для сучасних транспортних і експедиторських підприємств доцільно розглядати рівень обслуговування R – відношення кількості обслугованих заявок до загальної кількості заявок, що надійшли ($R \rightarrow 1$). При цьому в якості критерію оцінки сформованих маршрутів використо-

вується динамічний коефіцієнт використання вантажності γ_d ($\gamma_d \rightarrow 1$).

Процес ухвалення рішення щодо формування маршруту доставки здійснюється після надходження чергової заявки на транспортне обслуговування на підставі наявної інформації про заявки, які поступили раніше. Таким чином, алгоритм рішення задачі є ітераційним, при цьому ознакою початку чергової ітерації є безпосередньо момент t_i надходження чергової i -ої заявки.

Для заявки, що знов надійшла, на підставі інформації про заявки, які надійшли раніше, підбирається парна заявка. Очевидно, що оптимальним варіантом пари заявок, сформованих у маршрут, є випадок, при якому $\gamma_d^i = 1,0$. Якщо для тих заявок, що присутні у базі на момент часу t_i , така оптимальна пара не знайдена, то пошук необхідно продовжити далі, ітераційно з прийнятим кроком знижуючи допустиме значення γ_d^i до нижньої границі γ_d^* .

В загальному вигляді даний підхід до вирішення задачі маршрутизації вантажів в умовах стохастичного попиту представлений на рис. 1.

В приведеному на рис. 1 алгоритмі як вхідне значення (аргумент процедури) використовується заявка на транспортне обслуговування r_i , що поступила у момент часу t_i , при цьому передбачається, що відомо також є інформація щодо всіх необслужених раніше заявок.

Пошук парної заявки з множини не обслужених раніше заявок починається для значення динамічного коефіцієнта використання вантажопідйомності $\gamma_d = 1$. Пошук пари r_i^* здійснюється спеціальною функцією, параметрами якої є аналізована заявка r_i і заданий рівень γ_d . У випадку, якщо пара знайдена, алгоритм повертає сформований маршрут $\rho_i = \{r_i, r_i^*\}$, що містить поточну і парну заявку. Якщо пара не знайдена, то допустиме значення динамічного коефіцієнта використання вантажопідйомності знижується на задану величину δ_γ :

$$\gamma_d' = \gamma_d - \delta_\gamma, \quad (1)$$

після чого процедура пошуку пари здійснюється для поточної заявки для нового, меншого, значення коефіцієнта γ_d' .

Даний крок циклічно повторюється до тих пір, поки не буде сформований маршрут, що характеризується значенням γ_d' , або не буде досягнуто критичного значення γ_d^* , при якому формування маршруту для обслуговування заявок є економічно недоцільним. Таким чином, в алгоритмі враховується обмеження по ефективності маршрутів доставки.

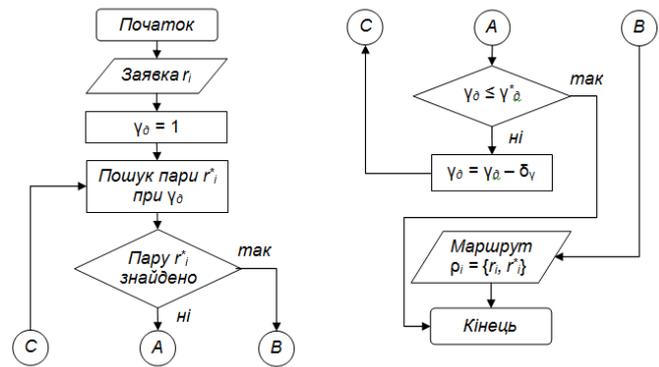


Рис. 1 – Алгоритм методики формування маршрутів доставки в умовах бази заявок, що динамічно змінюється

Реалізація алгоритму вирішення задачі. Алгоритм методики формування маршрутів доставки вантажів в умовах бази заявок, що динамічно змінюється, реалізований з використанням мови програмування PHP.

Пошук парної заявки з множини не обслужених раніше заявок в запропонованій програмній реалізації здійснюється функціями `pair ($idx)` і `circ_pair ($idx, $gamma)`. Функція `pair ($idx)` здійснює для заявки в потоці з індексом `$idx` пошук парної заявки серед безлічі заявок, що поступили раніше, для випадку маятникового маршруту із зворотним порожнім пробігом при доставці вантажу першого класу. Функція `circ_pair ($idx, $gamma)` дозволяє визначити для заявки в потоці з індексом `$idx` парну заявку з множини заявок, що поступили раніше і ще не обслужені, за умови, що параметр функції `$gamma` не перевищує динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності для сформованого маршруту. Функції `pair ($idx)` і `circ_pair ($idx, $gamma)` повертають номер парної заявки в потоці послідовних заявок (її індекс), якщо така заявка знайдена, або значення `-1`, якщо парна заявка не була знайдена.

Алгоритм функції `pair ($idx)` представлений на рис. 2.

На етапі ініціалізації допоміжних змінних алгоритм функції `pair ($idx)` привласнює значення `-1` робочій змінній `pair`, яка буде використана для зберігання номера парної заявки, якщо така виявиться, а також значення `0` змінній-лічильнику `i`, яка використовуватиметься для посилання на необроблені заявки, що поступили раніше. На наступному етапі алгоритм визначає дану заявку r_c (заявку з індексом `idx`), а також першу заявку r_p з необроблених заявок в потоці (заявку з індексом `i = 0`). Запропонована програмна реалізація алгоритму використовує для зберігання заявок з вхідного потоку масив `input_reqs`.

Алгоритм функції `pair ($idx)` визначає заявку r_p як парну, якщо виконуються наступні умови:

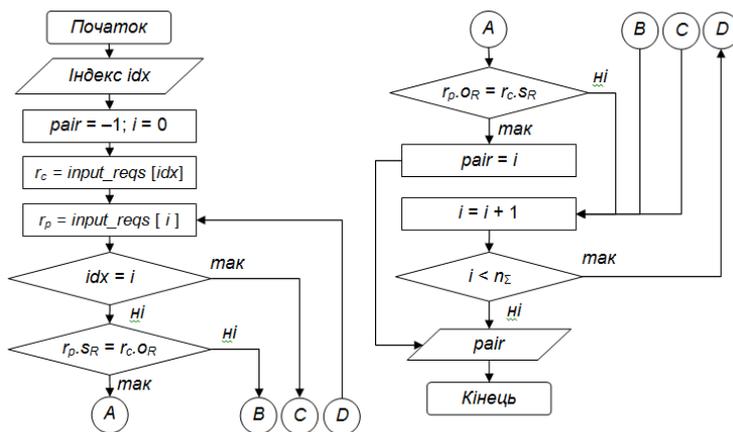
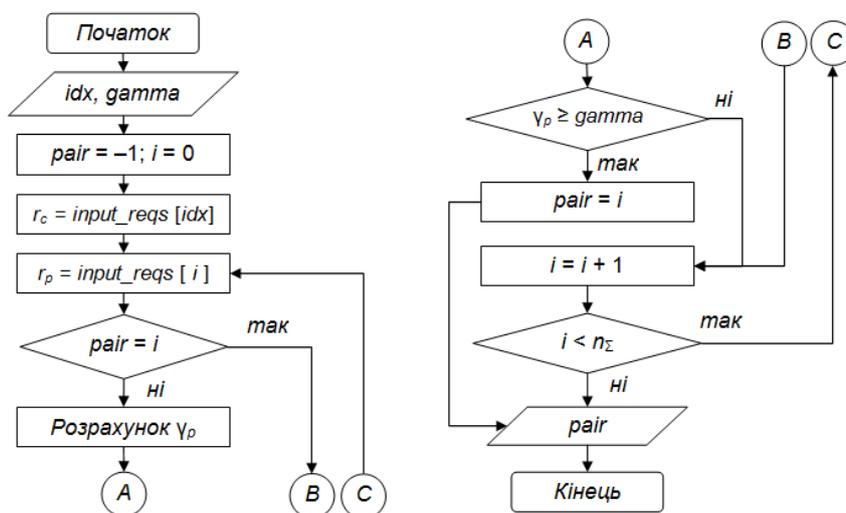
1) індекс даної заявки r_c не рівний індексу заявки r_p , тобто відсівається варіант порівняння однієї і тієї ж заявки: $pair \neq i$;

2) географічний сегмент одержувача OR заявки r_p співпадає з географічним сегментом відправника SR для заявки r_c : $r_p.OR = r_c.SR$;

3) географічний сегмент відправника SR заявки r_p співпадає з географічним сегментом одержувача OR для заявки r_c : $r_p.SR = r_c.OR$.

Якщо кожна з приведених умов виконується, то змінній $pair$ привласнюється значення i та дане значення повертається функцією. Якщо будь-яка з умов не виконується, то значення лічильника збільшується на 1. Якщо перевірені не всі заявки з множини заявок, що надійшли раніше, то алгоритм переходить до перевірки парності наступної заявки, в протилежному випадку – алгоритм закінчує роботу і повертає значення -1 (це є ознакою того, що парна заявка не була знайдена).

Алгоритм функції $circ_pair(\$idx, \$gamma)$ представлений на рис. 3.

Рис. 2 – Алгоритм функції $pair(\$idx)$ Рис. 3 – Алгоритм функції $circ_pair(\$idx, \$gamma)$

Процедура формування маршруту є закінченою, якщо для пари заявок виконується обмеження за часом. В запропонованій програмній реалізації дане обмеження розглядається при виклику функції обслуговування заявки $serve_req(\$idx, \$pair)$. Параметр функції $\$idx$ указує на індекс поточної даної заявки r_c , а параметр $\$pair$ – на індекс парної заявки r_p , одержаний при виклику функції $pair(\$idx)$ або $circ_pair(\$idx, \$gamma)$.

Алгоритм функції $serve_req(\$idx, \$pair)$ послідовно розглядає наступні випадки для пари заявок r_c і r_p :

1. Параметр $\$pair$ рівний -1 : в цьому випадку для заявки r_c не знайдена пара, а значить, вона може бути виконана тільки за рахунок використання варіан-

Даний алгоритм по структурі відповідає алгоритму функції $pair(\$idx)$. Ключова відмінність міститься у блоці перевірки парності заявок: алгоритм визначає заявку r_p як парну, якщо одночасно виконуються умови:

1) індекс даної заявки r_c не рівний індексу заявки r_p (відсівається варіант порівняння однієї і тієї ж заявки); аналогічно відповідній умові для функції $pair(\$idx)$;

2) динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності γ_p на потенційному маршруті має значення, не менше, ніж задане $gamma$.

ту маятникового маршруту із зворотним порожнім пробігом. В алгоритмі рішення задачі маршрутизації така заявка відхиляється, оскільки маятниковий маршрут із зворотним порожнім пробігом є економічно недоцільним.

2. Значення параметра $\$pair$ є відмінним від -1 : для заявки r_c знайдена пара, яка дозволяє при виконанні часових обмежень сформулювати ефективний маршрут доставки:

2. 1. Поточна заявка r_c поступила пізніше, ніж парна r_p :

$$t_n^{(c)} \geq t_n^{(p)} \quad (2)$$

де $t_n^{(c)}$, $t_n^{(p)}$ – час надходження заявок r_c і r_p відповідно, год.

2.1.1. Інтервал часу між заявками r_c і r_p перевищує допустимий час очікування початку обслуговування для парної заявки: заявки r_c і r_p не формуються в маршрут, проте залишаються в списку заявок, оскільки можуть надалі аналізуватися для менших допустимих значень γ_d^* :

$$t_n^{(c)} - t_n^{(p)} \geq t_{оч}^{(p)} \quad (3)$$

де $t_{оч}^{(p)}$ – допустимий час очікування початку обслуговування для заявки r_p , год.

2.1.2. Інтервал часу між заявками r_c і r_p менше допустимого часу очікування початку обслуговування парної заявки: заявки r_c і r_p формуються в кільцевий (або маятниковий із зворотним навантаженням) маршрут:

$$t_n^{(c)} - t_n^{(p)} < t_{оч}^{(p)} \quad (4)$$

2.2. Поточна заявка r_c поступила раніше парної r_p :

$$t_n^{(c)} < t_n^{(p)} \quad (5)$$

2.2.1. Інтервал часу між заявками r_c і r_p перевищує допустимий час очікування початку обслуговування поточної заявки: заявки не формуються в маршрут, проте залишаються в списку заявок для подальшого аналізу:

$$t_n^{(p)} - t_n^{(c)} \geq t_{оч}^{(c)} \quad (6)$$

Де $t_{оч}^{(c)}$ – допустимий час очікування початку обслуговування для заявки r_c , год.

2.2.2. Інтервал часу між заявками r_c і r_p менший за допустимий час очікування початку обслуговування заявки r_c : формується маршрут:

$$t_n^{(p)} - t_n^{(c)} < t_{оч}^{(c)} \quad (7)$$

Алгоритми описаних процедур можуть розглядатися як послідовність розрахункових заходів при неавтоматизованому методі формування маршрутів доставки вантажів, проте більш ефективним, очевидно, є використання їх програмної реалізації у складі інформаційних систем підтримки ухвалення рішень.

Висновки. Наведений алгоритм дозволяє вирішити задачу формування колових маршрутів доставки вантажів в умовах недетермінованого попиту, а його програмна реалізація може використовуватись в інформаційних системах підтримки прийняття рішень при транспортному й експедиторському обслугову-

ванні. Перспективним напрямком подальших досліджень по темі роботи є розробка процедур формування колових маршрутів із кількістю пар вантажовласників, більшою, ніж 2.

Список літератури: 1. *Наумов, В. С.* Транспортно-експедиционное обслуживание в логистических системах: Монография [Текст] / В. С. Наумов. – Харьков: ХНАДУ, 2012. – 220 с. 2. *Кожин, А. П.* Математические методы в планировании и управлении грузовыми автомобильными перевозками [Текст] / А. П. Кожин, В. Н. Мезенцев. – М.: Транспорт, 1994 – 304 с. 3. *Bovy, P. H. L.* On modelling route choice sets in transportation networks: A synthesis [Text] / P. H. L. Bovy // *Transport Reviews*, 2009. – Vol. 29(1). – P. 43–68. 4. *Doerner, K.* Metaheuristics for vehicle routing problems with loading constraints [Text] / K. Doerner, G. Fuellerer, M. Gronalt, R. Hartl, M. Iori // *Networks*, 2007. – Vol. 49. – P. 294–307. 5. *Fuellerer, G.* Ant colony optimization for the two-dimensional loading vehicle routing problem [Text] / G. Fuellerer, K. Doerner, R. Hartl, M. Iori // *Computational Operation Research*, 2009. – Vol. 36. – P. 655–673. 6. *Rancourt, M.-E.* Long-Haul Vehicle Routing and Scheduling with Working Hour Rules [Text] / M.-E. Rancourt, J.-F. Cordeau, G. Laporte // *Transportation Science*, 2013. – Vol. 47(1). – P. 81–107. 7. *Stenger, A.* An Adaptive Variable Neighborhood Search Algorithm for a Vehicle Routing Problem Arising in Small Package Shipping [Text] / A. Stenger, D. Vigo, S. Enz, M. Schwind // *Transportation Science*, 2013. – Vol. 47(1). – P. 64–80. 8. *Dell'Amico, M.* Optimization of a Real-World Auto-Carrier Transportation Problem [Text] / M. Dell'Amico, S. Falavigna, M. Iori // *Transportation Science*, 2014. – Vol. 49(2). – P. 402–419. 9. *Naumov, V.* An approach to modelling of demand on freight forwarding services [Text] / V. Naumov // *Trip Modelling and Demand Forecasting*, 2014. – Vol. 1(103). – P. 267–277. 10. *Наумов, В. С.* Повышение эффективности информационных систем управления процессами транспортно-экспедиторского обслуживания [Текст] / В. С. Наумов, О. А. Скорик, А. А. Васютина // *Вісник Севастопольського нац. техн. ун-ту*: 36. наук. пр. – Севастополь, 2013. – Вип. 143. – С. 211–214.

Bibliography (transliterated): 1. *Naumov, V. S.* (2012) Transportno-ekspeditsionnoje obsluzhivaniye v logisticheskikh sistemah. Kharkov: HNADU, 220. 2. *Kozhin, A. P., Mezencev, V. N.* (1994) Matematicheskiye metody v planirovanii i upravleniiy gruzovymi avtomobil'nymi perevozkami. M. – Moscow: Transport, 304. 3. *Bovy, P. H. L.* (2009) On modelling route choice sets in transportation networks: A synthesis. *Transport Reviews*, 29(1), 43-68. 4. *Doerner, K., Fuellerer, G., Gronalt, M., Hartl, R., Iori, M.* (2007) Metaheuristics for vehicle routing problems with loading constraints. *Networks*, 49, 294-307. 5. *Fuellerer, G., Doerner, K., Hartl, R., Iori, M.* (2009) Ant colony optimization for the two-dimensional loading vehicle routing problem. *Comput. Oper. Res.*, 36, 655-673. 6. *Rancourt, M.-E., Cordeau, J.-F., Laporte, G.* (2013) Long-Haul Vehicle Routing and Scheduling with Working Hour Rules. *Transportation Sci.*, 47(1), 81-107. 7. *Stenger, A., Vigo, D., Enz, S., Schwind, M.* (2013) An Adaptive Variable Neighborhood Search Algorithm for a Vehicle Routing Problem Arising in Small Package Shipping. *Transportation Sci.*, 47(1), 64-80. 8. *Dell'Amico, M., Falavigna, S., Iori, M.* (2014) Optimization of a Real-World Auto-Carrier Transportation Problem. *Transportation Sci.*, 49(2), 402-419. 9. *Naumov, V.* (2014) An approach to modelling of demand on freight forwarding services. *Trip Modelling and Demand Forecasting*, 1(103), 267-277. 10. *Naumov, V. S., Skorik, O. A., Vasiutina, A. A.* (2013) Povysheniye effektivnosti informatsionnykh sistem upravleniya processami transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya. *Visnyk SevNTU*, 143, 211-214.

Надійшла (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Наумов Віталій Сергійович – доктор технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри транспортних технологій; тел.: 067-983-30-94; e-mail: naumov.vs@gmail.com.

Наумов Віталій Сергеевич – доктор технических наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожний университет, профессор кафедры транспортных технологий; тел.: 067-983-30-94; e-mail: naumov.vs@gmail.com.

Naumov Vitalii – D.Sc., Kharkiv National Automobile and Highway University, professor at Transportation Technologies Chair; tel.: 067-983-30-94; e-mail: naumov.vs@gmail.com.

УДК 656.212:681.3

Н. О. ЛОГВИНОВА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО НАПРЯМКУ В УМОВАХ ПРИСКОРЕНОГО РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

Розглядається аналітичний розрахунок пропускної спроможності одноколійного залізничного напрямку з двоколійними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів. Для розрахунку пропускної спроможності прийняті уточнені коефіцієнти зйому вантажних поїздів на залізничних напрямках, обладнаних автоблокуванням при різних довжинах блок-ділянок та швидкості руху вантажних та прискорених пасажирських поїздів. Результати досліджень можуть бути використані при організації руху на залізничних напрямках за погодженими розкладами.

Ключові слова: залізничний напрямок, пропускна спроможність, коефіцієнт зйому, вантажні та пасажирські поїзда.

Вступ. В результаті анексії Криму з'явилась необхідність збільшення перевезення вантажів на адресу портів Одеського регіону. Інфраструктура залізничних напрямків, які ведуть до Одеського залізничного вузла, включає в себе одноколіїні, двоколіїні та одноколіїні напрямки з двоколійними вставками. Наявність різної інфраструктури на підходах до портів, потребує оцінки їх пропускної спроможності, особливо, в умовах прискореного руху пасажирських поїздів.

Основне завдання залізниці – задоволення потреб в перевезенні пасажирів та вантажів в повному заявленому обсязі [1].

Пропускна спроможність залізничних напрямків розраховується в парах поїздів встановленої маси, яку можливо пропустити за одиницю часу (годину, добу) та залежить від: кількості колій та ідентичності перегонів; станційних та міжпоїзних інтервалів; засобів системи СЦБ та зв'язку; швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів та ін. Зв'язок між розмірами руху пасажирських та вантажних поїздів здійснюється через приведення розмірів руху пасажирських поїздів до вантажних з використанням коефіцієнтів зйому, який залежить від різниці швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів і показує зменшення можливої кількості поїздів у вантажному русі у зв'язку з пропуском пасажирських поїздів різних категорій.

Проведені дослідження дозволяють провести оцінку можливої пропускної спроможності залізничних напрямків до портів Одеського регіону та надати рекомендації по вдосконаленню розрахунку наявної пропускної спроможності одноколіїйних ділянок з двоколійними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Для розрахунку пропускної спроможності залізничних напрямків використовується методика [2], яка дозволяє отримати можливі розміри руху вантажних поїздів в залежності від технічного оснащення залізничних ліній та розмірів руху пасажирських поїздів, які при не паралельному графіку руху поїздів приводяться до розмірів вантажного руху через коефіцієнт зйому.

При розрахунку пропускної спроможності залізничних ділянок в дослідженнях [3] рекомендується на станціях враховувати тільки обгони та схрещення поїздів без урахування специфіки руху пасажирських та приміських поїздів.

В трудах [4] автор надає рекомендації по розробці графіка руху вантажних поїздів за погодженими розкладами в залежності від можливої розрахункової пропускної спроможності залізничних напрямків, але при цьому

приймає коефіцієнти зйому вантажних поїздів постійними, не враховує довжину блок-ділянок та прискорений рух пасажирських поїздів.

Дослідженнями [5, 6] встановлено, що існує надмірність обмежень, накладених на величину міжпоїзних інтервалів з боку систем автоматичного блокування, що призводить до зниження рівня наявної пропускної спроможності, виявлено передумови для реалізації на практиці інтервального регулювання рухом поїздів на основі координатного позиціонування поїздів і використання цифрових моделей слідування поїзда. В роботах [5, 6] запропоновано описувати динаміку переміщення по мережі залізниць поїздів будь-яких категорій, але при цьому не враховується прискорений рух пасажирських поїздів, який оказує значний вплив на пропускну спроможність залізничних напрямків.

Розроблені автором [7] функціональна та інформаційна моделі системи інформаційного забезпечення проектування комплексного розвитку залізниць Росії використані для створення основних модулів програмно-технічного комплексу автоматизованого рішення варіантних розрахунків пропускної спроможності залізничних ділянок по перегонах і станціях, які також не враховують умови безпеки руху на коліях Укрзалізниці при прискореному русі пасажирських поїздів [8].

В дослідженнях [9] розглянуто роботу розрахунку графіка руху поїздів на основі програмного комплексу Ельбрус за даними про топологію ділянки залізничного напрямку, умовах пропуску поїздопотоку, розмірах та структурі потоку пасажирських і вантажних поїздів з урахуванням: «вікон», кількості приймально-відправних колій на технічних та дільничних станціях, їх довжин, спеціалізації, допустимих швидкостей руху. В даних дослідженнях не розглядалися різні довжини блок-ділянок та вплив їх на коефіцієнт зйому та пропускну спроможність.

В дослідженнях [10] наведені вимоги, які застосовуються для рухомого складу та інфраструктури залізничних напрямків при швидкісному русі пасажирських поїздів, але не вказаний вплив швидкісного руху пасажирських поїздів на пропускну спроможність залізничних напрямків для вантажного руху.

Для якісної оцінки наявної пропускної спроможності залізничних напрямків в умовах прискореного руху пасажирських поїздів проведені дослідження впливу коефіцієнтів зйому при різних швидкостях пасажирських поїздів усіх категорій та різній довжині блок-ділянок на перегонах, особливо на одноколіїйних та одноколіїйних

© Н. О. Логвінова, 2015

напрямах з двохколійними вставками. Дані вимоги враховані в дослідженнях [11, 12].

Дана стаття є продовженням досліджень [11, 12], пов'язаних з питанням комплексного визначення наявної пропускної спроможності та впливу на неї коефіцієнтів зйому при прискореному русі пасажирських поїздів.

Методики розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими при звичайних швидкостях руху (до 120 км/год.) відомі [2-7, 9, 10], але при застосуванні прискореного (121-160 км/год.) руху не можуть використовуватися із-за додаткових вимог безпеки руху пасажирських поїздів [8].

Для оцінки пропускної спроможності залізничних напрямків в умовах прискореного руху пасажирських поїздів необхідно провести дослідження впливу коефіцієнтів зйому при різних швидкостях руху пасажирських поїздів усіх категорій та різній довжині блок-ділянок на перегонах, по яких обертаються поїзда, особливо на одноколіїних напрямках та одноколіїних напрямках з двохколійними вставками.

Ціль та задачі дослідження. Метою дослідження є визначення впливу коефіцієнтів зйому вантажних поїздів прискореними пасажирськими поїздами на пропускну спроможність залізничних напрямків.

Задачею дослідження є обґрунтування можливих розмірів руху вантажних поїздів по ділянках залізничного напрямку в умовах прискореного руху пасажирських поїздів.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Дослідження коефіцієнтів зйому вантажних поїздів прискореними пасажирськими поїздами при різних довжинах блок-ділянок.

2. Удосконалено математичну модель розрахунку наявної пропускної спроможності одноколіїних залізничних напрямків з двохколійними вставками, яка на відміну від існуючих, дозволяє визначити вплив прискореного руху пасажирських поїздів на пропускну спроможність в залежності від довжини блок-ділянок.

Матеріали та методи дослідження пропускної спроможності на одноколіїних ділянках з двохколійними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів. Методичною основою виконання комплексних досліджень є: аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів прискореними пасажирськими поїздами; математичне моделювання залежностей коефіцієнту зйому від швидкості руху пасажирських поїздів та довжини блок-ділянок на перегонах.

Для оцінки пропускної спроможності залізничних напрямків при прискореному русі пасажирських поїздів необхідно провести дослідження впливу коефіцієнтів зйому при різних швидкостях пасажирських поїздів усіх категорій та різній довжині блок-ділянок на перегонах, по яких обертаються поїзда, особливо на одноколіїних напрямках з двохколійними вставками.

Об'єктом дослідження є процес пропуску вантажного поїздопоток на одноколіїному залізничному напрямку з двохколійними вставками Знам'янка – Колосівка при застосуванні прискореного руху пасажирських поїздів.

Предмет дослідження є параметри наявної пропускної спроможності вантажних поїздів при прискореному русі пасажирських поїздів.

Максимально можлива кількість вантажних поїздів, яка може бути пропущена по ділянці за добу при паралельному графіку руху, визначається за формулою:

$$N_{\text{ван}} = N_{\text{наяв}} - \varepsilon_{\text{пс}}^{\text{пр}} N_{\text{пс}}^{\text{пр}} - \varepsilon_{\text{пс}} N_{\text{пс}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{наяв}}$ – наявна пропускна спроможність ділянки при паралельному графіку; $\varepsilon_{\text{пс}}^{\text{пр}}$, $\varepsilon_{\text{пс}}$ – коефіцієнт зйому відповідно для прискорених та звичайних пасажирських поїздів; $N_{\text{пс}}^{\text{пр}}$, $N_{\text{пс}}$ – кількість пар прискорених та звичайних пасажирських поїздів.

Залізничний напрямок Знам'янка – Одеса є частково двохколіїним, а на деяких ділянках – одноколіїним з двохколійними вставками.

На залізничному напрямку в обертанні знаходяться 18 пар пасажирських поїздів, які рухаються зі швидкістю до 120 км/год та дві пари прискорених пасажирських поїздів, які рухаються з швидкістю від 121 до 160 км/год. Розміри пасажирського руху приймаються як задані. Отже, розрахунок пропускної спроможності залізничного напрямку Знам'янка – Одеса зводиться до визначення кількості вантажних поїздів, які можуть бути пропущені при заданій кількості пасажирських поїздів.

На напрямку залізничних перевезень Знам'янка – Одеса самою вантажонапруженою дільницею є Помічна – Колосівка, на якій знаходяться 4 одноколіїні вставки, обладнані двостороннім автоблокуванням: Трикратне – Олександрівка, Вознесенськ – блокпост 1141 км, Висоцьке – Олійникове, Трикратне – пост 1113 км.

Розрахункова величина коефіцієнта зйому для звичайних швидкостей руху пасажирських поїздів (до 120 км/год) складається з двох частин. Перша частина характеризується різницею часів ходу по розрахунковій дільниці пасажирського і вантажного поїзда (основний зйом - $\varepsilon_{\text{ос}}$), а друга частина обумовлюється не кратністю інтервалів між попутними пасажирськими поїздами розрахунковим міжпоїзним інтервалам (додатковий зйом - $\varepsilon_{\text{дод}}$).

На одноколіїних лініях з двохколійними вставками організовується беззупинкове схрещення та обгін вантажних поїздів звичайними пасажирськими поїздами. Коефіцієнти зйому для пасажирських поїздів, що мають більшу швидкість руху по ділянкам ніж вантажні, визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пс}} = \varepsilon_{\text{ос}} + \varepsilon_{\text{дод}} = n_p - n_0 + 0,5, \quad (2)$$

де n_p – розрахункова кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці; n_0 – фактична кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці.

Розрахункова кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці визначається за формулою:

$$n_p = \frac{t_{\text{ван}}(1-\Delta)}{J_p} + 1, \quad (3)$$

де $t_{\text{ван}}$ – час ходу вантажного поїзда по розрахунковій ділянці, хв.; Δ – середнє співвідношення чистого часу ходу пари поїздів, що мають більшу швидкість, ніж вантажні, і часу ходу пари вантажних поїздів на розрахунковій ділянці; J_p – розрахунковий інтервал між попутними поїздами.

Фактична кількість обгонів вантажних поїздів на ділянці визначається за формулою:

$$n_0 = \frac{t_{\text{ван}}}{t_6}, \quad (4)$$

де t_6 – час ходу вантажного поїзда між обгонами, хв.

Час ходу вантажного поїзда між обгонами визначається за формулою:

$$n_6 = \frac{\tau_{\text{пс}} + t_{\text{уп}}}{1 - \Delta}, \quad (5)$$

де $\tau_{\text{пс}}$ – середній інтервал прибуття пасажирського поїзда за вантажним на станцію обгону, хв; $t_{\text{уп}}$ – час уповільнення вантажного поїзда на перегоні перед станцією обгону, хв.

Середній інтервал прибуття пасажирського поїзда за вантажним на станцію обгону визначається за формулою:

$$\tau_{\text{пс}} = \tau_{\text{пс}}^{\text{н}}(1 + \gamma), \quad (6)$$

де $\tau_{\text{пс}}^{\text{н}}$ – розрахунковий інтервал, хв.; γ – коефіцієнт не ідентичності розташування перегонів.

Додатковий зйом пропускної спроможності обгрунтовується не кратністю інтервалу між пасажирськими поїздами розрахунковому інтервалу між вантажними поїздами. Він може змінюватися від 0 до 1. Фактична величина $\varepsilon_{\text{дод}}$ носить імовірнісний характер; у розрахунках $\varepsilon_{\text{дод}}$ приймається 0,5.

В умовах прискореного (від 121 до 160 км/год) руху пасажирських поїздів дана методика розрахунку коефіцієнтів зйому підлягає уточненню відповідно до [8]. Вживання формул 1 – 5 недопустимо, оскільки вони не враховують умови безпечного пропуску прискорених поїздів по станціях під час обгону вантажних поїздів.

Інтервал по прибуттю поїздів на станцію при прискореному русі пасажирських поїздів встановлюється в залежності від швидкості проходження пасажирським поїздом міжстанційних перегонів відповідно складає: для швидкості руху до 120 км/год – 6 хв.; для швидкості руху від 121 до 160 км/год – 20 хв.

Проведені дослідження параметрів коефіцієнту зйому вантажних поїздів при різній довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км і довжини міжстанційного перегону 10 км довели, що при не пакетному проложенні пасажирських поїздів його чисельна характеристика залежить від співвідношення швидкості руху вантажного і пасажирського поїзда та станційних інтервалів при обгонах. Апроксимацію коефіцієнту зйому при швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та звичайній швидкості руху пасажирських поїздів (до 120 км/год) наведено на рис. 1.

Проведеними дослідженнями з використанням регресивного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для швидкості останніх до 120 км/год можливо розраховувати за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,3591 \ln(V_{\text{пас}}) + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (7)$$

де $l_{\text{б/д}}$ – довжина блок-ділянки, км; $V_{\text{пас}}$ – швидкість руху пасажирського поїзда, км/год, ($V_{\text{ван}} = 60$ км/год.); $\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатковий коефіцієнт зйому, $\varepsilon_{\text{дод}} = 0,6$.

Апроксимацію коефіцієнту зйому при швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкості руху пасажирських поїздів від 121 до 160 км/год наведено на рис. 2.

Проведеними дослідженнями з використанням регресивного аналізу встановлено, що коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими для прискореного руху можливо розраховувати за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пас}} = 0,045 \cdot V_{\text{пас}} + l_{\text{б/д}} + \varepsilon_{\text{дод}}, \quad (8)$$

де $\varepsilon_{\text{дод}}$ – додатковий коефіцієнт зйому, $\varepsilon_{\text{дод}} = 3,4$.

Наведені формули (7) та (8) розрахунку коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими можуть бути використані при розрахунках пропускної спроможності одноколіїних залізничних напрямків з двохколіїними вставками.

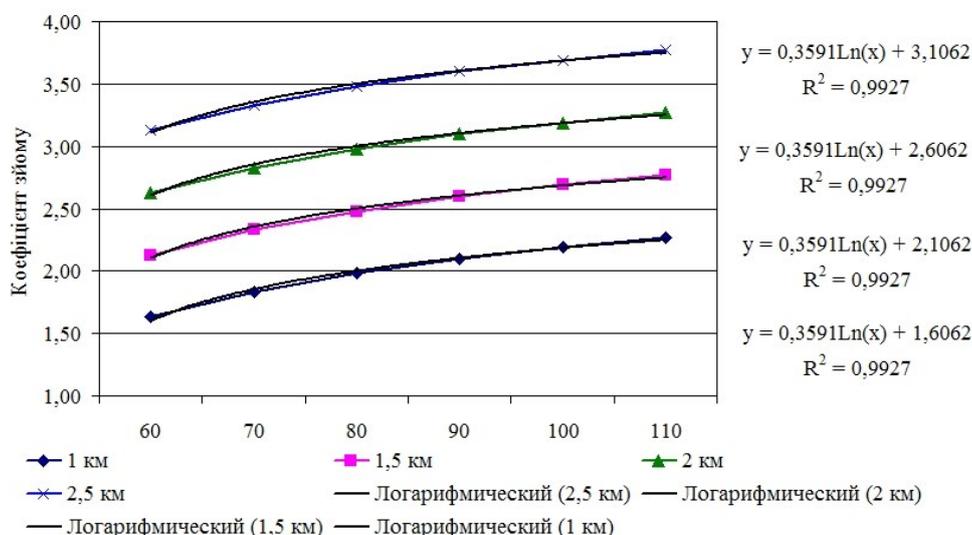


Рис. 1 – Апроксимація коефіцієнту зйому при швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкості руху пасажирських поїздів до 120 км/год

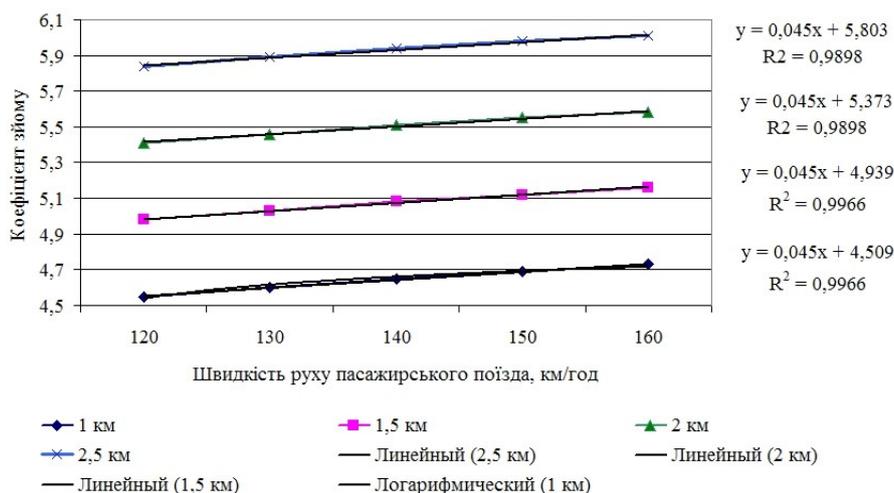


Рис. 2 – Апроксимація коефіцієнту зйому при швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год та швидкості руху пасажирських поїздів від 121 до 160 км/год

Результати дослідження пропускної спроможності на одноколіїних ділянках з двохколіїними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів. В результаті проведених досліджень необхідно відмітити, що апроксимація коефіцієнту зйому вантажних поїздів при швидкостях вантажного поїзда 60 км/год та пасажирського поїзда до 120 км/год розраховується за логарифмічним законом розподілення, а при прискореному русі з швидкістю пасажирських поїздів від 121 до 160 км/год – за лінійною формулою.

При звичайній швидкості руху пасажирських поїздів (до 120 км/год) та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год, довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км та середній довжині міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому має коливання від 1,7 до 3,8.

При прискореному русі пасажирських поїздів (від 121 до 160 км/год) та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год, довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,6 км та довжини міжстанційного перегону 10 км коефіцієнт зйому має коливання від 4,5 до 6,1.

Наявна пропускна спроможність одноколіїного залізничного напрямку з двохколіїними вставками для вантажних поїздів при обертанні на ньому 18 пар пасажирських поїздів, які рухаються зі звичайною швидкістю (до 120 км/год) та двох пар прискорених пасажирських поїздів (швидкість від 121 до 160 км/год), відрізняється від розрахункової за існуючими методиками.

Наявна пропускна спроможності одноколіїного залізничного напрямку з двохколіїними вставками для вантажного руху складає 46 пар поїздів на добу, при застосуванні коефіцієнта зйому вантажних поїздів пасажирськими 1,52, для розмірів вантажного руху залишається 15,6 пар поїздів на добу.

Наявна пропускна спроможність одноколіїного залізничного напрямку з двохколіїними вставками для вантажного руху при змінному коефіцієнту зйому вантажних поїздів пасажирськими з урахуванням 18 пар па-

сажирських поїздів зі звичайною швидкістю руху (до 120 км/год) та двох пар прискорених пасажирських поїздів в залежності від їх швидкості та різній довжині блок-ділянок від 1, 0 до 2,5 км для розмірів вантажного руху має коливання від 11 до 14 пар поїздів на добу.

Діаграму залежності можливої пропускної спроможності одноколіїного залізничного напрямку з двохколіїними вставками для вантажного руху при змінному коефіцієнту зйому вантажних поїздів пасажирськими та різній довжині блок-ділянок від 1, 0 до 2,5 км наведено на рис. 3.

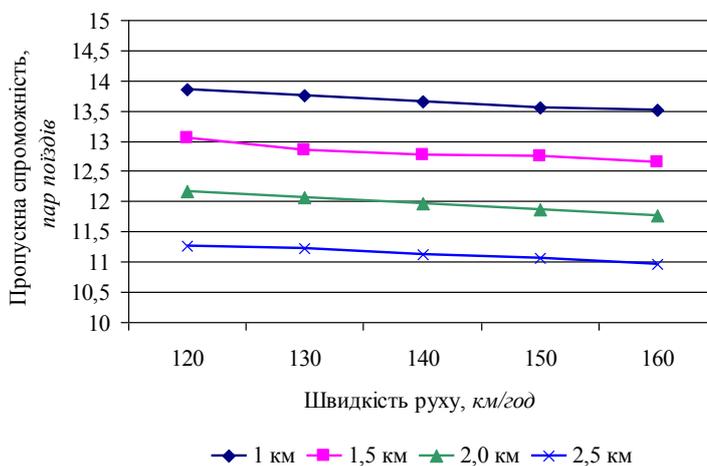


Рис. 3 – Діаграма залежності можливої пропускної спроможності для вантажного руху з урахуванням прискореного руху двох пар пасажирських поїздів та різній довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,5 км

Виходячи з проведених досліджень можливо констатувати, що використання існуючих методик розрахунків пропускної спроможності залізничних напрямків на дають точних результатів. При застосуванні проведених досліджень отримані залежності пропускної спроможності одноколіїних залізничних напрямків з двохколіїними вставками при використанні прискореного руху пасажирських поїздів дають більш точні результати.

Обговорення результатів дослідження пропускної спроможності на одноколіїних ділянках з двоколіїними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів. Наявна пропускна спроможність одноколіїної дільниці з двоколіїними вставками Помічна – Колосівка залізничного напрямку Знам'янка – Одеса для вантажного руху, яка розрахована при змінних коефіцієнтах зйому вантажних поїздів пасажирськими з урахуванням 18 пар пасажирських поїздів зі звичайною швидкістю руху (до 120 км/год) та двох пар прискорених пасажирських поїздів в залежності від їх швидкості та різній довжині блок-ділянок від 1,0 до 2,5 км для розмірів вантажного руху має коливання від 11 до 14 пар поїздів на добу.

При звичайній швидкості руху пасажирських поїздів (до 120 км/год) та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год, коефіцієнт зйому має коливання від 1,7 до 3,8. При прискореному русі пасажирських поїздів (від 121 до 160 км/год) та швидкості руху вантажних поїздів 60 км/год, коефіцієнт зйому має коливання від 4,5 до 6,1.

Наявна пропускна спроможність одноколіїної дільниці з двоколіїними вставками Помічна – Колосівка залізничного напрямку Знам'янка – Одеса для вантажного руху, яка розрахована за існуючою методикою при аналогічних вихідних даних складає 15,6 пар поїздів на добу.

Коефіцієнт зйому вантажних поїздів пасажирськими, розрахований за існуючою методикою складає 1,52.

При зрівнянні результатів досліджень розрахунку наявної пропускної спроможності для вантажного руху, яку запропоновано автором, існуючою методикою та фактичної можливої пропускної спроможності дільниці Помічна – Колосівка відхилення складає: для запропонованої методики – 6 %, для існуючої методики – 23 %.

Для більш поглибленого дослідження пропускної спроможності одноколіїного залізничного напрямку з двоколіїними вставками запропоновану методику можливо поглибити за рахунок введення змінної швидкості вантажних поїздів.

В якості обмежень, в запропонованій методиці розрахунку пропускної спроможності на одноколіїному напрямку з двоколіїними вставками, прийняті розміри руху прискорених пасажирських поїздів в даній дільниці. Автор не може стверджувати, що при застосуванні запропонованої методики розрахунку на інших одноколіїних ділянках з двоколіїними вставками інфраструктури Укрзалізниці будуть отримані аналогічні результати.

Розроблені процедури і методи можуть бути використані при створенні автоматизованих систем підтримки прийняття рішень при організації перевезень вантажів по одноколіїних залізничних напрямках з двоколіїними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів; при розробці АРМ диспетчерського персоналу оперативно-розпорядчих відділів дирекцій та залізниць; при організації руху вантажних поїздів за погодженими розкладами

Рекомендовані залежності розрахунку пропускної спроможності одноколіїних залізничних напрямків з двоколіїними вставками дозволяють отримати більш точні результати в порівнянні з методиками, наведеними [2-7, 9-12], з урахуванням прискореного руху пасажирських поїздів та вимог [8].

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено:

1. Коефіцієнти зйому вантажних поїздів пасажирськими, які рухаються зі швидкістю до 120 км/год, змінюються за логарифмічним законом розподілення та мають коливання від 1,7 до 3,8 в залежності від довжини блок-ділянок та змінній швидкості руху прискорених пасажирських поїздів.

Коефіцієнти зйому вантажних поїздів пасажирськими, які рухаються зі швидкістю від 121 до 160 км/год, змінюються за лінійною формулою розподілення та мають коливання від 4,5 до 6,1 в залежності від довжини блок-ділянок та змінній швидкості руху прискорених пасажирських поїздів.

2. Удосконалено математичну модель розрахунку наявної пропускної спроможності одноколіїних залізничних напрямків з двоколіїними вставками, яка на відміну від існуючих, дозволяє визначити вплив прискореного руху пасажирських поїздів на пропускну спроможність для вантажного руху в залежності від довжини блок-ділянок та забезпечує відхилення від фактичних розмірів руху 6 %.

Список літератури: 1. Статут залізниць України [Текст] / Затв. постановою кабінету міністрів України від 6.04.1998 р № 457. 2. Организация движения на железнодорожном транспорте [Текст] / Под ред. Ф. П. Кочнева. М.: Транспорт, 1979. - 568 с. 3. Левин, Д. Ю. Расчет и использование пропускной способности железных дорог: монография [Текст] / Д. Ю. Левин, В. Л. Павлов – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. - 364 с. - ISBN 978-5-9994-0083-3 4. Бородин, А. Ф. Эксплуатационная работа железнодорожных направлений [Текст] / А. Ф. Бородин // Труды ВНИИАС. Вып. 6. – М.: БизнесПроект. – 2008. – С. 307-314. 5. Железнов, Д. В. Оптимизация движения поездов при ограничениях пропускной способности «окна» для производства капитального ремонта пути [Текст] / Д. В. Железнов, Е. Н. Светлакова. – Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2012. – 120 с. – ISBN 978-3-8484-1252-5. 6. Железнов, Д. В. Методология усиления провозной способности железных дорог России в условиях реформы отрасли [Текст]: диссертация доктора техн. наук / Д. В. Железнов; Моск. гос. ун-т путей сообщ. – М., 2013. – 324 с. 7. Батурин, А. П. Теория выбора оптимального развития технического оснащения сети железных дорог [Текст] / диссертация доктора техн. наук / А. П. Батурин; М: МИИТ. – 2000. – 336 с. 8. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу [Текст] / Затв. нац. Укрзалізниці від 12.07.02 № 360-Ц 9. Виноградов, С. А. Предложения по разработке и автоматизации технологии оценки влияния параметров перевозочного процесса на пропускные способности участков железных дорог [Текст] / С. А. Виноградов // Бюллетень объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2012. – № 3. – С. 22-26. 10. Анисимов, П. С. Высокоскоростные железнодорожные магистрали и пассажирские поезда: монография [Текст] / П. С. Анисимов, А. А. Иванов – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 542 с. - ISBN 978-5-9994-0088-8 11. Вернигора, Р. В. Аналітичний розрахунок коефіцієнтів зйому вантажних поїздів пасажирськими в умовах швидкісного руху [Текст] / Р. В. Вернигора, О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова//Східно-Європейський журнал передових технологій – 2013. № 2/3 (62) - С. 51-55. 12. Папахов, О. Ю. Обгрунтування руху поїздів на напрямках за погодженими розкладами [Текст] / О. Ю. Папахов, Н. О. Логвінова //Науковий журнал «Електрифікація транспорту». – 2014, № 8, с. 110 – 116.

Bibliography (transliterated): 1. Postanovoyu kabinetu ministriv Ukraini No 457/ (1998). Statut zaliznits Ukraini. 2. Kochnev, F. (1979). Organizatsiya dvizheniya na zheleznodorozhnom transporte. 568 p. 3. Levin, D., Pavlov V. (2111). Raschet i ispolzovanie propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog: monografiya. M.: FGOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniiyu na zheleznodorozhnom transporte», p. 364 s.-ISBN 978-5-9994-0083-3 4. Borodin, A. (2008). Eksploatatsionnaya rabota zheleznodorozhnykh napravleniy. Trudy VNIAS, 6, M: BiznesProekt, 307-314. 5. Zheleznov, D., Svetlakova E.

(2012). Optimizatsiya dvizheniya poezdov pri ogranicheniyah propusknoy sposobnosti «okna» dlya proizvodstva kapitalnogo remonta puti. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, p. 120 s. – ISBN 978-3-8484-1252-5. **6.** Zheleznov, D. (2013). Metodologiya usileniya provoznoy sposobnosti zheleznih dorog Rossii v usloviyah reformy otrasli. dissertatsiya doktora tehn. Nauk. Mosk. gos. un-t putey soobsch. – M., p. 324. **7.** Baturin, A. (2000). Teoriya vyibora optimalnogo razvitiya tehnikeskogo osnascheniya seti zheleznih dorog. dissertatsiya doktora tehn. Nauk. – M: MИТ, p. 336. **8.** nak. Ukrzaliznitsi vid 12.07.02 no 360-TS. (2002). Timchasova instruktsiya z organizatsiyi shvidkissnogo ruhu pasazhirskih poyizdiv. Vimogi do infrastrukturi ta ruhomogo skladu. **9.** Vinogradov, S. (2012). Predlozheniya po razrabotke i avtomatizatsii tehnologii otsenki

vliyaniya parametrov perevozhnogo protsessa na propusknyie sposobnosti uchastkov zheleznih dorog. Byulleten ob'edinyonnogo uchyonogo soveta OAO «RZhD», 3, 22-26. **10.** Anisimov P., Ivanov A. (2011). Vyisokoskorostnyie zheleznodorozhnyie magistrali i passazhirskie poezda: monografiya. –M.: GOU «Uchebno-metodicheskiy tsentr po obrazovaniyu na zheleznodorozhnom transporte», p. 542 - ISBN 978-5-9994-0088-8 **11.** Vernigora, R., Papahov O., Logvinova N. (2013). Analitichniy rozrahunok koefitsientiv z'yomu vantazhnih poizdiv pasazhirskimi v umovah shvidkissnogo ruhu. Shidno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy, 2/3 (62), 51-55. **12.** Papahov, O., Logvinova N. (2014). Obgruntuvannya ruhu poyizdiv na napryamkah za pogodzhenni rozkladami. Naukoviy zhurnal «Elektrifikatsliya transportu», 8, 110 – 116.

Надійшла (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Логвінова Наталія Олександрівна – кандидат технічних наук, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доцент кафедри "Управління експлуатаційною роботою"; тел.: 067-524-43-22; e-mail: nata4ka8007@mail.ru.

Логвинова Наталья Александровна – кандидат технических наук, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, доцент кафедры "Управление эксплуатационной работой"; тел.: 067-524-43-22; e-mail: nata4ka8007@mail.ru.

Logvinova Natalya – candidate of technical sciences, associate professor, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician Lazarian; tel.: 067-524-43-22; e-mail: nata4ka8007@mail.ru

УДК 621.341

И. И. СИЛИ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ Е-СЕКТОРИАЛЬНОГО РУПОРА

В работе проведено теоретическое обоснование параметров широко-полосной антенны для угнетения жизнедеятельности колорадского жука и его личинок. Применение радиоимпульсного электромагнитного излучения для борьбы с колорадским жуком предусматривает использование секториальных рупорных излучателей с расширением в плоскости вектора \vec{E} . Е-секториальный рупор наиболее подходит для решения поставленной в работе задачи, так как обеспечивает более широкую диаграмму направленности в плоскости параллельной поверхности земли, а вектор \vec{E} в излучающем раскрыве будет перпендикулярен поверхности земли.

Ключевые слова: широкополосная радиоимпульсная антенна, диаграмма направленности антенны, колорадский жук, Е-секториальный рупор.

Введение. В сельскохозяйственном производстве Украины важное место занимает выращивание картофеля. Поэтому с повсеместным выращиванием картофеля возрастают и требования по защите его от насекомых-вредителей, которые влияют на качество и количество урожая. Самым опасным вредителем картофеля является колорадский жук [1]. В настоящее время в Украине для уничтожения колорадского жука применяют только химические препараты: хлорофос, полихлорпинен, полихлоркамфен, гамма-изомер, дилор, фталфос и др. Применение химических препаратов вызывает обеднение биоценоза, загрязнение биосферы, появление устойчивых к пестицидам вредителей, повышение плодovitости отдельных насекомых, хрущей и др. Химические препараты, попадая в организм человека через клубни картофеля, снижают иммунитет, поражают печеньку и другие органы, что приводит к разным заболеваниям, раннему старению [2].

Следовательно, для сохранения и повышения урожайности картофеля нужны другие подходы, основанные на применении информационно-энергетической радиоимпульсной электромагнитной технологии для уничтожения колорадского жука [3].

Таким образом, исследования и разработка метода радиоимпульсной электромагнитной биотехнологии и электронных систем, в том числе и Е-секториальной рупорной антенны, для уничтожения колорадского жука и его личинок является, несомненно, необходимой задачей.

Анализ предшествующих исследований и постановка проблемы. Различные типы антенн нашли широкое применение в радиолокации, исследовании электромагнитной совместимости и устойчивости радиоэлектронных систем и в других условиях [4,5]. В радиолокации для передачи широких импульсов применяются антенны поверхностных волн и волноводно-рупорные антенны. К классу излучающих систем поверхностных волн относятся антенны с замедленной фазовой скоростью ($V_{\phi} < c$) [6]. Характерной особенностью таких антенн являются их малые поперечные размеры. В качестве плоских замедляющих систем используются структуры в виде тонкого слоя диэлектрика на металлической подложке и гребенчатые структуры. К недостаткам антенн поверхностных волн следует отнести сравнительно мало

© И. И. Сили, 2015

реализуемое усиление и относительно высокий уровень боковых лепестков. Таким образом, применение антенн подобного типа для решения поставленной в работе задачи нерационально. Волноводно-рупорные антенны, в отличие от рассмотренных выше антенных систем, являются широкополосными устройствами и обеспечивают примерно полуторное перекрытие по диапазону. Различают конические, пирамидальные и секториальные излучатели. Конические рупорные антенны строятся на базе круглого волновода. Они имеют ряд недостатков: у таких антенн плоскость поляризации поля неустойчива и может легко изменяться при незначительных деформациях стенок; поле в раскрытии такого конического излучателя поляризовано неодинаково в различных точках. Поэтому остановимся на пирамидальных и секториальных рупорных антеннах. Подобного типа излучатели строятся на базе прямоугольных волноведущих систем. Так как антенны первого типа используются, как правило, для получения узкой ДН в двух взаимно перпендикулярных плоскостях за счет увеличения поперечных размеров раскрытия рупора, то наиболее приемлемыми для решения задачи по борьбе с колорадским жуком представляются секториальные рупорные излучатели, анализ которых в литературных источниках проведен недостаточно [7]. Поэтому использование такого типа антенной системы для наших конкретных целей требует проведения дополнительных исследований.

Цель статьи. Проведение теоретических исследований по определению параметров и диаграммы направленности E-секториального рупорного излучателя для уничтожения колорадских жуков.

Изложение основного материала. Для определения напряженности электрического поля E-секториального рупора в дальней зоне $E_E(\theta)$ используем правило Бонч-Бруевича [8]. Сначала рассмотрим плоскость xOz (рис. 1).

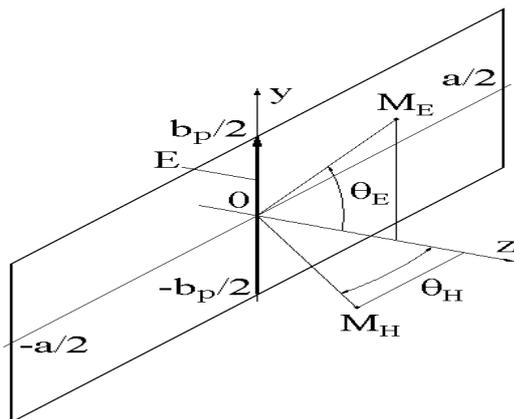


Рис. 1 – Излучающий раскрыт E-секториального рупора

Предполагаем, что значение напряженности электрического поля одиночного излучателя Гюйгенса в дальней зоне нам известно [9]. Поэтому для расчета поля раскрытия в этой зоне представим его заполненным непрерывно расположенными излучателями Гюйгенса, амплитуда, фаза и направление токов которых одинаковы. Таким образом, для расчета функции направленности системы идентичных и одинаково

ориентированных излучателей необходимо функцию направленности одного излучателя $E_r(\theta_H)$ умножить на функцию направленности системы излучателей $E_{cr}(\theta_H)$, рассматриваемых как ненаправленные [9]. Таким образом, напряженность поля раскрытия в плоскости вектора \vec{H} найдем из выражения

$$E_E(\theta_H) = E_r(\theta_H) E_{cr}(\theta_H), \quad (1)$$

где $E_{cr}(\theta_H) = E_y(\rho, \phi) = E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left[-i \frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right]$

С учётом обратного преобразования Фурье от амплитудно-фазового распределения в раскрытии рассматриваемого рупора, соотношение (1) примет вид

$$E_E(\theta_H) = E_r(\theta_H) \times \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b_p/2}^{b_p/2} E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left(-i \frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) \exp(ikx \sin \theta_H) dx dy = E_0 E_r(\theta_H) \int_{-a/2}^{a/2} \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp(ikx \sin \theta_H) dx \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i \frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) dy \quad (2)$$

Опуская промежуточные выкладки и учитывая, что $\cos(u) = (e^{iu} + e^{-iu})/2$, $\sin(u) = (e^{iu} - e^{-iu})/2i$ [10], запишем выражение (2) в виде

$$E_E(\theta_H) = E_0 E_r(\theta_H) K_2 \frac{2a}{\pi} \frac{\cos\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta_H\right)}{1 - \left(\frac{2a}{\lambda} \sin \theta_H\right)^2}, \quad (3)$$

где $K_2 = \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i \frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) dy$. Этот интеграл в слу-

чае рассматриваемого нами сечения xOz ($y=0$) равен b_p . В направлении, перпендикулярном к раскрытию

рупорного излучателя ($\theta_E = 0^\circ$), $E_E^{\max}(0^\circ) = E_0 \frac{2a}{\pi} b_p$,

$E_r(0^\circ) = 1$. После нормировки

($F_E(\theta_H) = E_E(\theta_H) / E_E^{\max}(0^\circ)$) запишем в окончательном виде выражение, определяющее ДН E-секториального рупора в плоскости xOz (рис. 1).

$$F_E(\theta_H) = \left| E_E(\theta_H) / E_E^{\max}(0^\circ) \right| = \left| F_r(\theta_H) \frac{\cos\left(\frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta_H\right)}{1 - \left(\frac{2a}{\lambda} \sin \theta_H\right)^2} \right|, \quad (4)$$

где $F_r(\theta_H) = E_r(\theta_H) / E_r(0^\circ) = (1 + \cos \theta_H) / 2$ - нормированная ДН одиночного излучателя Гюйгенса в дальней зоне [9].

Соотношение, определяющее ДН E-секториального рупора в плоскости yOz , имеет вид

$$F_E(\theta_E) = \left| E_E(\theta_E) / E_E^{\max}(0^\circ) \right|. \quad (5)$$

Для анализа ДН Е-секториального рупора в плоскости yOz запишем выражение, определяющее напряженность электрического поля раскрыва в дальней зоне в плоскости вектора \vec{E}

$$E_E(\theta_E) = E_\Gamma(\theta_E) \times \int_{-a/2}^{a/2} \int_{-b_p/2}^{b_p/2} E_0 \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) \exp\left(-i\frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) \exp(iky \sin\theta_E) dx dy = E_0 E_\Gamma(\theta_E) \int_{-a/2}^{a/2} \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i\frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) \exp(iky \sin\theta_E) dy \quad (6)$$

При анализе выражения (6) рассмотрим второй интеграл, который запишем в следующем виде

$$E_E^{(2)}(\theta_E) = \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i\frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) \exp(iky \sin\theta_E) dx = \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i\pi\left(\frac{y^2}{\lambda R_E} - \frac{2}{\lambda} y \sin\theta_E\right)\right) dx \quad (7)$$

В результате преобразования показателя степени экспоненты в выражении (7) было получено уравнение (8)

$$-i\pi\left(\frac{y^2}{\lambda R_E} - \frac{2}{\lambda} y \sin\theta_E\right) = -\frac{i\pi}{2} \left[\left[\frac{y\sqrt{2}}{\sqrt{\lambda R_E}} - \frac{\sqrt{2R_E}}{\sqrt{\lambda}} \sin\theta_E \right]^2 - \frac{2R_E}{\lambda} (\sin\theta_E)^2 \right] \quad (8)$$

После введения новой переменной $u = \left[\frac{y\sqrt{2}}{\sqrt{\lambda R_E}} - \frac{\sqrt{2R_E}}{\sqrt{\lambda}} \sin\theta_E \right]$ выражение (8) принимает вид

$$E_E^{(2)}(\theta_E) = M \int_{-V_2}^{V_1} \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du, \quad (9)$$

где, $V_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\frac{b_p}{\sqrt{\lambda R_E}} - 2\sqrt{\frac{R_E}{\lambda}} \sin\theta_E \right],$

$$V_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[\frac{b_p}{\sqrt{\lambda R_E}} + 2\sqrt{\frac{R_E}{\lambda}} \sin\theta_E \right].$$

На основании определения [10]

$$\int_{-a}^0 f(x) dx = \int_0^a f(-x) dx, \quad (10)$$

выражение (9) принимает вид

$$E_E^{(2)}(\theta_E) = M \left[\int_0^{V_1} \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du + \int_0^{V_2} \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du \right] \quad (11)$$

Первый и второй интегралы, входящие в (11), с учётом с учетом формулы Эйлера [10] запишутся в следующем виде:

$$\int_0^{V_1} \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du = \int_0^{V_1} \cos\left(\frac{\pi}{2} u^2\right) du - i \int_0^{V_1} \sin\left(\frac{\pi}{2} u^2\right) du \quad (12)$$

$$\int_0^{V_2} \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du = \int_0^{V_2} \cos\left(\frac{\pi}{2} u^2\right) du - i \int_0^{V_2} \sin\left(\frac{\pi}{2} u^2\right) du \quad (13)$$

Интегралы, входящие в соотношения (12) и (13), называются интегралами Френеля и будут определяться выражениями [11]

$$C\left(\frac{\pi}{2} z^2\right) = \int_0^z \cos\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt, \quad S\left(\frac{\pi}{2} z^2\right) = \int_0^z \sin\left(\frac{\pi}{2} t^2\right) dt \quad (14)$$

С учетом соотношений (12)-(14) выражение (11) запишется в следующем виде

$$E_E^{(2)}(\theta_E) = M \left\{ \left[C\left(\frac{\pi}{2} V_1^2\right) + C\left(\frac{\pi}{2} V_2^2\right) \right] - i \left[S\left(\frac{\pi}{2} V_1^2\right) + S\left(\frac{\pi}{2} V_2^2\right) \right] \right\} \quad (15)$$

При рассмотрении первого интеграла, входящего в выражение (6), было установлено, что он определяется равенством

$$E_E^{(1)}(\theta_E) = \int_{-a/2}^{a/2} \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx = 2 \int_0^{a/2} \cos\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx = \frac{2a}{\pi} \int_0^{\pi/2} \cos g dg = \frac{2a}{\pi} \quad (16)$$

На основании полученных выражений (15) и (16), определяющих

интегралы, входящие в выражение (6), запишем последнее в виде

$$E_E(\theta_E) = E_0 E_\Gamma(\theta_E) \frac{2a}{\pi} \left\{ M \left[\left[C\left(\frac{\pi}{2} V_1^2\right) + C\left(\frac{\pi}{2} V_2^2\right) \right] - i \left[S\left(\frac{\pi}{2} V_1^2\right) + S\left(\frac{\pi}{2} V_2^2\right) \right] \right] \right\} \quad (17)$$

Напряжённость поля, в направлении перпендикулярном к раскрыву рупорного излучателя, будет определяться выражением

$$E_E^{\max}(0^\circ) = E_0 E_\Gamma(0^\circ) \frac{2a}{\pi} \int_{-b_p/2}^{b_p/2} \exp\left(-i\frac{\pi y^2}{\lambda R_E}\right) dy \quad (18)$$

После введения новой переменной $p = \frac{y\sqrt{2}}{\sqrt{\lambda R_E}}$

выражение (18) примет вид

$$E_E^{\max}(0^\circ) = E_0 E_\Gamma(0^\circ) \frac{2a}{\pi} N \int_{-W}^W \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du = E_0 E_\Gamma(0^\circ) \frac{2a}{\pi} N \int_0^W \exp\left(-i\frac{\pi}{2} u^2\right) du \quad (19)$$

где $N = \frac{\sqrt{\lambda R_E}}{\sqrt{2}}, \quad W = \frac{b}{\sqrt{2\lambda R_E}}.$

Интеграл в выражении (19), с учетом формулы Эйлера [10], примет вид

$$\int_0^w \exp\left(-i\frac{\pi}{2}u^2\right) du = \int_0^w \cos\left(\frac{\pi}{2}u^2\right) du - i \int_0^w \sin\left(\frac{\pi}{2}u^2\right) du. \quad (20)$$

Интегралы, входящие в соотношение (20), как было показано выше, называются интегралами Френеля. Они определяются соотношением (14). Теперь запишем в окончательном виде выражение (18)

$$E_E^{\max}(0^\circ) = E_0 E_G(0^\circ) \frac{4a}{\pi} N \left[C\left(\frac{\pi}{2}W^2\right) - iS\left(\frac{\pi}{2}W^2\right) \right]. \quad (21)$$

При $\theta_E = 0^\circ$ $E_G(0^\circ) = 1$, а $F_G(\theta_E) = E_G(\theta_E) / E_G(0^\circ) = (1 + \cos\theta_E) / 2$ - нормированная ДН одиночного излучателя Гюйгенса в дальней зоне. Теперь с учетом (17) и (21) запишем выражение (5), определяющее ДН Е-секториального рупора в плоскости yOz (см. рис.1).

$$F_E(\theta_E) = \frac{(1 + \cos\theta_E) \left\{ M \left[C\left(\frac{\pi}{2}V_1^2\right) + C\left(\frac{\pi}{2}V_2^2\right) \right] - i \left[S\left(\frac{\pi}{2}V_1^2\right) + S\left(\frac{\pi}{2}V_2^2\right) \right] \right\}}{4 N \left[C\left(\frac{\pi}{2}W^2\right) - iS\left(\frac{\pi}{2}W^2\right) \right]}. \quad (22)$$

Численный анализ полученных выражений (4,22) показал, что для угнетения репродуктивной способности колорадского жука необходимо применять секториальную рупорную антенну с параметрами: поперечные размеры 40x11мм; длина рупора 40мм; ширина диаграммы направленности по уровню -8дБ в плоскости xOz 800мм; коэффициент отражения от раскрыва антенны не должен превышать величины 310⁻⁴.

Выводы. Полученные выражения (4) и (22) позволяют построить диаграммы направленности для различных параметров Е - секториальной антенны.

Список литературы: 1. Hare, J. D. Ecology and management of the Colorado potato beetle [Text] / J. D. Hare // Ann. Rev. Entomol. - 1990. - Palo. 35. - P.81-100. 2. Григорьев, И. В. Опыт борьбы с особо опас-

ными вредителями [Текст] / И. В. Григорьев // Защита и карантин растений. - 2004. - №1. - С. 12-14. 3. Козак, А. В. Применение ЭМП для уничтожения в почве биологических вредителей корневой системы растений [Текст] / А. В. Козак // Вестник Национального технического университета «ХПИ». - 2012. - №14. - С. 13-15. 4. Giri, D. V. Design, Fabrication, and Testing of a Parabolic Reflector Antenna and Pulse System for impulse like Waveforms [Text] / D. V. Giri, H. Lackner, I. D. Smith, D. W. Morton, C. E. Baum, J. R. Marek // IEEE Trans. Plasma Sci. - 1997. - V. 25, № 2. - P. 318-326. 5. Воскресенский, Д. И. Устройства СВЧ и антенны [Текст] / Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов, Л. И. Лономарев // Под ред. Д. И. Воскресенского. - М.: Радиотехника, 2006. - 376 с. 6. Farr, E. G. Impulse radiating antennas [Text] / E. G. Farr, C. E. Baum // Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics / Ed. by H. L. Bertoni, L. Karin, and L.B. Felsen.- New York: Plenum Press, 1993. - P. 139-147. 7. Хала, А. В. Алгоритм расчета сверхширокополосной антенны [Текст] / А. В. Хала, А. В. Корольков // Математическая морфология. Электрон. Математический и медико-биологический журнал. - 2010. - Т.9. - Вып. 1. URL: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/TITL.HTM>. 8. Есютин, Л. С. Элементы антенно-волноводных устройств [Текст] / Л. С. Есютин. - М.: Изд-во МГУ, 1964. - 104 с. 9. Шубарин, Ю. В. Антенны сверхвысоких частот [Текст] / Ю. В. Шубарин. - Харьков: Изд-во ХГУ, 1960. - 284 с. 10. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов [Текст] / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. - М.: Наука, 1986. - 544 с. 11. Янке, Е. Специальные функции (Формулы, графики, таблицы): пер. с нем. под ред. Л. И. Седова [Текст] / Е. Янке, Ф. Эмде, Ф. Леш. - М.: Наука, 1964. - 344 с.

Bibliography (transliterated): 1. Hare, J. D. (1990). Ecology and management of the Colorado potato beetle. Ann. Rev. Entomol. 35, 81-100. 2. Grigorev, I. V. (2004). Experience in fighting against dangerous pests. Protection and Quarantine of Plants, 1, 12-14. 3. Kozak, A. V. (2012). Application of EMF for killing biological pests in the root system in the soil. Journal of National Technical University "KhPI", 14, 13-15. 4. Giri, D. V., Lackner, H., Smith, I. D., Morton, D. W., Baum, C. E., Marek, J. R. (1997). Design, Fabrication, and Testing of a Parabolic Reflector Antenna and Pulse System for impulse like Waveforms. IEEE Trans. Plasma Sci, 25, № 2, 318-326. 5. Voskresensky, D. I., Gostyukhin, V. L., Maksimov, V. M., Ponomarev, L. I. (2006). Microwave devices and antennas. Ed. DI Resurrection. Moscow: Radio Engineering, 376. 6. Farr, E. G., Baum, C. E. (1993). Impulse radiating antennas. Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics. Ed. by H.L. Bertoni, L. Karin, and L.B. Felsen.- New York: Plenum Press, 139-147. 7. Hala, A. V., Korolkov, A. V. (2010). Algorithm for calculating UWB antenna. Mathematical morphology. Electron. Mathematical and biomedical journal, T. 9, Iss. 1. 8. Eshutin, L. S. (1964). Elements of the antenna waveguide devices. Moscow: MGU, 104. 9. Shubarin, J. V. (1960). Microwave antennas. Kharkov: Publishing House of the KSU, 284. 10. Bronstein, I. N., Semendyaev, K. A. (1986). Handbook of mathematics for engineers and students of technical colleges. Moscow: Nauka, 544. 11. Jahnke, E., Emde, F. Lesh, F. (1964). Special functions (formulas, graphs, tables). Moscow: Nauka, 344

Поступила (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Сили Иван Иванович – аспирант, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, кафедра «Технотроники и теоретической электротехники»; e-mail: tte_mnekt@ukr.net.

Сілі Іван Іванович – аспірант, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, кафедра «Технотроніки і теоретичної електротехніки»; e-mail: tte_mnekt@ukr.net.

Sealy Ivan – postgraduate student, P. Vasilenko Kharkiv national technical University of agriculture named after, Department Technotronic and theoretical electrical engineering; e-mail: tte_mnekt@ukr.net.

УДК 631.371

В. А. МАЗУР

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СО СКАЧКООБРАЗНЫМ РАСШИРЕНИЕМ ВОЛНОВОДА В Н-ПЛОСКОСТИ

Приведен анализ колебательной системы со скачкообразным расширением волновода в плоскости - Н и определены её параметры для шестидиодного генератора с параллельным включением диодов в общей электродинамической системе. Прямоугольные волноводы со скачкообразным расширением в H - плоскости являются наиболее простыми открытыми резонаторами. Такие электродинамические системы могут найти практическое применение в качестве сумматоров мощностей активных элементов в сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн.

Ключевые слова: волноводный резонатор, многодиодный генератор, общая электродинамическая систем, скачкообразное расширение волновода в H - плоскости.

Введение. Состояние агропромышленного комплекса Украины за последнее десятилетие характеризуется сложившейся и продолжающейся углубляться тенденцией спада производства молока, мяса и шерсти не только за счет уменьшения поголовья, но и за счет их болезней [1].

В современных условиях для лечения животных используются антибиотики, гормоны и другие химические препараты. Антибиотики и другие медикаменты, попадая в организм человека через молоко и мясо коров, угнетают иммунитет, поражают печень и другие органы, что приводит к различным заболеваниям. Поэтому немедикаментозное лечение животных является актуальной задачей [2].

Разработка немедикаментозных методов лечения животных на основе использования радиоимпульсных электромагнитных колебаний связана с исследованиями по созданию высокостабильных источников, отвечающих высоким требованиям по спектру выходных сигналов, диапазону перестройки частоты и мощности выходного сигнала [3,4].

Из литературных источников следует, что создание малогабаритных диодных генераторов, отвечающих требованиям по мощности излучения, возможно с помощью сумматоров мощности на основе высокочастотных резонаторов [5].

Анализ последних достижений и публикаций.

В настоящее время существуют работы [6,7], в которых рассматриваются методы расчёта коаксиальных, закрытых прямоугольных и цилиндрических резонаторов, открытых бочкообразных резонаторов, но результаты этих исследований не могут быть использованы для создания генераторов на лавинно-пролётных диодах (ЛПД), которые требуют определения числа суммируемых диодов в общей электродинамической системе резонатора с работой каждого диода в режиме максимальной мощности.

Цель статьи. Целью данной статьи является определение спектра колебаний собственных частот в симметричном H - расширении открытого резонатора волноводного типа и условий достижения максимальной выходной мощности при сложении нескольких импульсных ЛПД в резонаторе, а также исследование их энергетических и частотных характеристик.

Изложение основного материала. В качестве открытого резонатора волноводного типа будем рассматривать симметричное расширение прямоугольного волновода в H - плоскости. Такой резонатор является открытым, поскольку он нагружен на два полу-

бесконечных волновода, в которые возможно излучение энергии. С электродинамической точки зрения, амплитуды собственных колебаний такого резонатора, зависящие от времени по гармоническому закону $e^{-i\omega t}$ будут уменьшаться с увеличением времени, а собственные частоты являются комплексными числами с положительной мнимой частью.

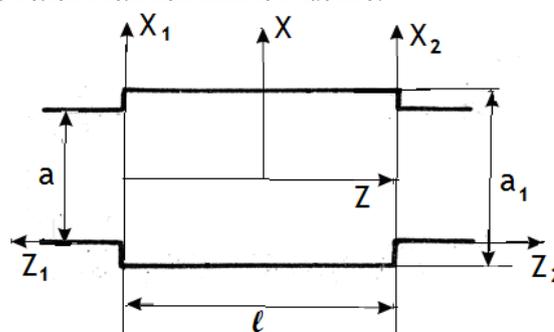


Рис. 1 - Симметричное расширение прямоугольного волновода в H - плоскости

Электродинамическая постановка спектральной задачи о собственных частотах и колебаниях волноводного резонатора состоит в определении частоты $\omega = 2\pi f$, при которых существуют нетривиальные решения однородных уравнений Максвелла [8,9].

$$\operatorname{rot} \vec{E} = i \frac{\omega}{c} \vec{H}, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = i \frac{\omega}{c} \vec{E}, \quad (1)$$

удовлетворяющие граничным условиям на поверхности резонатора - равенство нулю тангенциальной составляющей напряженности электрического поля.

Напряженности электрических и магнитных полей таких колебаний имеют следующие компоненты, не зависящие от координаты y :

$$\vec{E} = (0, E_y, 0), \quad \vec{H} = (H_x, 0, H_z). \quad (2)$$

В этом случае из (1) с учетом (2) имеем

$$\Delta E_y + K^2 E_y = 0, \quad (3)$$

$$H_x = -\frac{1}{iK} \frac{\partial E_y}{\partial z}, \quad H_z = \frac{1}{iK} \frac{\partial E_y}{\partial x}, \quad (4)$$

где $K = \frac{\omega}{c}$, (c - скорость света в вакууме).

© В. А. Мазур, 2015

Решение уравнения (3) будем искать методом частичных областей [10]. Для этого рассмотрим три области D_1, D_2 и D :

$$\begin{aligned} D_1 &= \{(x_1, z_1) : 0 \leq x_1 \leq a, z_1 \geq 0\}, \\ D_2 &= \{(x_2, z_2) : 0 \leq x_2 \leq a, z_2 \geq 0\}, \\ D &= \{(x, z) : -\frac{a_1}{2} \leq x \leq \frac{a_1}{2}, -\frac{l}{2} \leq z \leq \frac{l}{2}\}. \end{aligned} \quad (5)$$

Из рис. 1 видно, что области D_1 и D_2 совпадают с полубесконечными волноводами, а область D - с открытым волноводным резонатором. В соответствии с методом частичных областей в каждой из областей D_1, D_2 и D решение уравнения (3) ищем в виде рядов по базисным функциям. Так в областях D_1 и D_2 решение представим в виде

$$\begin{aligned} E_y &= \sum_{n=1}^{\infty} R_n \sin \frac{\pi n}{a} x_1 e^{-i\Gamma_n z_1}, \quad (x_1, z_1) \in D_1, \\ E_y &= \sum_{n=1}^{\infty} T_n \sin \frac{\pi n}{a} x_2 e^{i\Gamma_n z_2}, \quad (x_2, z_2) \in D_2, \end{aligned} \quad (6)$$

а в области D

$$E_y = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{\pi(x+a_1/2)}{a_1} (A_n e^{i\Gamma_n z} + A_{2n} e^{-i\Gamma_n z}), \quad (x, z) \in D \quad (7)$$

где $\Gamma_{1n} = \sqrt{K^2 - \left(\frac{\pi \cdot n}{a_1}\right)^2}$.

Легко видеть, что функция (7) удовлетворяет уравнению (3). Для определения неизвестных величин R_n, T_n, A_{1n}, A_{2n} следует воспользоваться граничными условиями

$$E_y|_{z=\pm l/2} = 0, \quad \text{при } \frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a_1}{2}, \quad -\frac{a_1}{2} \leq x \leq -\frac{a}{2}, \quad (8)$$

и условиями сопряжения на общих границах областей D_1, D_2 и D . Условия сопряжения состоят в непрерывности тангенциальных компонент электрического и магнитного полей при переходе общих границ частичных областей. Используя (4) и (6), (7) получаем, что на общих границах полубесконечных волноводов и резонатора, т. е. $z = \pm l/2$, $-\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a}{2}$, должны выполняться соотношения

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} R_n \sin \frac{\pi n}{a} \left(x + \frac{a}{2}\right) &= \\ = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{\pi n}{a_1} \left(x + \frac{a_1}{2}\right) (A_{1n} e^{-i\Gamma_{1n} l/2} + A_{2n} e^{i\Gamma_{1n} l/2}), \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} -\sum_{n=1}^{\infty} R_n \Gamma_n \sin \frac{\pi n}{a} \left(x + \frac{a}{2}\right) &= \\ = \sum_{n=1}^{\infty} \Gamma_{1n} \sin \frac{\pi n}{a_1} \left(x + \frac{a_1}{2}\right) (A_{1n} e^{-i\Gamma_{1n} l/2} + A_{2n} e^{i\Gamma_{1n} l/2}), \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} T_n \sin \frac{\pi n}{a} \left(x + \frac{a}{2}\right) &= \\ = \sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{\pi n}{a_1} \left(x + \frac{a_1}{2}\right) (A_{1n} e^{i\Gamma_{1n} l/2} + A_{2n} e^{-i\Gamma_{1n} l/2}), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} T_n \Gamma_n \sin \frac{\pi n}{a} \left(x + \frac{a}{2}\right) &= \\ = \sum_{n=1}^{\infty} \Gamma_{1n} \sin \frac{\pi n}{a_1} \left(x + \frac{a_1}{2}\right) (A_{1n} e^{i\Gamma_{1n} l/2} - A_{2n} e^{-i\Gamma_{1n} l/2}). \end{aligned} \quad (12)$$

Кроме условий сопряжения следует потребовать выполнения граничных условий (8). Подставляя (7) в (8) имеем

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sin \frac{\pi n}{a_1} \left(x + \frac{a_1}{2}\right) (A_{1n} e^{-i\Gamma_{1n} l/2} + A_{2n} e^{i\Gamma_{1n} l/2}) = 0. \quad (13)$$

Эти равенства должны выполняться при $\frac{a}{2} < x < \frac{a_1}{2}$ и $-\frac{a_1}{2} < x < -\frac{a}{2}$.

В результате теоретических исследований были получены уравнения для расчёта основных параметров волноводного сумматора мощности импульсного генератора:

$$\begin{cases} 1 - 4 \sum_{p=1}^{\infty} \bar{A}_{p1} \bar{B}_{1p} \operatorname{Re} \left[\frac{i \sqrt{\kappa^2 - p^2/4\theta^2}}{\sqrt{\kappa^2 - 0,25}} \operatorname{ctg} \left(\sqrt{\kappa^2 - \frac{p^2}{4\theta^2}} \pi L \right) \right] = 0, \\ 1 - 4 \sum_{p=1}^{\infty} \bar{A}_{p1} \bar{B}_{1p} I_m \left[\frac{i \sqrt{\kappa^2 - p^2/4\theta^2}}{\sqrt{\kappa^2 - 0,25}} \operatorname{ctg} \left(\sqrt{\kappa^2 - \frac{p^2}{4\theta^2}} \pi L \right) \right] = 0, \end{cases} \quad (14)$$

где $\kappa^2 = \kappa'^2 \left(1 - \frac{i}{2Q}\right)^2$; $L = \frac{\ell}{a}$; $\theta = \frac{a_1}{a}$; $Q = \kappa'/2\kappa''$;

$$\bar{A}_{p1} = \frac{i^{p-1}}{2\pi} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 1 - \pi \cdot p}{2\theta}\right)}{1-p\theta} - (1-(-1)^{1+p}) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 1 + \pi \cdot p}{2\theta}\right)}{1+p\theta} \right]; \quad (15)$$

$$\bar{B}_{1p} = \frac{i^{1+p}}{2\pi} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot p\theta - \pi \cdot 1}{2}\right)}{p - \frac{1}{\theta}} - (1-(-1)^{1+p}) \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot p\theta + \pi \cdot 1}{2}\right)}{p + \frac{1}{\theta}} \right].$$

Системы уравнений (14) и (15) можно рассматривать относительно двух искомого параметров θ и L при заданных значениях нормированной частоты κ и добротности Q . Численное решение уравнений (14) и (15) проводилось методом Ньютона [10]. На рис. 2 в координатах θ, L представлены линии равных добротностей H_{203} -колебания, каждой точке которых отвечают определенные значения реальной части нормированной собственной частоты κ'_{23} . С помощью этих данных расчетов можно установить

размеры волноводного резонатора, поддерживающего H_{203} - колебание с заданными добротностью Q и реальной частью частоты.

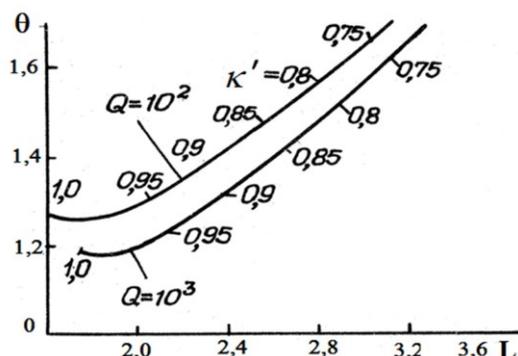


Рис. 2 - Зависимость $\theta(L)$ для H_{203} - колебания

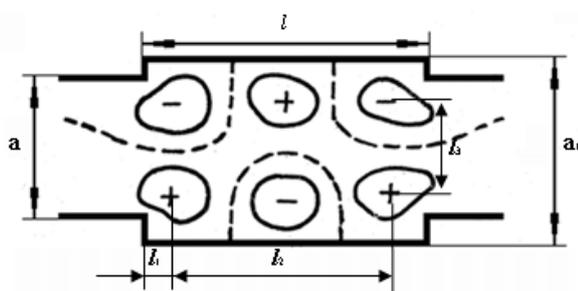


Рис. 3 – Конструктивные параметры электродинамической системы шестидиодного генератора

В результате численного анализа полученных результатов были определены параметры электродинамической системы шести диодного генератора в миллиметровом диапазоне длин волн:

$$l = 23,68\text{мм}; a=7,4\text{мм}; a_1=12,36\text{мм};$$

$$b=1,7\text{мм}; l_1 = \frac{\lambda_0}{4} = 2,43\text{мм};$$

$$l_2 = \frac{\lambda_0}{2} = 4,86\text{мм}; \lambda_0 = 9,73\text{мм};$$

$$Q=10^3; f=31\text{ГГц}.$$

Выводы. Анализ пространственного распределения электрического поля «рабочего» колебания позволяет получать ценную информацию о расположении пучностей поля, в местах которых помещаются

полупроводниковые источники, а также о фазовом портрете поля H_{203} – колебания, определяющим способ включения этих источников.

Список литературы: 1. Никитина, В. Я. Ветеринарное акушерство, гинекология и биотехнология размножения [Текст] / В. Я. Никитина, М. Г. Миролюбов // М.: Колос. – 2000. – 370 с. 2. Антипов, В. А. Эффективность и перспективы применения антибиотиков [Текст] / В. А. Антипов // Ветеринария. – 1980. - №212. – С. 55 -57. 3. Михайлова, Л. Н. Применение электромагнитного поля крайневисокой частоты для лечения животных [Текст] / Л. Н. Михайлова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. - №1. – С. 13-16. 4. Karu, T. I. Cellular effect of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide [Text] / T. I. Karu, L. V. Pyatibrat, N. I. Afanasyeva // Lasers in Surgery and Medicine. – 2005. - № 36(4). – P. 307-314. 5. Михайлова, Л. Н. Определение параметров электродинамической системы многодиодного генератора крайневисококачественного диапазона [Текст] / Л. Н. Михайлова // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Нові рішення в сучасних технологіях. - 2011. - №54. - С. 138-141. 6. Козак, А. В. Анализ энергетических характеристик многодиодного генератора на лавинно-пролетных диодах [Текст] / А. В. Козак, А. В. Архипов // Вестник национального технического университета "ХПИ". Сборник научных работ. Проблемы усовершенствования электрических машин и аппаратов. – 2011. - №48. - С. 105-110. 7. Касаткин, Л. Твердотельные импульсные генераторы на ЛПД миллиметрового диапазона волн [Текст] / Л. Касаткин // Электронная техника. Серия 1. Электроника СВЧ. - 1996. - Вып. 2 - С. 41-47. 8. Рудь, Л. А. Свободные колебания H – плоскостного волноводного T – тройника [Текст] / Л. А. Рудь // Радиотехника и электроника. – 1988. – 33, №10. – С. 2034-2042. 9. Шестопалов, В. П. Спектральная теория и возбуждение открытых структур [Текст] / В. П. Шестопалов.– Киев: Наук. думка, 1987. - 288 с. 10. Канторович, Л. В. Функциональный анализ [Текст] / Л. В. Канторович, Г. П. Акимов. – М.: Наука, 1977. - 742 с.

Bibliography (transliterated): 1. Nikitina, V. Y., Mirolubov, M. G. (2000). Veterinary obstetrics, gynecology and reproductive biotechnology. Moscow: Kolos, 370. 2. Antipov, V. A. (1980). Effectiveness and prospects for the use of antibiotics. Veterinary Medicine, 212, 55 -57. 3. Mikhailova, L. N. (2012). Application high frequency electromagnetic field in the treatment of animals. Eastern European Journal of advanced technologies, 1, 13-16. 4. Karu, T. I., Pyatibrat, L. V., Afanasyeva, N. I. (2005). Cellular effect of low power laser therapy can be mediated by nitric oxide. Lasers in Surgery and Medicine, 36(4), 307-314. 5. Mikhailova, L. N. (2011). Calculation of parameters of the electrodynamic system of high frequency diode generator. Journal of the National Technical University "KPI". New solutions in modern technologies, 54, 138-141. 6. Kozak, A. V., Arkhipov, A. V. (2011). Analysis of energy characteristics of avalanche transit time diodes generator. Journal of National Technical University "KPI". Collection of scientific works. Problems of improvement of electrical machinery and apparatus, 48, 105-110. 7. Kasatkin L. (1996). Solid pulse IMPATT millimeter wave generators. Electronic equipment. Series 1. Microwave Electronics, 2, 41-47. 8. Rud, L. A. (1988). Free oscillations of H -plane waveguide tee. Technology and Electronics, 33, №10, 2034-2042. 9. Shestopalov, V. P. (1987). The spectral theory and excitation of open structures. Kiev, Scientific Thought, 288. 10. Kantorovich, L. V., Akimov, G. P. (1977). Functional analysis. Moscow: Nauka, 742.

Поступила (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мазур Віктор Анатольевич – ассистент, Подольский государственный аграрно-технический университет, кафедра «Энергетика и электротехнические системы в АПК»; e-mail: kosnatgen@ukr.net.

Мазур Віктор Анатолійович – ассистент, Подільський державний аграрно-технічний університет, кафедра «Енергетика та електротехнічні системи в АПК»; e-mail: kosnatgen@ukr.net.

Mazur Victor – assistant, Podolsky State Agricultural University, Department “Energy and electrical systems in the agricultural sector”; e-mail: kosnatgen@ukr.net.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЦТВА

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Ю. М. ТЕРЕЩЕНКО, Е. В. ДОРОШЕНКО, Д. АБОЛХАССАНЗАДЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В ДВУХРЯДНЫХ ЛОПАТОЧНЫХ ВЕНЦАХ

В работе рассмотрена тестовая задача моделирования течения в двухрядном лопаточном венце. представлены результаты численного моделирования течения в двухрядных лопаточных венцах осевого компрессора, точность расчета параметров расчета оценена с помощью верификации данных численного и известного физического эксперимента. Результаты расчета показали, что использование модели турбулентности SST Ментера, мелкой адаптивной нерегулярной расчетной сетки дает погрешность 5–7%.

Ключевые слова: моделирование, двухрядная решетка, течение, угол атаки, пограничный слой, компрессор, вязкость, сжимаемость, срыв.

Введение. Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов компрессоров является одним из путей решения общей проблемы повышения эффективности транспортных и стационарных газотурбинных двигателей, компрессорных вентиляционных установок. Важное место в решении проблемы совершенствования характеристик компрессоров занимают вопрос срыва потока в лопаточных венцах. Одним из факторов, влияющих на эффективность газотурбинных двигателей является уменьшение КПД компрессора вследствие возникновения срыва потока в лопаточных венцах ступеней [1–3].

В связи с этим, одна из важнейших задач аэродинамического совершенствования лопаточных машин – предотвращение срывного обтекания лопаточных венцов и снижение уровня потерь. Применением энергетических методов воздействия на течение в пристенных слоях можно обеспечить предотвращение или локализацию срыва потока. Одним из эффективных методов улучшения характеристик компрессоров является применение двухрядных лопаточных венцов.

В работе [1] изложены вопросы теории двухрядных лопаточных венцов. В работе [4] приведены результаты исследования лопаточных венцов с двухрядными лопатками с помощью 3D моделирования. В работе [5] приводится сравнение характеристик двухрядного лопаточного венца и лопаточного венца с активным управлением пограничным слоем. Работа [6] посвящена исследованию колебаний при обтекании двухрядного лопаточного венца с профилями NASA 0012, проанализировано явление гистерезиса в двухрядном лопаточном венце. В работе [7] представлены результаты экспериментальных и численных исследований двух осевых ступеней с разной плотностью лопаточных венцов.

Цель работы. Целью работы является рассмотрение тестовой задачи моделирования течения в двухрядном лопаточном венце. Решение этой задачи необходимо для оценки точности численного моделирования в сравнении с результатами физического эксперимента.

Моделирование течения в двухрядных лопаточных венцах осевого компрессора. Основой обращения к двухрядным решеткам является идея о перераспределении энергии в межлопаточных каналах между различными областями потока.

Назначение газодинамического действия на по

ток заключается в снижении уровня гидравлических потерь, связанных со срывом потока с поверхностей, и выравнивания поля скоростей и давления за выходными кромками обтекаемых поверхностей. При работе лопаточных венцов в реальных условиях давление в пограничном слое меньше, чем в ядре потока, поэтому пограничный слой не в состоянии преодолеть высокий положительный градиент давления на поверхности лопаток при больших углах атаки и происходит его отрыв из поверхности. Применение газодинамических методов управления обтеканием элементов компрессора в виде управления пограничным слоем (управление обтеканием) и управления аэродинамическими следами за элементами двигателя позволяет устранить или локализовать отрыв пограничного слоя.

В данной работе объектом исследования является компрессорная решетка, представляющая собой двойную решетку из круговых дужек (по принципу щелевого крыла), толщиной 1,2 мм с одинаковыми радиусами и одинаковыми длинами.

На рис. 1 представлена схема исследуемой компрессорной решетки.

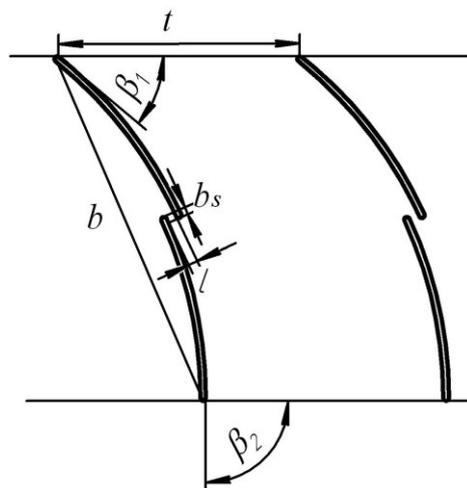


Рис. 1 – Схема компрессорной решетки

Исследуемая решетка имеет следующие характеристики: хорда $b=80$ мм, угол входа потока $\beta_1 = 40^\circ$, угол выхода потока $\beta_2 = 90^\circ$, $b_s=1,6$ мм - перекрытие

© Ю. М. Терещенко, Е. В. Дорошенко, Д. Аболхассанзаде. 2015

обоих профилей, измеряемое перпендикулярно l , l - ширина щели у выхода.

В современной практике для исследования течения в элементах газотурбинных двигателей широко используется численный эксперимент. Численный эксперимент основывается на построении математических моделей исследуемого явления. Один из наиболее важных этапов численного исследования течения газа связан с построением расчетной сетки.

Система дифференциальных уравнений Навье – Стокса, которая описывает течение газа, достаточно сложная и аналитически ее решить пока еще невозможно. Поэтому в практике исследований газовых потоков широко используются численные методы решения таких уравнений. Для этого сплошная расчетная область, через которую течет газ, подается как совокупность изолированных узлов, или сетка. То есть сплошная область подается как дискретная. Уравнения решаются только в этих узлах, однако при этом используется не система дифференциальных уравнений Навье – Стокса, а ее конечно-разностный аналог (все частные производные заменяются конечными разностями). Поэтому каждое дифференциальное уравнение записывается как линейное алгебраическое уравнение. Таким образом, решение системы дифференциальных уравнений для сплошной расчетной области, через которую течет газ, сводится к решению системы алгебраических уравнений в каждом узле сетки. Решение системы этих алгебраических уравнений не является решением системы дифференциальных уравнений, поскольку при построении ее конечно-разностного аналога используются некоторые упрощения. При проведении численного эксперимента осредненные уравнения Навье-Стокса замыкались моделью турбулентной вязкости SST Ментера [8], которая хорошо зарекомендовала себя для решения подобного класса задач [9, 10].

Численный эксперимент проводился в несколько этапов. При расчете течения на входе задавалась скорость 60 м/с, расчет производился при разных углах атаки. При проведении расчетов боковые границы расчетной области формировались по линиям тока при условии непроницаемости твердых стенок. Твердые стенки принимались адиабатическими. Также использовалось условие прилипания. В качестве рабочего тела использовался воздух.

Сначала моделировалась однорядная решетка геометрически подобная двухрядной. В основу принципа геометрической эквивалентности однорядных профилей и двухрядных профилей положены следующие условия:

- равенство углов установки γ профилей однорядной и двухрядной решеток;
- равенство углов входа β_1 и выхода β_2 потока в однорядной и двурядной решетках;
- равенство хорды b исходного профиля и условной хорды эквивалентного двухрядного профиля;
- равенство густоты b/t однорядной и двухрядной решеток.

На рис.2 показан фрагмент мгновенного поля распределения скорости.



Рис. 2 – Мгновенное поле распределения скорости для однорядной решетки при угле атаки $i=10^\circ$

Далее проводилось численное моделирование течения для двухрядных решеток со значениями ширины щели у выхода l от 1 до 4 мм. При значениях углах атаки $i=10^\circ; 15^\circ; 20^\circ$.

На рис. 3 показаны фрагменты мгновенного поля распределения скорости для двухрядной решетки с $l=2$ мм при угле атаки $i=10^\circ$.

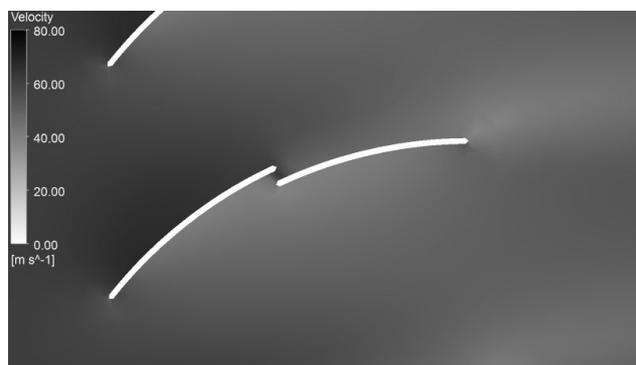


Рис. 3 – Мгновенное поле распределения скорости для двухрядной решетки при угле атаки $i=10^\circ$

На рис. 2, 3 видно, что при одинаковых условиях обтекания лопаточных венцов картина обтекания разная. В двухрядном лопаточном венце можно увидеть перераспределение скорости вдоль межлопаточного канала по сравнению с однорядным лопаточным венцом.

На рис. 4 представлен график зависимости параметра $\frac{1}{\xi}$ и $\frac{l}{b}$. Для расчета коэффициента потерь полного давления используется следующая формула

$$\xi = \frac{P_1^* - P_2^*}{\rho_1 W_m^2},$$

где P_1^*, P_2^* - полное давление на входе и выходе в решетку соответственно; ρ_1 - плотность газа на входе в решетку; W_m - средняя относительная скорость в решетке.

На графике штриховой линией показаны результаты физического эксперимента [11], сплошной линией – результаты численного эксперимента.

Результаты численного моделирования течения в двухрядных решетках при сравнении с экспериментальными данными [11] показали, что погрешность расчета составляет от 5 до 7 %.

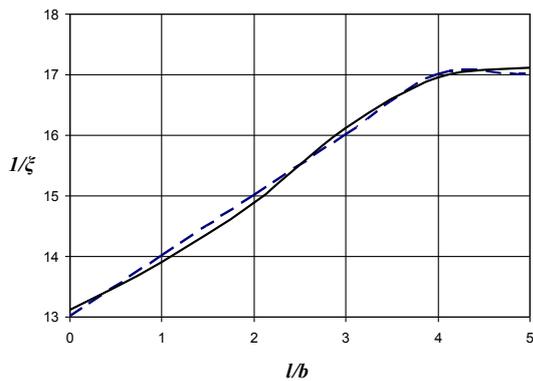


Рис. 4 – Зависимость параметра $\frac{1}{\xi}$ от относительной длины щели канала $\frac{l}{b}$

Выводы. Сравнение данных численного моделирования тестовой задачи и физического эксперимента показало, что погрешность расчета составляет от 5 до 7 %. Таким образом, при моделировании течения в двухрядных лопаточных возможно использование модели турбулентности SST Ментера и мелкой нерегулярной адаптивной сетки.

Список литературы: 1. Терещенко, Ю. М. Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов компрессоров [Текст] / Ю. М. Терещенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 168 с. 2. Hara, T. Unsteady flow field under surge and rotating stall in a three-stage axial flow compressor [Text] / T. Hara, D. Morita, Y. Ohta, E. Ohta // Journal of Thermal Science. – 2011. – Vol. 20, Issue 1. – P. 6–12. doi: 10.1007/s11630-011-0427-z. 3. Abe, T. Coexisting phenomena of surge and rotating stall in an axial flow compressor [Text] / T. Abe, H. Mitsui, Y. Ohta // Journal of Thermal Science. – 2013. – Vol. 22, Issue 6. – P. 547–554. doi: 10.1007/s11630-013-0661-7. 4. McGlumphy, J. 3D Numerical Investigation of Tandem Airfoils for a Core Compressor Rotor [Text] / J. McGlumphy, Ng Wing-Fai, R. Steven, W. Kempf, S. Kempf // Journal of Turbomachinery. – 2010. – Vol. 132, Issue 3. – P. 1–9. doi: 10.1115/1.3149283. 5. Zhao, S. Exploring the intention of using aspirated cascade to replace tandem cascades [Text] / S. Zhao, J. Luo, X. Lu, J. Zhu // Journal of Thermal Science. – 2010. – Vol. 19, Issue 5. –

P. 390–396. doi: 10.1007/s11630-010-0399-4. 6. Lee, T. Flow past two in-tandem airfoils undergoing sinusoidal oscillations [Text] / T. Lee // Experiments in Fluids. – 2011. – Vol. 51, Issue 6. – P. 1605–1621. doi: 10.1007/s00348-011-1173-4. 7. Shen, C. Numerical and experimental investigation of an axial compressor flow with tandem cascade [Text] / C. Shen, X. Qiang, J. Teng // Journal of Thermal Science. – 2012. – Vol. 21, Issue 6. – P. 500–508. doi: 10.1007/s11630-012-0574-x. 8. Menter, F. R. Two-equation eddy viscosity turbulence models for engineering applications [Text] / F. R. Menter // AIAA J. – 1994. – Vol. 32, Issue 8. – P. 1598–1605. doi: 10.2514/3.12149. 9. Бойко, А. В. Применение вычислительной аэродинамики к оптимизации лопаток турбомашин [Текст] / А. В. Бойко, Ю. Н. Говорущенко, М. В. Бурлака. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 192 с. 10. Yin, S. Application and comparison of SST model in numerical simulation of the axial compressors [Text] / S. Yin, D. Jin, X. Gui, F. Zhu // Journal of Thermal Science. – 2010. – Vol. 19, Issue 4. – P. 300–309. doi: 10.1007/s11630-010-0387-8. 11. Фиккерт К. Исследование диффузорных решеток с большим отклонением потока [Текст] / К. Фиккерт // Вопросы ракетной техники. – 1953. – №1. – С. 57–67.

Bibliography (transliterated): 1. Tereshchenko, Yu. M. (1987). Aerodinamicheskoe sovershenstvovanie lopatochnykh apparatov kompressorov. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 168. 2. Hara, T., Morita, D., Ohta, Y., Ohta, E. (2011). Unsteady flow field under surge and rotating stall in a three-stage axial flow compressor. Journal of Thermal Science, 20 (1), 6–12. doi: 10.1007/s11630-011-0427-z. 3. Abe, T., Mitsui, H., Ohta, Y. (2013). Coexisting phenomena of surge and rotating stall in an axial flow compressor. Journal of Thermal Science, 22 (6), 547–554. doi: 10.1007/s11630-013-0661-7. 4. McGlumphy, J., Wing-Fai, Ng, Steven, R., Kempf, W. Kempf, S. (2010). 3D Numerical Investigation of Tandem Airfoils for a Core Compressor Rotor. Journal of Turbomachinery, 132 (3), 1–9. doi: 10.1115/1.3149283. 5. Zhao, S., Luo, J., Lu, X., Zhu, J. (2010). Exploring the intention of using aspirated cascade to replace tandem cascades. Journal of Thermal Science, 19 (5), 390–396. doi: 10.1007/s11630-010-0399-4. 6. Lee, T. (2011). Flow past two in-tandem airfoils undergoing sinusoidal oscillations. Experiments in Fluids, 51 (6), 1605–1621. doi: 10.1007/s00348-011-1173-4. 7. Shen, C., Qiang, X., Teng, J. (2012). Numerical and experimental investigation of an axial compressor flow with tandem cascade. Journal of Thermal Science, 21 (6), 500–508. doi: 10.1007/s11630-012-0574-x. 8. Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA J., 32 (8), 1598–1605. doi: 10.2514/3.12149. 9. Boyko, A. V., Govorushchenko, Ju. N., Burlaka, M. V. (2012). Primenenie vychislitel'noj aerodinamiki k optimizacii lopatok turbomashin. Kharkov, Ukraine: NTU «KhPI», 192. 10. Yin, S., Jin, D., Gui, X., Zhu, F. (2010). Application and comparison of SST model in numerical simulation of the axial compressors. Journal of Thermal Science, 19 (4), 300–309. doi: 10.1007/s11630-010-0387-8. 11. Fikkert, K. (1953) Issledovanie difuzornykh reshetok s bol'shim otkloneniem potoka. Voprosi raketnoj tekhniki., 1, 57–67.

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Терещенко Юрій Матвеевич – доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри авіаційних двигателів; тел.: (044) 406-75-93; e-mail: terj@nau.edu.ua.

Терещенко Юрій Матвійович – доктор технічних наук, професор, Національний авіаційний університет, професор кафедри авіаційних двигунів; тел.: (044) 406-75-93; e-mail: terj@nau.edu.ua.

Tereshchenko Yuriy Matveevych – Doctor of Science, Professor, National Aviation University, Aeroengine Department; tel.: (044) 406-75-93; e-mail: terj@nau.edu.ua.

Дорошенко Катерина Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, кафедра авіаційних двигателів; тел.: (068) 351-30-39; e-mail: kiki_ua@ukr.net.

Дорошенко Катерина Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний авіаційний університет, кафедра авіаційних двигунів; тел.: (068) 351-30-39; e-mail: kiki_ua@ukr.net.

Doroshenko Katerina Viktorovna – Candidate of Technical Science (Ph. D.), Associate Professor, National Aviation University, Aeroengine Department; tel.: (068) 351-30-39; e-mail: kiki_ua@ukr.net.

Аболхассанзаде Джалал – аспірант, Національний авіаційний університет, кафедра авіаційних двигателів; тел.: (044) 406-75-93; e-mail: jalal.abolhasani@gmail.com.

Аболхассанзаде Джалал – аспірант, Національний авіаційний університет, кафедра авіаційних двигунів; тел.: (044) 406-75-93; e-mail: jalal.abolhasani@gmail.com.

Abolhassanzade Jalal – postgraduate, National Aviation University, Aeroengine Department; tel.: (044) 406-75-93; e-mail: jalal.abolhasani@gmail.com.

УДК 644.8:658.562.5

Л. В. КИПТЕЛЯ, А. Е. ЗАГОРУЛЬКО, А. Н. ЗАГОРУЛЬКО

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ИК-СУШИЛКА ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Существующее технологическое оборудование для переработки растительного сырья наряду с высокой производительностью имеет длительный период тепловой обработки, значительную энерго- и металлоемкость. Создание современного пищевого оборудования позволит производить продукцию высокого качества с большим содержанием биологически активных веществ. Целью работы являлась разработка энерго- и ресурсосберегающих процессов и создание универсального оборудования для производства сушеных растительных полуфабрикатов. Для реализации данных требований была разработана ИК-сушилка с оптимальной формой рабочей камеры.

Ключевые слова: ИК-технология, проектирование, моделирование, безинерционность, динамика, интенсификация, энергосбережение, растительное сырье, встряхивание.

Введение. В связи с ухудшением экологической ситуации в Украине главной целью перерабатывающей промышленности является создание пищевого оборудования, способного производить продукцию высокого качества с большим содержанием биологически активных веществ (БАВ) [1].

Существующее технологическое оборудование для переработки растительного сырья имеет высокую производительность, длительный период тепловой обработки, что приводит к ухудшению качества.

Основной проблемой при проектировании ИК-сушилок является достижение равномерного распределения теплового потока в рабочем объеме камеры без использования рефлекторов [2, 3].

Цель работы. Целью работы является разработка энерго- и ресурсосберегающих процессов и создание универсального оборудования для производства сушеных растительных полуфабрикатов.

Методика экспериментов. Для проведения экспериментальных исследований процессов ИК-сушки растительного сырья в результате исследований создана экспериментальная ИК-сушилка с оптимальной формой рабочей камеры (рис. 1).

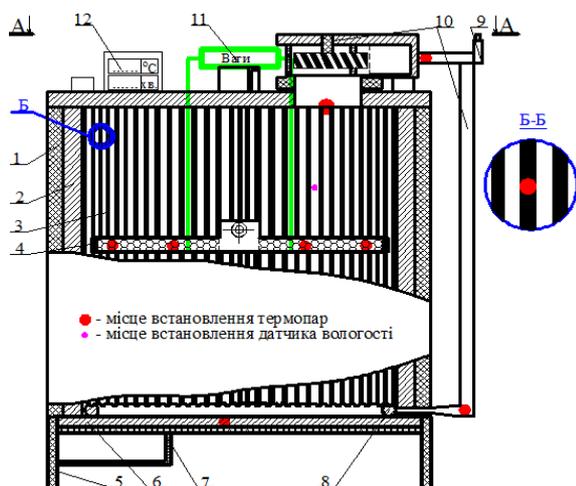


Рис. 1 – Схема экспериментальной ИК-сушилки с оптимальной формой рабочей камеры: 1 – цилиндрическая рабочая камера; 2 – теплоизолирующий листовый алюмин; 3 – ПЛЭН; 4 – лоток с сырьем; 5 – стойки; 6 – распределительная решетка; 7 – регулирующая задвижка; 8 – кольцевой теплообменник; 9 – заселка; 10 – вытяжная улитка с вентилятором и трубопроводом; 11 – аналого-весовой комплекс; 12 – регулятор температуры

Предложенное расположение термопар (красные точки, рис. 1) и датчика влажности (фиолетовая точка,

рис. 1) позволяет получить полную картину равномерности температурного поля в рабочей камере. Аналого-весовой комплекс позволяет изучать изменение массы.

Обсуждение результатов. В современных аппаратах для сушки растительного сырья используют разнообразные генераторы, недостатками которых являются: значительная металлоемкость; фиксированные геометрические размеры [4].

С технологической точки зрения целесообразно применять одностороннее облучение, поскольку исключает необходимость учета несимметричности лучистого теплообмена для верхней и нижней частей рабочей камеры:

$$P = Q_p K_m \Omega, \quad (1)$$

где Q_p – результирующая интегральная плотность лучевого потока единичной мощности, Вт/м²; K_m – коэффициент, учитывающий требования технологического процесса (качество спектрального состава); Ω – энергетический показатель (коэффициент, характеризующий количество теплоты, передаваемой радиацией).

Величину Q_p определяют из уравнения (1) для одностороннего облучения поверхности слоя [5]:

$$Q_p = \frac{q_b D_{cb} A}{1 - R D_{cb}^2 R_b - (TRD_c)^2}, \quad (2)$$

где q_b – суммарный лучевой поток, излучаемый на слой сырья, как от ИК-генератора, так и в результате отражения, Вт/м²; R_b – отражательная способность отражателей, установленных на ИК-генератор; D_{cb} – пропускная способность паровоздушной среды в рабочей камере ИК-сушилки; A, R – поглотительная и отражательная способность поверхности слоя растительного сырья; D, R – среднее значение пропускной и отражательной способности сырья; D_c – среднее значение пропускной способности паровоздушной среды рабочей камеры ИК-сушилки.

Величину q_b определяют по формуле:

$$q_b = \frac{q_u (1 + R_b)}{2}, \quad (3)$$

где q_u – лучевой поток, излучаемый ИК-генератором.

Оптические характеристики, указанные в уравнении (2) являются усредненными значениями, которые определяются согласно спектру генератора ИК-излучения. Уравнение доказывает, что паровоздушная среда при проведении технологического процесса сушки оказывает существенное влияние на теплопередачу лучистой энергии [6].

С целью снижения энерго- и металлоемкости ИК-генераторов предложено современный пленочный электронагреватель (ПЛЭН), который способен создавать высокую плотность потока энергии в диапазоне длин волн от 8...14 мкм (рис. 2).

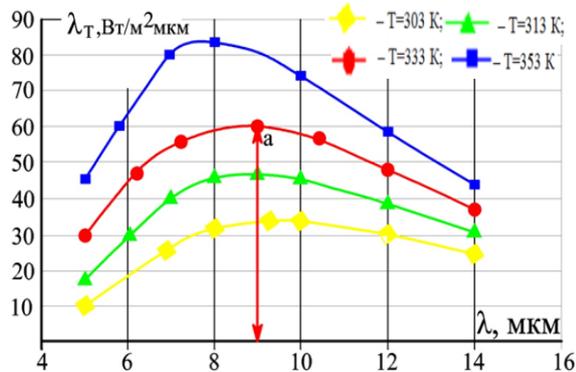


Рис. 2 – графическая зависимость спектральной плотности потока излучения от длины волны на поверхности ПЛЭН

Для исследования динамики работы ПЛЭН (рис. 3) использовали систему автоматического управления (рис. 4), с помощью регулятора температуры ТРМ-200 для определения продолжительности пауз оценивалась также динамика в циклическом режиме работы.

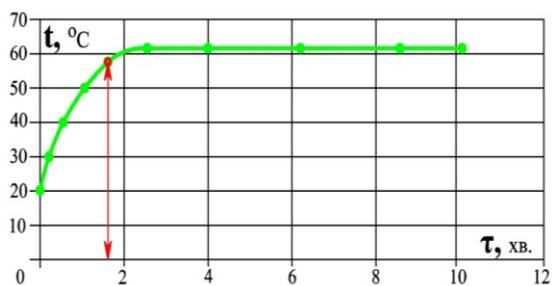


Рис. 3 – График динамики нагрева ПЛЭН $P_{уд} = 210 \text{ Вт/м}^2$

Для повышения эффективности процесса была выбрана температура в пределах 50...58 °С, именно снижение температуры на 8 °С позволяет сохранить длину ИК-волны нагревателя практически неизменной в пределах ошибки эксперимента.

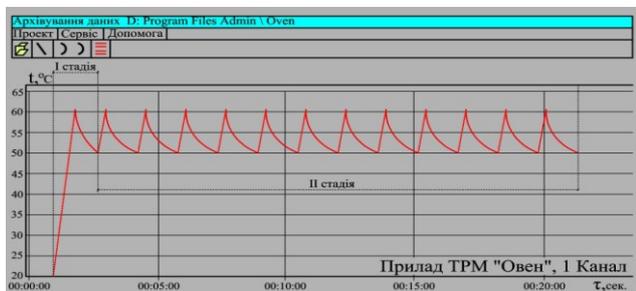


Рис. 4 – Визуальное отображение процесса работы ИК-нагревателя ПЛЭН в циклическом режиме с помощью программы ТРМ «Oven»

Результаты анализа динамических характеристик ПЛЭН доказывает, что данный тип электронагревателей можно отнести к безинерционным. Выход на постоянную мощность ИК-нагрева и рабочую длину

волны излучения составляет 1 мин 50 с, при этом циклический режим позволит не только управлять градиентом температуры, но и экономить энергию [7].

Для исследования температурного поля на приемной поверхности в рабочей камере ИК-сушилки предложено использовать компьютерную программу TracePro. Пример компьютерного моделирования распределения теплового потока в ИК-сушилке с оптимальной формой рабочей камеры представлен на рис. 5.

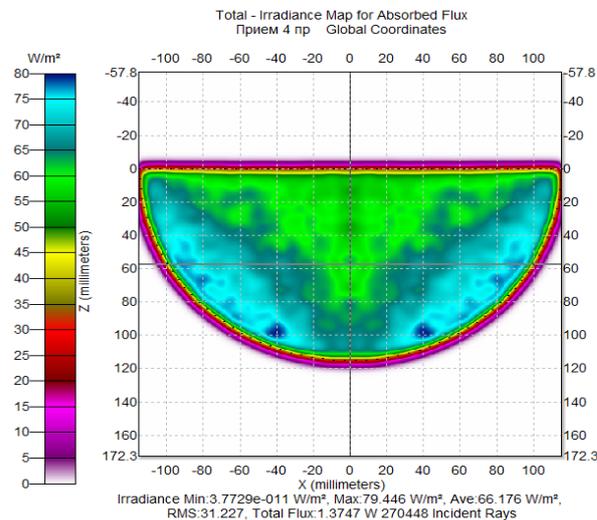


Рис. 5 – Распределение теплового потока на приемнике

Компьютерное моделирование подтверждает равномерный прогрев всей приемной поверхности, а незначительные цветовые переходы объясняется погрешностями метода вычислений программы TracePro, и не выходят за рамки этой погрешности.

При анализе полученных результатов можно отметить четыре зоны более интенсивного нагрева на лотке. Это объясняется тем, что ИК-сушилка имеет четыре секции по 24 полосы карбоновых излучателей (рис. 6). Между секциями ИК-генератора предусмотрено пространство, которое позволяет нейтрализовать электромагнитное поле от излучателей.

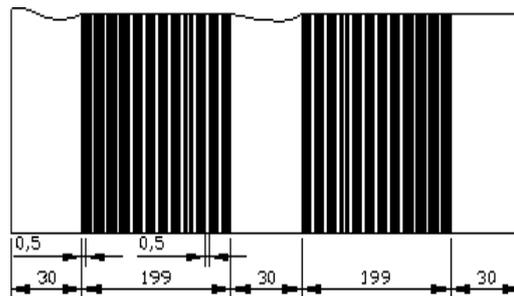


Рис. 6 – Схема расположения секций карбоновых ИК-излучателей

Рассмотрим изменение относительной влажности растительного сырья при ИК-сушке (рис. 7) на примере яблок сорта Мантет в зависимости от формы их нарезки при температуре 60 °С и массе загрузки 5 кг.

На графиках видно, что максимальная скорость ИК-сушки яблок наблюдается при нарезке формой параллелепипеда сечением 5x5 мм и кубиками 5x5x5 мм. Увеличение сечения параллелепипеда нарезанных яблок размерами 7x10 мм приводит к некоторому

увеличению скорости ИК-сушки. Наименьшая скорость ИК-сушки наблюдается при нарезке яблок в

С целью интенсификации процессов ИК-сушки растительного сырья был разработан энергосберегающий комплекс (рис. 9), который обеспечивающий 100 %-использование отработанного воздуха для подогрева свежего, поступающего в рабочую камеру сушилки, тем самым уменьшая энергозатраты.

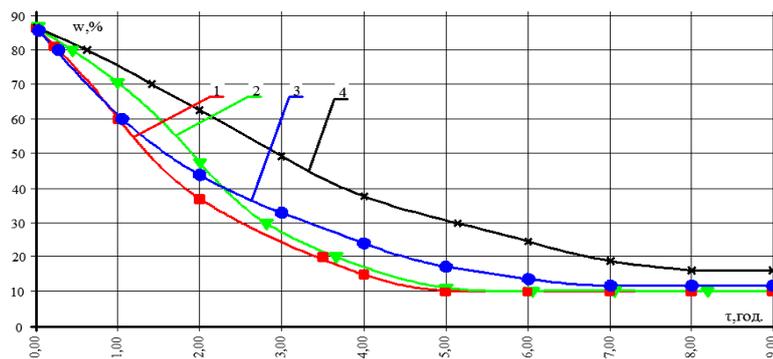


Рис. 7 – Графики изменения относительной влажности яблок сорта Мантет при ИК-сушке при температуре 60 °С и формы нарезки: 1 – сечением 5x5 мм; 2 – кубиками 5x5x5 мм; 3 – сечением 7x10 мм; 4 – дисками толщиной 5 мм

форме дисков толщиной 5 мм.

Одним из основных недостатков при сушке растительного сырья в ИК-поле является ограничение сушки по толщине сырья. Вибрация позволяет ускорить высушивание и предотвратить его слипание [10]. Но вибрационные механизмы редко используются в сушильных аппаратах из-за значительной металлоемкости и сложности механизмов. Поэтому было предложено заменить вибрационный механизм специально спроектированным функциональным встряхивающим механизмом (ФВМ), менее металлоемкий, и занимающим незначительную часть полезной площади ИК-сушилки. Разработанный ФВМ (рис. 8) имеет регулируемую частоту вращения мотора-редуктора от 2 до 15 об/мин. Результаты экспериментальных исследований доказывают, что оптимальной и достаточной частотой вращения мотора-редуктора составляет 3 об/мин, то есть каждые 20 с.

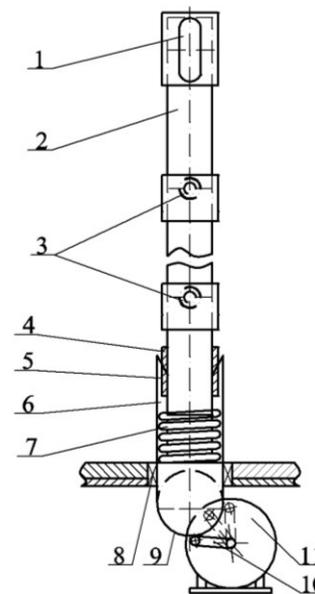


Рис. 8 – Функциональный встряхивающий механизм: 1 – сквозное отверстие; 2 – штатив; 3 – отверстия для фиксации сетчатых поддонов; 4 – прямоугольный выступ; 5 – канавка для вхождения прямоугольного выступа; 6 – цилиндрический стакан; 7 – противоударная пружина; 8 – металлический фиксатор; 9 – цилиндрическая канавка; 10 – палец; 11 – мотор-редуктор

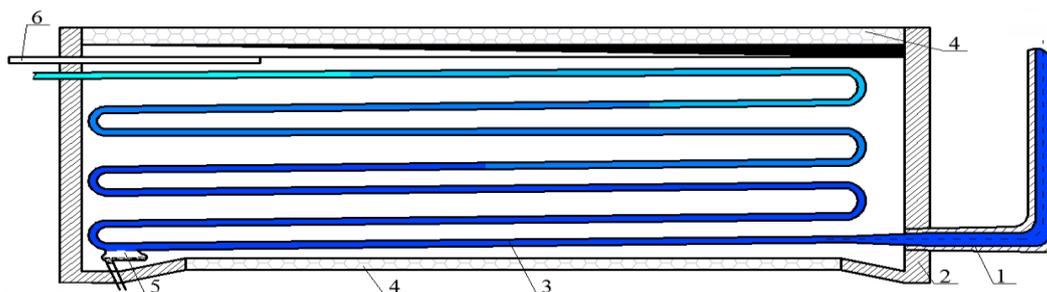


Рис. 9 – Энергосберегающий комплекс: 1 – теплоизолирующий трубопровод; 2 – термоизолирующая камера; 3 – трубчатый теплообменник; 4 – распределительная решетка; 5 – сборник конденсата; 6 – регулирующая задвижка

Проведен теоретический расчет по определению количества тепла, передаваемого неизолированной алюминиевой трубой при следующих условиях: $d_{тр} = 10$ мм, $L_{тр} = 2$ м, тепловой напор $\Delta t = 31,5$ °С.

Предварительный расчет теплоотдачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t = 21,495 \cdot 0,628 \cdot 31,5 = 42,52 \text{ ккал/ч} = 49,45 \text{ Вт}$$

где: Q – теплоотдача, ккал/ч; K – коэффициент теплопроводности алюминиевой трубы, ккал/(м²·ч·°С); F –

площадь поверхности нагрева трубы, м²; Δt – тепловой напор, °С;

На основе полученных данных был спроектирован энергоэффективный промышленно-исследовательский образец вертикальной цилиндрической ИК-сушки ВЦ-ИК-20 (рис. 10) [8].

Работа аппарата ВЦ-ИК-20 заключается в следующем: растительное сырье загружается на сетчатые лотки 14, которые фиксируются с помощью монтажной шпильки 16 на штативе 13. После этого штатив с лотками устанавливается в фиксирующем устройстве

12 крышки 8 с затяжными фиксаторами и вытяжным вентилятором 10 и загружается в цилиндрическую вертикальную рабочую камеру ИК-сушилки 1, установленной на стойках 2, где сырье сушится при температуре 40...60 °С. Отработанный нагретый воздух, подается вентилятором 10, установленным в вытяжной улитке по нагнетающему каналу 11 в трубчатый теплообменник 4, установленный в нижней нетехнологической зоне сушилки и предназначен для подогрева свежего воздуха на 5 °С.

Разработанный ФВМ 5, встряхивающий сетчатые лотки 14, предотвращая слипание сырья, а также интенсифицируя процесс ИК-сушки растительного сырья.

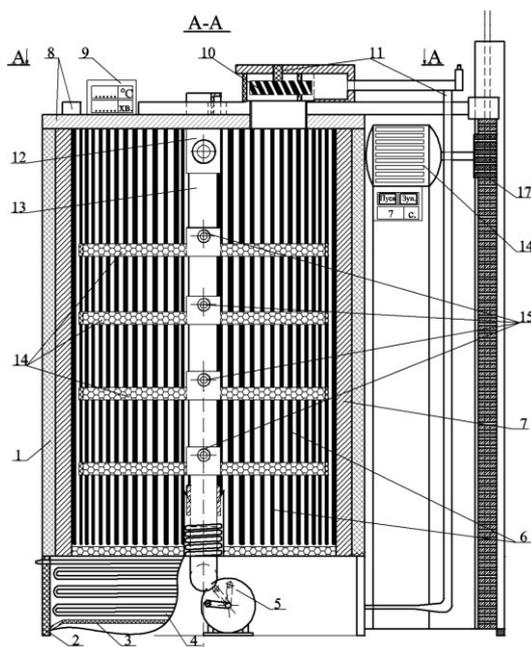


Рис. 10 – Промысленно-исследовательский образец вертикальной цилиндрической ИК-сушки ВЦ-ИК-20: 1 – вертикальная цилиндрическая рабочая камера; 2 – стойки; 3 – распределительная решетка для поступления свежего воздуха; 4 – трубчатый теплообменник; 5 – ФВМ; 6 – продольные рабочей камере ИК-излучатели; 7 – отражающая фольга с теплоизолирующим листовым алюфомом; 8 – крышка с затяжными фиксаторами; 9 – блок САУ; 10 – вентилятор, установленный в вытяжной улитке; 11 – нагнетающий канал; 12 – фиксатор; 13 – штатив; 14 – сетчатые лотки; 15 – подъемный механизм; 16 – монтажные шпильки; 17 – прямозубая направляющая

Выводы. В ходе проведенных исследований была разработана энергоэффективная ИК-сушилка для сушки растительного сырья с оптимальной формой рабочей камеры для обеспечения равномерного температурного поля на сетчатых поддонах. Аппарат использует 100% вторичного воздуха для подогрева свежего, а ФВМ предотвращает слипание сырья в процессе сушки.

Список литературы: 1. Лебедев, П. Д. Расчет и проектирование сушильных установок [Текст] / П. Д. Лебедев. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 320 с. 2. Лыков, А. В. Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 471 с. 3. Касаткин, В. В. Сушка термолabileльных материалов на установках непрерывного действия [Текст] / В. В. Касаткин, И. Ш. Шумилова // Пищевая промышленность. – 2006. – № 10. – С. 12-13. 4. Алексанян, И. Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование [Текст]: монография / И. Ю. Алексанян, А. А. Буйнов. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2004. – 380 с. 5. Гинзбург, А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности [Текст] / А. С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 408 с. 6. Шаззо, Р. И. Продукты детского питания из растительного и мясного сырья инфракрасной сушки. Хранение и переработка сельхозсырья [Текст] / Р. И. Шаззо, Г. П. Овчарова. – 2005. – № 1. – С. 50-52. 7. Киптелая, Л. В. ИК-сушка плодоягодного сырья [Текст] / Л. В. Киптелая, А. Н. Загорюлько // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – Вып. 2. – С. 80-86. 8. ИЧ-сушарка органічної рослинної сировини [Текст]: Патент № 106461 Україна, А23N 12/08 B01D 1/00 / Черевко О. І., Киптєла Л. В., Загорюлько А. М., (Україна). – № а 2013 14949; заявл. 20.12.2013; опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16. – 3 с. 9. Мачкаши, А. Лучистое отопление [Текст] / А. Мачкаши, Л. Банхиди. – М.: Стройиздат, 1985. – 464 с. 10. Брамсон, М. А. Инфракрасное излучение нагретых тел [Текст] / М. А. Брамсон. – М.: Наука, 1965. – 222 с.

Bibliography (transliterated): 1. Lebedev, P. (1962). Calculation and design dryers. M.: Gosenergoizdat, 320. 2. Lykov, A. (1968). Theory of Drying. M. – Moscow: Energia, 471. 3. Kasatkin, V., Shumilova, I. (2006). Drying heat-sensitive materials in a continuous action. Food and Beverage, 10, 12-13. 4. Aleksanyan, I. Y., Bujnov, A. A. (2004). High-intensity drying foods. Penosushka. Theory. Practice. Modelling. Astrakhan Univ ASTU, 380. 5. Hinzburh, A. S. (1966). Infrakrasnaia tekhnika v pishchevoi promyshlennosti. M. – Moscow. Pishchevaia promyshlennost', 408. 6. Shazzo, R. I., Ovcharova, H. P. (2005). Produkty detskoho pitaniia iz rastitel'noho i miasnoho syr'ia infrakrasnoi sushki. Khranenie i pererabotka sel'khozsyr'ia, 1, 50-52. 7. Kiptelaya, L., Zagorulko, A. (2014). YK-sushka plodoiahodnoho syria. Nauchnyi zhurnal NYU YTMO. Seriya Protsestry y apparaty pyshechevykh proyzvodstv, 2, 80-86. 8. Cherevko, A., Kiptela, L., Zagorulko, A. (26.08.2014). IR drying of organic plant material. Patent № 106 461 Ukraine, A23N 8/12 1/00 V01D. № а 2013 14949. Appl. 12/20/2013. Bull. № 16, 3. 9. Machkashi, A., Banhidi, L. (1985). Radiant heating. M. – Moscow: Stroyizdat, 464. 10. Bramson, M. (1965). Infrared radiation from hot bodies. M. – Moscow: Science, 222

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Загорюлько Андрій Миколайович – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв; тел.: 050-568-2789; e-mail: match_andrey@mail.ru.

Загорюлько Андрей Николаевич – аспірант, Харківський державний університет харчування та торгівлі, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв; тел.: 050-568-2789; e-mail: match_andrey@mail.ru.

Zagorulko Andrey – graduate student, Kharkov State University of Food and Trade, graduate student of processes, devices and automation of food production; tel.: 050-568-2789; e-mail: match_andrey@mail.ru.

Киптелая Людмила Васильевна – доктор технічних наук, професор, Харківський державний університет харчування та торгівлі, професор кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв; тел.: 067-568-2789; e-mail: Kiptelaya@ukr.net.

Киптелая Людмила Васильевна – доктор технических наук, профессор, Харьковский государственный университет питания и торговли, профессор кафедры процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств; тел.: 067-568-2789; e-mail: Kiptelaya@ukr.net.

Kiptelaya Lyudmila – doctor of technical sciences, Full Professor, Kharkiv State University of Food and Trade, Professor of processes, devices and automation of food production; tel.: 067-568-2789; e-mail: Kiptelaya@ukr.net.

Загоруйко Олексій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент, Харківський державний університет харчування та торгівлі, доцент кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв; тел.: 050-568-2789; e-mail: panamari_@mail.ru.

Загоруйко Алексей Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, Харьковский государственный университет питания и торговли, доцент кафедры процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств; тел.: 050-568-2789; e-mail: panamari_@mail.ru.

Zagorulko Aleksey – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Kharkiv State University of Food and Trade, an assistant professor of processes, devices and automation of food production; tel.: 050-568-2789; e-mail: panamari_@mail.ru.

УДК 678.05:004.2

I. О. КАЗАК

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЧИСЕЛЬНОГО МЕТОДУ ЕЙЛЕРА В ІНЖЕНЕРНІЙ ПРАКТИЦІ МАШИНОБУДІВЕЛЬНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

В статті розглядається застосування чисельного методу Ейлера для отримання рішень диференційної моделі процесу нестационарної теплопередачі, дослідження стійкості та збіжності отриманих рішень на прикладі алгоритмізації і програмування у Фортрані в середовищі MSDev із застосуванням методу Ейлера. Процес теплопередачі часто зустрічається в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей, тому його дослідження при різних умовах із застосуванням методу Ейлера є дуже актуальним.

Ключові слова: диференційна модель, метод Ейлера, чисельний, диференціальні рівняння, програма, нестационарна, процес, теплопередача, машинобудівельні спеціальності, функція.

Вступ. Завжди було і остається у сучасний час актуальним питанням дослідження для інженерів-механіків хімічного машинобудування вирішення інженерної задачі процесу теплопередачі для тепло-механічного обладнання хімічних виробництв і будівельних підприємств, яку нами пропонується розв'язати на базі звичайних диференціальних рівнянь за методом Ейлера. Це пов'язано з тим, що процес теплопередачі відбувається крізь в теплообмінному обладнанні хімічних виробництв і будівельних підприємств, в наслідок чого і підлягає дослідженню в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей.

Мета роботи. Метою даної роботи являється застосування чисельного методу Ейлера для отримання рішень диференціальних моделей процесу нестационарної теплопередачі за допомогою розробленої програми у Фортрані в середовищі MSDev для дослідження стійкості та збіжності отриманих рішень графічно для подальшого їх аналізу в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей.

Методика експериментів дослідження процесу нестационарної теплопередачі із застосуванням чисельного методу Ейлера. Історично першим і найбільш простим способом чисельного розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку наведеного нижче є метод Ейлера. Він може бути використаний для приближеного рішення звичайних диференціальних рівнянь [1 - 5].

Тепер розглянемо наше дослідження детальніше. Нехай дано диференціальне рівняння першого порядку з початковими даними $y(x_0)=y_0$, на відрізку $x=x_0 \dots x_n$, у вигляді:

$$y' = f(x, y)$$

Уведемо позначення: $x_i = x_0 + i \cdot h$ та $y_i = y(x_i)$, де $i=0, 1, 2, \dots, n$, h – крок сітки на відрізку $x_0 \dots x_n$.

Згідно методу Ейлера послідовні значення y_i шуканої функції у визначаються виразом:

$$y_{i+1} = y_i + h \cdot f(x_i, y_i)$$

Нашою задачею являється скласти математичну модель для визначення температури об'єкту T в залежності від часу t та отримати її вирішення, якщо відомі: K – коефіцієнт теплопередачі; T_0 – початкова температура об'єкту; $T_{cp}(t)$ – закон зміни температури оточуючого середовища, t_{ox} – час спостереження. Такі задачі широко застосовуються у дослідженнях інженерів-механіків з напрямку підготовки «Машинобудування», як у навчальному процесі, так і у професійній діяльності.

Складемо математичну модель на прикладі визначення температури $T=T(t)$ об'єкту досліджень у будь-який момент часу $t>0$ за умови відомої температури оточуючого середовища $T_{серед}=T_{серед}(t)$, яка представлена диференціальним рівнянням:

$$dT/dt = K \cdot (T - T_{серед}),$$

де T – температура об'єкту, $^{\circ}C$; $T_{серед}$ – температура оточуючого середовища, $^{\circ}C$; K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{Вт}{m^2 \cdot ^{\circ}C}$; dT/dt – відношення диференціалів зміни температури об'єкту у часі; $K=K(t)$ – досліджуваний коефіцієнт нестационарної теплопередачі (може бути константою), що залежить від умов оточення, форми та властивостей самого об'єкту [6, 7].

Застосування методу Ейлера дозволяє чисельно проінтегрувати вихідне диференціальне рівняння за рахунок переведення його до дискретного аналогу – системи алгебраїчних рівнянь, причому, дуже зручної для рішення методом підставлення. Тоді позначення:

$T \rightarrow y$; $t \rightarrow x$; $dT/dt \rightarrow dy/dx = y'$; $dT/dt \rightarrow dy/dx$;
 $f(T, t) = K \cdot (T - T_{cp}) \rightarrow f(x, y)$; початкові умови: $T(t_0) = T_0$.

Згідно методу Ейлера для визначення T_i :

$$T_{i+1} = T_i + h \cdot K \cdot (T_i - T_{серед_i}).$$

Проілюструємо виконання розрахунків за методом Ейлера на прикладі, коли згідно завдання: $t=0 \dots 10$; $t_0=0$; $T_0=0$; $K=12$; $T_{cp}=2+t$.

Перший крок : $i=0$; $T1=0+h \cdot 12 \cdot (2+0)$.

Другий крок: $i=1$; $t1=t0+h$; $T2=T1+h \cdot 12 \cdot (2+t1)$, і т.п.

Як видно з прикладу, для отримання рішення необхідно виконати забагато обчислювальних дій. Такі дії можна виконати за допомогою ЕОМ у Фортрані в середовищі MSDev [8, 9]. Далі наведемо розроблені нами програми для розрахунку досліджуваного процесу нестационарної теплопередачі із застосуванням чисельного методу Ейлера. Перша програма PROGRAM EULER розраховує у циклі температуру середовища TCP і температуру об'єкта дослідження у процесі теплопередачі T у залежності від часу t при заданих вихідних параметрах: кроку дослідження H, коефіцієнті теплопередачі K і початковій температурі T0.

```
PROGRAM EULER
REAL K
DATA H, K, T0 /0.01,12.,0./
WRITE (*,*) ' Нестационарна теплопередача '
WRITE (*,*) ' Метод Ейлера. '
WRITE (*,*)
WRITE (*,*) ' t Значення Tсеред(t) Значення T(t) '
TCP=2.
WRITE(*,*)TT, TCP, T0
T=T0
DO 1 I=1, 1000
TT=TT+H
TCP=2.+TT
T=T+H*(T-TCP)
1 WRITE(*,*)TT, TCP, T
STOP
END.
```

Нижче наведені програма PROGRAM EulerT і інші програми робочого проекту, де у програмі SUBROUTINE Euler застосовується метод Ейлера.

```
PROGRAM EulerT
! Масиви для результатів роботи функції пошуку
! мин. и макс.
DIMENSION mLocMaxT1(1), mLocMaxT2(1),
mLocMaxT3(1),&
mLocMinT1(1), mLocMinT2(1), mLocMinT3(1),
mLocMaxTcп(1), mLocMinTcп(1)
Allocatable :: T1(:), T2(:), T3(:), Tcп(:) ! Динамічні масиви
OPEN(1,file='EulerTin.txt') ! Файл вихідних даних
READ (1,*) ! Перша строка не містить даних
READ (1,*) TauMax, mMax, T0, aK1, aK2, aK3 !
Вихідні дані
CLOSE(1) !Файл не потрібен - закриваємо
ALLOCATE(T1(mMax), T2(mMax), T3(mMax),
Tcп(mMax)) ! Виділимо
Dtau=TauMax/(mMax-1) ! Крок
CALL SolveTcп(mMax, Dtau, Tcп) ! Розраховуємо
Tcп()
CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK1, T1) ! Розрахо-
вуємо T1()
CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK2, T2) ! Розрахо-
вуємо T2()
CALL Euler(mMax, Dtau, T0,aK3, T3) ! Розрахо-
вуємо T3()
T1max=MAXVAL(T1) ! Макс. T1
```

```
T2max=MAXVAL(T2) ! Макс. T2
T3max=MAXVAL(T3) ! Макс. T3
T1min=MINVAL(T1) ! Мин. T1
T2min=MINVAL(T2) ! Мин. T2
T3min=MINVAL(T3) ! Мин. T3
TcпMax=MAXVAL(Tcп) ! Макс. Tcп
TcпMin=MINVAL(Tcп) ! Мин. Tcп
mLocMaxT1=MAXLOC(T1) ! Индекс Макс. T1
mLocMaxT2=MAXLOC(T2) ! Индекс Макс. T2
mLocMaxT3=MAXLOC(T3) ! Индекс Макс. T3
mLocMinT1=MINLOC(T1) ! Индекс Мин. T1
mLocMinT2=MINLOC(T2) ! Индекс Мин. T2
mLocMinT3=MINLOC(T3) ! Индекс Мин. T3
mLocMaxTcп=MAXLOC(Tcп) ! Индекс Макс. Tcп
mLocMinTcп=MINLOC(Tcп) ! Индекс Мин. Tcп
WRITE(*,*) ' *****Input data:'
WRITE(*,*) ' TauMax=',TauMax,' mMax=',mMax,'
T0=',T0
WRITE(*,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3
WRITE(*,*) ' *****Output data:'
OPEN(2, file='EulreTout.txt')
WRITE(2,*) ' *****Input data:'
WRITE(2,*) ' aK1=',aK1,' aK2=',aK2,' aK3=',aK3
WRITE(2,*) ' TauMax=',TauMax,' mMax=',mMax,'
T0=',T0
WRITE(2,*) ' *****Output data:'
WRITE(2,*) ' T1max=', T1max, '
mLocMaxT1=',mLocMaxT1
WRITE(2,*) ' T2max=', T2max, ' mLoc-
MaxT2=',mLocMaxT2
WRITE(2,*) ' T3max=', T3max, ' mLoc-
MaxT3=',mLocMaxT3
WRITE(2,*) ' T1min=', T1min, '
mLocMinT1=',mLocMinT1
WRITE(2,*) ' T2min=', T2min, '
mLocMinT2=',mLocMinT2
WRITE(2,*) ' T3min=', T3min, '
mLocMinT3=',mLocMinT3
WRITE(2,*) ' TcпMax=', TcпMax, ' mLoc-
MaxTcп=',mLocMaxTcп
WRITE(2,*) ' TcпMin=', TcпMin, '
mLocMinTcп=',mLocMinTcп
WRITE(2,*)
Tau=0.
WRITE(*,*) ' m Tau Tcп T1 T2 T3!' шапка
WRITE(2,*) ' m Tau Tcп T1 T2 T3!' шапка
DO m=1, mMax
WRITE(*,10) m, Tau, Tcп(m), T1(m), T2(m),
T3(m) ! На екран
WRITE(2,10) m, Tau, Tcп(m), T1(m), T2(m),
T3(m) ! До файлу
Tau=Tau+Dtau
ENDDO
10 FORMAT(2x, i5, F12.7, 4F12.2)
CLOSE(2)
DEALLOCATE(T1, T2, T3, Tcп)
END PROGRAM EulerT
SUBROUTINE SolveTcп(iMax, Dtau, Tcп) ! Ро-
зраховуємо Tcп()
DIMENSION Tcп(iMax) !Масив Tcп
Tau=0.
DO i=1, iMax
```

```

Tsp(i)=FTsp(Tau) ! Заповнюємо масив Tsp за
функцією FTsp(Tau)
Tau=Tau+Deltau
ENDDO
END SUBROUTINE SolveTsp
FUNCTION FTsp(Tau) !Функція температури
середовища
FTsp=32.2-.12*Deltau*Tau
END FUNCTION FTsp
SUBROUTINE Euler(iMax, Dx, U0, aK, U) ! Ме-
тод Ейлера
DIMENSION U(iMax)
U(1)=U0 !Початкові умови
x=0.
DO i=2, iMax
x=x+Dx ! Координата
U(i)=U(i-1)+Dx*F(aK,U(i-1),x) ! Формула
Ейлера
ENDDO
END SUBROUTINE Euler
FUNCTION F(aK,T,Tau) ! Права частина диф.
рівняння
F=-aK*(T-FTsp(Tau))
END FUNCTION F

```

Обговорення результатів дослідження стійкості та збіжності отриманих рішень для нестационарної теплопередачі методом Ейлера. У проведеному дослідженні результатами являються наступні дії. Створений файл вихідних даних *EulerTin.txt*, які змінюються за завданням:

TauMax mMax T0 aK1 aK2 aK3

12. 6 16. 2 .6 .8

В результаті компіляції розроблених нами вище програм у робочому проекті у Фортрані F90 в середовищі MSDev отримуємо файл результатів розрахунку *EulerTout.txt*:

```

*****Input data:
aK1= 2.000000E-01 aK2= 6.000000E-01 aK3=
=8.000000E-01
TauMax= 12.000000 mMax= 6 T0=
=16.000000
*****Output data:
T1max= 26.319890 mLocMaxT1= 3
T2max= 38.332680 mLocMaxT2= 2
T3max= 45.776900 mLocMaxT3= 2
T1min= 16.000000 mLocMinT1= 1
T2min= 13.158650 mLocMinT2= 6
T3min= 6.889544 mLocMinT3= 5
TspMax= 32.200000 mLocMaxTsp= 1
TspMin= 14.920000 mLocMinTsp= 6
m Tau Tsp T1 T2 T3
1 .0000000 32.20 16.00 16.00 16.00
2 2.4000000 31.51 23.44 38.33 45.78
3 4.8000000 29.44 26.32 25.52 14.40
4 7.2000000 25.98 26.16 26.18 36.63
5 9.6000000 21.14 23.75 18.92 6.89
6 12.0000000 14.92 19.51 13.16 22.31

```

На рис. 1 наочно демонструється, що для трьох об'єктів з різним коефіцієнтом теплопередачі за умовами дослідження при заданій температурі оточуючого середовища за допомогою математичної моделі для

визначення температури об'єкту T в залежності від часу t, отримано для першого об'єкта з температурою T1 – стійке рішення, а для другого і третього об'єктів відповідно з температурами T2 і T3 – нестійкі рішення, тому що вони, як видно за графіками ведуть себе не фізично.

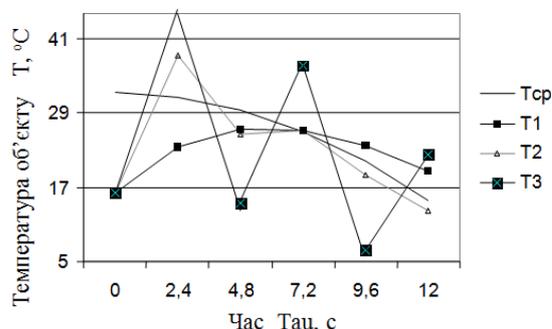


Рис. 1 – Результати розрахунку за програмами зміни температур трьох об'єктів і середовища у часі для процесу теплопередачі

Підвищити точність розрахунків у дослідженнях за методом Ейлера завжди можна шляхом зменшення кроку сітки розрахунків при збільшенні числа вузлів [10].

Висновки. За допомогою ЕОМ отримана таблиця шуканих значень для 6 вузлів дослідження температури трьох об'єктів у часі за розробленими у робочому проекті програмами розрахунку із застосуванням чисельного методу Ейлера у Фортрані в середовищі MSDev. За результатами дослідження на ЕОМ із застосуванням методу Ейлера стійке рішення отримали тільки для першого об'єкта з температурою T1 і відповідно збіжність його значень температур з реальним фізичним процесом нестационарної теплопередачі.

Список літератури: 1. Самійленко, А. М. Диференціальні рівняння: навч. посіб. [Текст] / А. М. Самійленко, С. А. Кривошия, М. О. Перестук. – К.: Либідь, 2003. – 504 с. 2. Турчак, Л. І. Основы численных методов: учеб. посіб. [Текст] / Л. І. Турчак, П. В. Плотников. – М.: Физматлит, 2003. – 304 с. 3. Формалев, В. Ф. Численные методы. Учебник [Текст] / В. Ф. Формалев, Д. Л. Ревизников. – М.: Физматлит, 2004. – 400 с. 4. Бахвалов, Н. С. Численные методы: учеб. посіб. для студ. физ.-математ. спец. вузов [Текст] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М.: Физматлит: Лаборатория Базовых Знаний; СПб.: Невский диалект, 2002. – 632 с. 5. Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях: учеб. посіб. [Текст] / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – М.: Высшая школа, 2000. – 192 с. 6. Коваленко, І. В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв. Підручник [Текст] / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К.: Інрес, Воля, 2006. – 261 с. 7. Коваленко, І. В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. [Текст] / І. В. Коваленко, В. В. Малиновський. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 212 с. 8. Мак-Кракен, Д. Численные методы и программирование на Фортране [Текст] / Д. Мак-Кракен, У. Дорн; пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 584 с. 9. Уорд, Т. Фортран и искусство программирования персональных ЭВМ [Текст] / Т. Уорд, Э. Бромхед; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 351 с. 10. Шахно, С. Застосування прискореного методу Ньютона та різницевих методів до розв'язування задачі пошуку періодичних режимів у нелінійних динамічних системах [Текст] / С. Шахно, Д. Узбізький, Г. Ярмола // Вісник Львівського університету. Серія прикладної математики і інформатики. – 2013.- Вип.19. – С.39-46

Bibliography (transliterated): 1. Samijlenko, A. M., Krivoshiya, S. A., Perestuk, M. O. (2003). Diferencialni rivnyannya: navch.posib. Kiev. Libid, 504. 2. Turchak, L. I., Plotnikov, P. V. (2003). Fundamentals of

numerical methods: Navch.posib. / L. I. Turchak, P. V. Plotnikov. M. – Moscow, 304. **3.** Formales, V. F., Revision, D. L. (2004). Numerical methods. Textbook. M. – Moscow, 400. **4.** Bakhvalov, N. C., Zhidkov, N. P., Kobel'kov, G. M. (2002). Numerical methods: Navch.posib., 632. **5.** Bakhvalov, N. C., Lapin, A. V., Chigonkov, E. V. (2000). Numerical methods in problems and exercises: Navch.posib., 192. **6.** Kovalenko, I. V., Malinovsky, V. V. (2006). Basic processes, machines and apparatuses of chemical productions. The tutorial, 261. **7.** Kovalenko, I. V., Malinovsky, V. V. (2007). The calculations of basic processes, machines

and apparatuses of chemical productions: Navch.posib., 212. **8.** Mac-Kraken, D., Dorn, U. (1977). Numerical methods and programming Fortran, 584. **9.** Ward, T., Bromhead, E. (1993). Fortran and the art of programming a personal computer, 351. **10.** Sahn, S., Usbsi, D., Yarmola, G. (2013). Application prescoring of Newton's method and finite-difference methods to the solution of the problem of finding periodic modes in nonlinear dynamical systems. Bulletin of Lviv University. Series applied mathematics and Informatics, 19, 41, 39-46.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Казак Ірина Олександрівна – кандидат педагогічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», асистент кафедри хімічного, полімерного та силікатного машинобудування; тел.: 050-600-86 – 08 ; e-mail: AsistentIA@meta.ua.

Казак Ірина Александровна – кандидат педагогических наук, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ассистент кафедры химического, полимерного и силикатного машиностроения; тел.: 050-60-86-08; e-mail: AsistentIA@meta.ua.

Kazak Irina Aleksandrovna - Candidate of Pedagogical Sciences (Ph. D.), National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", assistant at the Department of Chemical, polymer and silicate engineering; tel.: 050-60-86-08; e-mail: AsistentIA@meta.ua.

УДК 641.521:641.53.92.004.15

Ю. М. КОРЕНЕЦЬ, Р. П. НИКИФОРОВ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ІЧ-СМАЖЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ ВІДКРИТОГО РОБОЧОГО ПРОСТОРУ

Робота містить опис активного експерименту, проведеного для визначення оптимальних параметрів процесу ІЧ-смаження харчової сировини в умовах відкритого робочого простору. На підставі даних, отриманих в ході експерименту, сформульовано висновки, які мають практичну користь для проведення подальших наукових досліджень у даному напрямку та розробки рекомендацій для реального виробництва. Отримані емпіричні залежності дозволяють судити про вплив факторів, що досліджувалися, на параметри оптимізації.

Ключові слова: ІЧ-обробка, ІЧ-смаження, гриль, грилювання, харчова сировина, відкритий робочий простір, параметр процесу, активний експеримент.

Вступ. Сьогодні ІЧ-обробка вважається одним із перспективних електрофізичних методів теплової обробки харчових продуктів, оскільки дає можливість істотно інтенсифікувати процес: зменшити енерговитрати, підвищити якість виробів та поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці [1]. В останні роки у закладах ресторанного господарства (ресторани, кафе, гриль-бари, підприємства швидкого обслуговування, кулінарні цехи) набула значного поширення продукція, виготовлена з використанням ІЧ-обладнання з відкритим робочим простором. Теплова обробка у таких технічних засобах відбувається за умов, які значною мірою відрізняються від традиційних способів теплової обробки харчової сировини. Перша суттєва відмінність – це ускладнений процес передачі теплоти, який супроводжується відбиванням значної частки променевої енергії від поверхонь продукту та апарату і її розсіюванням у робочому та навколишньому середовищі, які не розділені між собою конструктивними елементами апаратів [2, 3]. На відміну від традиційного теплового обладнання для смаження, у якому застосовується контактний нагрів (плити, сковороди, поверхні безпосереднього смаження), та ІЧ-обладнання із закритим робочим простором, де нагрівання продукту здійснюється не лише випромінюванням, але й конвективно гарячим повітрям

або іншим газовим середовищем та кондуктивно від поверхні, на якій розміщується продукт, в основу дії ІЧ-апаратів з відкритим робочим простором покладено безконтактний нагрів продукту ІЧ-

променями. По-друге, не розроблені практичні рекомендації щодо більш ефективної реалізації вже існуючих методів обробки харчової сировини: ІЧ-смаження (грилювання) напівфабрикатів з м'яса, риби, овочів. По-третє, як показує практика, існує ціла низка чинників, які утруднюють отримання готової продукції зі стабільно високими якісними показниками. По-четверте, виконання державної програми по забезпеченню населення якісною продукцією, примушує шукати шляхи для урізноманітнення асортименту харчових продуктів.

Таким чином, актуальним науковим завданням є вивчення процесу ІЧ-обробки харчової сировини різних видів за умов відкритого робочого простору з метою розробки практичних рекомендацій до проведення теплової обробки харчової сировини різних видів та вдосконалення існуючих технічних засобів.

Мета роботи. Метою роботи є розробка науково обґрунтованих рекомендацій по здійсненню теплової обробки харчової сировини тваринного походження ІЧ-випромінюванням у відкритому робочому просторі та вимог до технологічних параметрів обладнання, що використовується.

Методика експериментів з визначення оптимальних параметрів процесу ІЧ-смаження харчової сировини тваринного походження в умовах відкритого робочого простору. Предметами досліджень було обрано м'ясні напівфабрикати, призначені для смаження: котлета натуральна зі свинини,

© Ю. М. Коренець, Р. П. Никифоров. 2015

антрекот з яловичини, котлета натуральна з курячого філе, які були підготовлені до дослідження за традиційними технологіями [4, 5].

Для реалізації мети роботи було розроблено план і реалізовано активний експеримент [6].

Досліджено вплив на параметри процесу таких факторів:

x_1 – потужність, яка споживається джерелом ІЧ-випромінювання за весь цикл обробки (вихід на робочий режим і дві стадії обробки) (W), Вт; x_2 – товщина зразку (h), м; x_3 – початкова температура продукту (T), К; x_4 – відстань від продукту до джерела випромінювання (L), м.

Як функції відгуку на зміну факторів контролювали такі параметри процесу:

y_1 – втрати маси продукту (Δm), %:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де m – початкова маса продукту, кг; m_1 – кінцева маса продукту, кг; y_2 – питомі витрати електроенергії на повний цикл обробки (Q), Дж/кг;

$$Q = \frac{W \cdot \tau}{m}, \quad (2)$$

де W – витрати електроенергії на повний цикл обробки, Вт; m – початкова маса продукту, кг; τ – тривалість обробки, с. y_3 – органолептична оцінка кінцевого продукту (Op), балів.

В дослідженні застосовано метод органолептичної оцінки, який призначений для об'єктивного контролю якості продукції ресторанного господарства масового виготовлення і полягає у прямій рейтинговій оцінці якості зразків продукції в цілому та окремих ключових органолептичних характеристик зразків продукції. Для кожної оцінюваної характеристики встановлено сенсорні специфікації. Органолептичну оцінку проводили по п'яти показниках (зовнішній вигляд, колір, консистенція, смак, запах) за п'ятибальною шкалою. При цьому користувалися стандартною таблицею 5-бальної оцінки харчових і гастрономічних продуктів по Тільгнеру Д.С. [7] та ГОСТ 9959-91 [8].

Якість продукції, яку отримували в процесі проведення експериментів, за органолептичними показниками визначали для партії відразу після її виготовлення.

Для реалізації плану активного експерименту знадобилися попередні відомості, на підставі яких можна визначити інтервали варіювання факторів.

Товщина напівфабрикатів обумовлюється їх видом, а початкова температура відповідає діапазону температур для охолоджених напівфабрикатів. Тому межі варіювання цих двох факторів (x_2 та x_3 у плані експерименту) визначені апріорі.

Для визначення меж варіювання факторів експерименту x_1 – потужність, яка подається на ТЕН та x_4 – відстань від поверхні продукту до ТЕНу знадобилося проведення попередніх дослідів. Інтервали варіювання цих факторів залежать від розподілу теплового потоку у робочому просторі експериментальної установки, тому їх було визначено шляхом проведення попереднього однофакторного експерименту.

Однією з основних умов успішного використання ІЧ-випромінювання для обробки харчових продуктів є забезпечення максимально можливої рівномірності опромінення. Утворення рівномірного теплового потоку на поверхні продукту гарантує стабільність технологічного процесу та високу якість готової продукції [9–11].

Вимірювання щільності теплового потоку уможливило оптимізацію процесів термообробки харчових продуктів, а датчики теплових потоків можуть бути використані як для контролю та регулювання теплових процесів, так і для оцінки щільності променевого теплового потоку випромінювачів для їх вибору та встановлення розміру відстані між продуктом і джерелом ІЧ-випромінювання, виходячи з конкретних умов термообробки та виду харчової сировини.

В процесі ІЧ-смаження продукт знаходиться в умовах складного теплообміну, який містить променеву, конвективну та кондуктивну складові. Дослідити розподіл теплового потоку у робочому просторі можливо за допомогою датчиків, в конструкції яких використовуються термоелектричні приймачі випромінювання.

Сутність проведеного експерименту з визначення розподілу теплового потоку у робочому просторі установки полягла у визначенні динаміки зміни температури за часом у певних точках робочого простору. На рис. 1 наведено схему розміщення точок заміру температури відносно ІЧ-випромінювача.

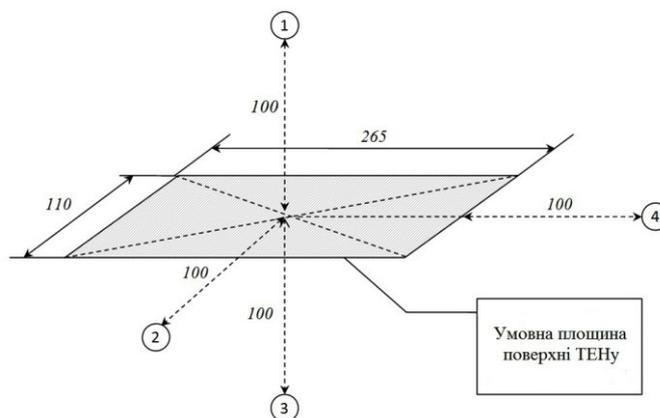


Рис. 1 – Схема розміщення точок заміру температури відносно ІЧ-випромінювача: 1, 2, 3, 4 – місця розміщення термоелектричних датчиків

При проведенні однофакторного експерименту з визначення розподілу теплового потоку у робочому просторі установки проводили смаження напівфабрикату котлети натуральної з курячого філе. В процесі смаження знімали показання температури у п'яти точках. Чотири точки були розташовані у робочому просторі навколо джерела випромінювання (його центру площини), як на рис. 1.

П'ята точка знаходиться у центрі виробу і призначена для контролю процесу обробки. Температуру заміряли за допомогою термодатчиків, які складаються з термопар К-типу під'єднаних до приймачів випромінювання – сталевих пластини, покритих дрібнодисперсною сажею та кремнійорганічним зв'язуючим. Такий склад покриття забезпечує задовільне поглинання в усьому діапазоні ІЧ-випромінювання з коефі-

цінтом 0,95...0,98 та витримує температури до 573 К. Прийнята періодичність проведення замірів – 10 с.

Промисловий досвід свідчить про доцільність проведення теплової обробки харчових продуктів ІЧ-випромінюванням у дві стадії. Перша стадія проводиться на максимальній потужності ІЧ-випромінювача до утворення на поверхні виробу характерної кірочки підсмажування (відповідає температурі $T = 393$ К на поверхні продукту). Друга стадія процесу смаження проводиться на зменшеній потужності ІЧ-нагрівача до досягнення продуктом стану кулінарної готовності (визначається досягненням певної температури усередині продукту, конкретне значення якої характерно для кожного окремого виду харчової сировини).

Фактори активного експерименту варіювали на двох рівнях (-1 і +1) щодо базових значень (0):

x_1 – 570 Вт і 870 Вт на I стадії, 270 Вт і 570 Вт на II стадії, інтервал варіювання 150 Вт;

x_2 – 0,01 м і 0,02 м, інтервал варіювання 0,005 м;

x_3 – 278 К і 288 К, інтервал варіювання 5 К;

x_4 – 0,02 м і 0,04 м, інтервал варіювання 0,01 м.

Матриця планування експерименту за методом Бокса-Уілсона представляє собою напіврепліку від повного факторного експерименту (ПФЕ) 2^{4-1} , яка задана генеруючим співвідношенням: $x_4 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$. Визначальним контрастом є: $1 = + x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4$.

Для виключення впливу систематичних помилок було проведено рандомізацію запланованих дослідів за часом. У дробовому факторному експерименті 2^{4-1} було проведено по два паралельних дослідів для кожного випадку – усього 16 дослідів.

Окрім факторів і параметрів оптимізації процесу, які увійшли до плану активного експерименту, проводили контроль інших важливих показників, які не можуть виступати параметрами оптимізації (температура продукту, К; температура повітря в робочій зоні, К; температури поверхні ТЕНу і решітки, К; початкова і кінцева маса продукту, кг; електрична напруга, В; сила електричного струму, А; витрати часу на процес обробки за стадіями, с).

Для реалізації цілей дослідження було сконструйовано експериментальний стенд, оснащений тепловими, механічними, регулюючими та вимірювальними приладами. Зовнішній вигляд експериментальної установки, її принципова та електрична схеми представлені на рис. 2.

В експериментальній установці передбачено можливість фіксовано змінювати найважливіші параметри процесу за рахунок передбачених елементів конструкції або заміни складових частин. Це дозволяє моделювати процеси теплової обробки харчової продукції, що застосовуються у закладах ресторанного

господарства при використанні серійного ІЧ-обладнання.

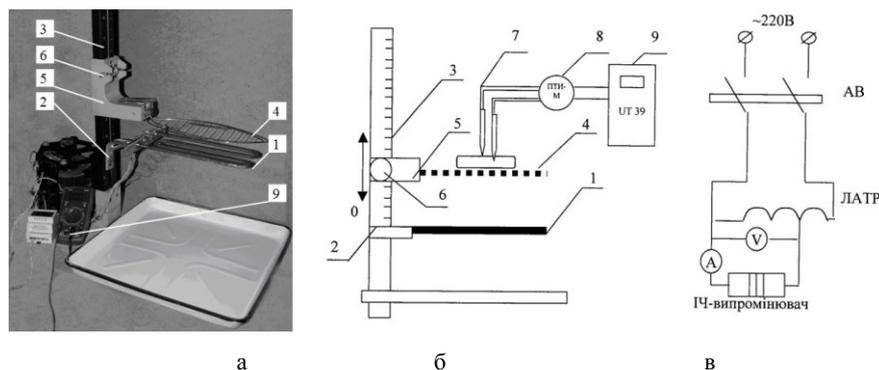


Рис. 2 – Експериментальний стенд для проведення досліджень ІЧ-обробки харчової сировини у відкритому робочому просторі: а – загальний вигляд, б – принципова схема, в – електрична схема: 1 – ІЧ-випромінювач типу ТЕН; 2 – кронштейн; 3 – стійка зі шкалою; 4 – решітка для розміщення продукту; 5 – рухома каретка; 6 – притискні гвинти; 7 – термопари; 8 – багатопозиційний перемикач; 9 – універсальний вимірювальний прилад

Експериментальний стенд дає можливість керувати основними параметрами (споживана ТЕНами потужність, Вт; відстань від продукту до джерела ІЧ-випромінювання, м) та контролювати інші параметри процесу (температура продукту, повітря в робочому просторі, поверхні ТЕНу та решітки, К; початкова та кінцева маса продукту, кг; напруга, В; сила електричного струму, А).

Експериментальний стенд укомплектовано генератором ІЧ-випромінювання – високотемпературним ТЕНом з оболонкою із нержавіючої сталі номінальною потужністю 1500 Вт – позиція 1 на рис. 2, який закріплено на стійці – 3 за допомогою нерухомого кронштейну – 2.

Металева решітка – 4, призначена для розміщення продукту, закріплюється на стійці за допомогою рухомої каретки – 5, положення якої фіксується притискними гвинтами – 6, що дозволяє змінювати відстань між решіткою, на якій розміщено продукт, та джерелом ІЧ-випромінювання. Для фіксованої зміни цієї відстані на стійку нанесено відповідну шкалу.

Для проведення вимірів, контролю та коригування параметрів процесу (теплотехнічних, електричних, геометричних), експериментальну установку оснащено сучасними вимірювальними та регулюючими приладами.

Для зміни величини напруги, що подається на ТЕН, використано лабораторний автотрансформатор ЛАТР (діапазон зміни напруги 0...250 В, максимальна сила струму 9 А).

Для вимірювання та індикації діючого значення напруги перемінного струму застосовано цифровий вольтметр В-0,8К з діапазоном вимірювання 70...400 В та класом точності 0,25. Для вимірювання значень сили електричного струму використано багатфункціональний цифровий вимірювальний прилад УТ39А з діапазоном вимірювання 0,1...20 А та класом точності 3 %.

Зміни температурного поля при смаженні зразків визначали шляхом заміру температури у трьох різних точках усередині продукту з наступним знаходженням середньоарифметичного значення термопарами

К-типу з коефіцієнтом термоЕДС 64-88 мкВ/°С в діапазоні температур 0...600 °С, з діапазоном вимірюваних температур -200...600 °С та максимальною температурою при короткочасному використанні 800 °С. Значення температури отримували за допомогою електронного багатофункціонального пристрою UT39A. Перемикання між термодатчиками здійснювали за допомогою багатопозиційного перемикача типу ПТИ-М. Спаї термопар були поміщені у сталеві голки таким чином, щоб при зануренні у напівфабрикат вони були у безпосередньому контакті з продуктом. Термопари з виводами 7 через багатопозиційний перемикач 8 приєднані до універсального вимірювального приладу 9.

Для забезпечення безпеки при роботі з ПЧ-нагрівачем та здійснення контролю за температурою повітря у робочому просторі експериментальну установку оснащено вимикачем-терморегулятором TR/7 11 N з діапазоном регулювання 50...400 °С.

Для вимірювання значень початкової та кінцевої маси продуктів застосовували електронні ваги SOEHNLE з діапазоном вимірювань 1...5000 г, клас точності III середній, похибка $\pm 1...2$ г, чого було достатньо для даного технологічного експерименту.

Обговорення результатів активного експерименту з визначення оптимальних параметрів процесу ПЧ-смаження харчової сировини тваринного походження в умовах відкритого робочого простору. При обробці експериментальних даних застосовували методи математичної статистики та діяли за певним алгоритмом [11].

Для кожної функції відгуку (параметру оптимізації) за результатами n паралельних дослідів розраховано середні арифметичні значення параметрів оптимізації та дисперсії дослідів.

Однорідність дисперсій експерименту перевіряли за допомогою G-критерію Кохрена. Табличне значення G-критерію Кохрена при $\alpha = 0,05$ і ступенях свободи $f_1 = 1$; $f_2 = 8$ становить 0,68. У такий спосіб дисперсії рядків однорідні у всіх випадках.

Математико-статистична обробка результатів експерименту включала також розрахунки середніх дисперсій параметрів оптимізації, дисперсій коефіцієнтів регресії із визначенням помилки.

Були визначені довірчі інтервали значень коефіцієнтів регресії. При цьому застосовано табличне значення критерію Стюдента при прийнятому рівні значимості та числі ступенів свободи ($\alpha = 0,05$; $f = 8$).

За результатами експерименту обчислювали коефіцієнти моделі. Вільний член b_0 , та коефіцієнти рівнянь регресії b_i . Коефіцієнти регресії перевірили на значимість, порівнюючи з довірчим інтервалом Δb_i .

Таким чином, для процесу ПЧ-смаження кожного продукту було отримано систему рівнянь. Для кожної системи рівнянь було розраховано дисперсію адекватності та здійснено перевірку адекватності із застосуванням F-критерію Фішера.

В результаті обробки експериментальних даних було отримано такі системи рівнянь:

для напівфабрикатів зі свинини (котлета натуральна):

$$\begin{cases} y_1 = 22,06 - 1,06x_1 + 5,72x_2 - 5,22x_4 \\ y_2 = 1,85 + 0,10x_1 + 0,38x_2 - 0,10x_3 - 0,36x_4 \\ y_3 = 4,29 + 0,41x_1 + 0,94x_2 - 0,14x_3 - 0,96x_4 \end{cases}$$

для напівфабрикатів з яловичини (антрекот):

$$\begin{cases} y_1 = 27,78 - 22,63x_1 + 16,95x_2 - 16,46x_3 - 22,91x_4 \\ y_2 = 1,48 + 1,15x_1 - x_2 \\ y_3 = 0,62 + 0,43x_1 + 0,58x_2 - x_3 - 0,17x_4 \end{cases}$$

для напівфабрикатів з птиці (котлета натуральна з курячого філе):

$$\begin{cases} y_1 = 15,39 - 1,44x_1 - 2,02x_2 \\ y_2 = 3,31 + 0,39x_1 - 0,37x_2 \\ y_3 = 4,43 \end{cases}$$

Отримані емпіричні залежності дозволяють судити про вплив контрольованих факторів на параметри оптимізації. На підставі отриманих систем рівнянь можна сформулювати певні висновки та припущення.

Вагомий вплив на втрати маси (y_1) в процесі ПЧ-смаження м'ясних напівфабрикатів має товщина продукту (x_2), значення коефіцієнту 5,72 для котлети натуральної зі свинини та 16,95 для антрекоту із яловичини свідчать про пряму залежність. Проте у випадку з курячим філе спостерігається зворотній зв'язок (коефіцієнт дорівнює -2,02), що можна пояснити різними будовою та складом м'яса свинини, яловичини та птиці, а саме низьким вмістом жиру у курячому м'ясі (1,9 г на 100 г істинної частини) в порівнянні з м'ясом свинини та яловичини (відповідно 27,2 г і 9,6 г на 100 г істинної частини), який інтенсивно витоплюється під час ПЧ-смаження, що є основною причиною втрат маси при обробці поряд з випресовуванням та випаровуванням вологи. Проте вміст вологи у продуктах, що досліджуються, суттєво не відрізняється.

Між відстанню продукту до джерела випромінювання (x_4) та втратами маси під час обробки (y_1) у випадках із котлетою натуральною зі свинини та антрекотом з яловичини спостерігається очевидний зворотний зв'язок (коефіцієнти прийняли значення, відповідно -5,22 та -22,91), що підтверджує апріорні дані й припущення, зроблені на підставі попередніх практичних досліджень, тобто зі збільшенням відстані від продукту до джерела випромінювання, в межах попередньо визначеного інтервалу варіювання, втрати маси під час обробки зменшуються. Для напівфабрикату з курячого філе цей фактор не виявився значимим.

У більшості випадків потужність, яка подається на ТЕН (x_1), має менший вплив на втрати маси під час обробки, ніж вже розглянуті фактори. Але цей вплив є неоднозначним – зі збільшенням потужності в межах інтервалів варіювання кінцеві втрати маси менші. Ускладнює завдання те, що процес складався з двох стадій, на яких потужність істотно змінювалася, тому в експерименті ми використовували усереднені значення, що накладає відбиток на кінцеві результати.

Згідно з отриманими залежностями, такий фактор, як початкова температура продукту (x_3) впливає

на втрати маси лише при обробці антрекоту з яловичини, при цьому спостерігається зворотній зв'язок. Це можна пояснити відносно високою температурою плавлення яловичого жиру (42...52 °С) проти температури плавлення свинячого жиру (36...42 °С), а куряче філе, як вже було сказано, має дуже низький вміст жиру.

На загальні витрати електроенергії в процесі обробки (y_1) у випадку з котлетою натуральною зі свинини мають вплив всі фактори, які враховувалися в експериментальному дослідженні, що є цілком закономірним. Найбільший і приблизно однаковий вплив, як і у випадку з попереднім параметром, мають товщина продукту та відстань від продукту до джерела нагрівання, коефіцієнти відповідно +0,38 і -0,36; менший вплив мають споживана потужність і початкова температура продукту, коефіцієнти відповідно +0,10 і -0,10. Цікаво, що фактори потужність, що подається на ТЕН, та товщина продукту в процесі обробки напівфабрикатів зі свинини та курки здійснюють подібний вплив, а відстань між продуктом і джерелом випромінювання та початкова температура продукту не виявилися значущими.

На органолептичні властивості кінцевого продукту у випадку з напівфабрикатами зі свинини та яловичини мають значний вплив всі досліджувані фактори. Між органолептичною оцінкою та товщиною продукту спостерігається прямий зв'язок, коефіцієнти відповідно +0,94 та +0,58. Можна припустити, що збільшення товщини напівфабрикату в межах інтервалу варіювання сприяє більш рівномірному приготуванню без інтенсивного випресовування вологи та жиру, що підвищує смакові властивості готового продукту. Між органолептичними властивостями та відстанню від продукту до джерела випромінювання спостерігається зворотній зв'язок, коефіцієнти відповідно -0,96 та -0,17. Було помічено, що менша відстань до джерела випромінювання сприяє утворенню характерної кірочки, властивій смаженим продуктам, чи гриль-продукції, що робить продукт апетитним і привабливим для споживання. Вплив на органолептичні показники здійснюють потужність, що подається на ТЕН (коефіцієнти відповідно +0,41 та +0,43) та початкова температура продукту (коефіцієнти відповідно -0,14 та -0,10). Як бачимо коефіцієнти для цих факторів є майже ідентичними, що підтверджує репрезентативність результатів експерименту в даному випадку. Підвищення потужності ТЕНу прискорює обробку і сприяє утворенню кірочки підсмажування, що сприяє підвищенню органолептичної оцінки. Підвищення початкової температури напівфабрикату, навпаки, здійснює негативний вплив на органолептичну оцінку кінцевого продукту. Що потребує ще додаткового вивчення.

Висновки. Отримані емпіричні залежності дозволяють судити про вплив факторів, що досліджувалися, на параметри оптимізації. Надалі дослідження будуть спрямовані на перевірку отриманих залежностей і впровадження результатів на практиці. Після отримання підсумкових узагальнених рівнянь можливо буде з достатньою точністю визначити оптимальні параметри процесу, ступінь впливу кожного фактору,

що досліджується, а також враховувати вплив ефектів міжфакторної взаємодії. Це дозволить розробити практичні рекомендації для виробничих умов та удосконалити технологічні апарати, призначені для ПЧ-смаження (грилювання). Також планується проведення досліджень аналогічного процесу для інших груп харчової сировини, гідробіонтів та продуктів рослинного походження.

Список літератури: 1. Карсекина, В. В. Совершенствование технологии производства продукции общественного питания [Текст] / В. В. Карсекина, В. Х. Бердичевский, Е. В. Мельничук. – К. : Техніка, 1989. – 207 с. 2. Михеев, М. А. Основы теплопередачи [Текст] / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – Изд. 2-е, стереотип. – М. : Энергия, 1977. – 344 с. 3. Исаченко, В. П. Теплопередача [Текст] : Учебник для вузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1981 – 416 с. 4. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: для предприятий обществ. питания [Текст] / Авт. сост.: А. И. Здобнов, В. А. Цыганенко, М. И. Пересичный. – К. : А.С.К., 2001. – 656 с. 5. Алёхина, Л. Т. Технология мяса и мясосюродов [Текст] / Л. Т. Алёхина, А. С. Большаков, В. Г. Боровков и др.; под ред. И. А. Рогова. – М. : Агропромиздат, 1988. – 576 с. 6. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с. 7. Тильгнер, Д. Е. Органолептический анализ пищевых продуктов [Текст] / Д. Е. Тильгнер. – М. : Пищепромиздат, 1962 – 388 с. 8. ГОСТ 9959-91. Продукты мясные. Общие условия проведения органолептической оценки. – Введ. 01.01.92. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 7 с. 9. Food processing operations modeling. Design and analysis [Text] / [second edition] : edited by Soojin Jun, Joseph M. Irudayaraj. – London, New York : CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business, 2009. – 340 p. 10. Рогов, И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов [Текст] / И. А. Рогов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 272 с. 11. Топольник, В. Г. Поиск оптимальных условий процессу теплової обробки напівфабрикатів зі свинини ПЧ-випромінюванням в умовах відкритого робочого простору [Текст] / В. Г. Топольник, Ю. М. Коренець // Вісник ДонНУЕТ. Сер.: Техн. науки. – 2009. – № 1 (41) - С. 91-99.

Bibliography (transliterated): 1. Karsekina, V. V., Berdichevskii V. H., Melnichuk E. V. (1989). Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva produktsii obshhestvennogo pitaniya [Improvement of production technology products socio nutrition]. Kiev, Ukraine: Tekhnika, 207. 2. Mikheev, M. A., Mikheeva, I. M. (1977). Osnovy teploperedachi [Fundamentals of heat]. Moscow, Russia: Energiya, 344. 3. Isachenko, V. P., Osipov V. A., Sukomel, A. C. (1981). Teploperedacha : Uchebnik dlya vuzov [Heat transfer : Textbook for Universities.]. Moscow, Russia: Energoizdat, 416. 4. Zdobnov, A. I., Cyganenko, V. A., Peresichnyj, M. I. ed. (2001). Sbornik receptur blyud i kulinarnykh izdelij: dlya predpriyatij obshhestv. pitaniya. Kiev, Ukraine, A.S.K., 656. 5. Alyoxina, L. T., Bolshakov, A. S., Borevov, V. G. and etc. Rogov, I. A. ed. (1988).Tehnologiya myasa i myasoproduktov [Technology of meat and meat products]. Moscow, Russia: Agropromizdat, 576. 6. Adler, Y. P., Markova, E. V., Hranovskii, Yu. V. (1976). Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnykh uslovij [Planning of experiment in finding the optimal conditions]. Moscow, Russia: Nauka, 280. 7. Tylhner, D. E. (1962). Organolepticheskij analiz pishhevyykh produktov [Sensory analysis of food products]. Moscow, Russia: Pyschepromydat, 388. 8. (1992). GOST 9959-91. Produkty myasnyye. Obshhie usloviya provedeniya organolepticheskoy ocenki [Meat products. General terms of sensory evaluation]. Key. 1.1.92. Moscow, Russia: Izd-vo standartov, 7. 9. Soojin Jun, Joseph M. Irudayaraj ed. (2009). Food processing operations modeling. Design and analysis [second edition]. London, New York: CRC Press is an imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business, 340. 10. Rogov, I. A. (1988). Elektrofizicheskie metody obrabotki pishhevyykh produktov [Electrophysical methods of food processing]. Moscow, Russia: Agropromizdat, 272. 11. Topolnyk, V. G., Korenets, Yu. N. (2009). Poisk optimalnykh uslovij processa teplovoj obrabotki polufabrikatov iz svinyini IK-izlucheniem v usloviyax otkrytogo rabocheho prostranstva [Search the optimum conditions of heat treatment process semi pork infrared radiation in the open workspace]. Vestnik DonNUET. Ser.: Tehn. nauki, 1 (41) , 91-99.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Никифоров Радіон Петрович – кандидат технічних наук, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського, доцент кафедри технології в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи; тел.: 050-473-68-28; e-mail: nikradion@yandex.ua.

Никифоров Радіон Петрович – кандидат технических наук, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. Михайла Туган-Барановского, доцент кафедры технологии в ресторанном хозяйстве и отельного-ресторанного дела; тел.: 050-473-68-28; e-mail: nikradion@yandex.ua.

Nikiforov Radion Petrovych – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Donetsk National University of the Economics and Trade named after Mykhajlo Tugan-Baranovsky, Associate Professor at the Department of technologies restaurant business and hotel and restaurant business; tel.: 050-473-68-28; e-mail: nikradion@yandex.ua.

Коренець Юрій Миколайович – старший викладач, Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, кафедра технології в ресторанному господарстві та готельної і ресторанної справи; тел.: 050-812-99-78; e-mail: yurii_korenets@mail.ru.

Коренець Юрій Николаевич – старший преподаватель, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михайла Туган-Барановского, кафедра технологии в ресторанном хозяйстве и отельного-ресторанного дела; тел.: 050-812-99-78; e-mail: yurii_korenets@mail.ru.

Korenets Yuriy Nikolaevych – Senior Lecturer, Donetsk National University of the Economics and Trade named after Mykhajlo Tugan-Baranovsky, Department of technologies restaurant business and hotel and restaurant business; tel.: 050-812-99-78; e-mail: yurii_korenets@mail.ru.

УДК 62.52

А. А. ШАБЕЛЬНИКОВ**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ *SECU-3***

В статье проведены исследования и разработан электронный блок управления двигателем внутреннего сгорания *SECU-3*, встроенное программное обеспечение (ПО) к нему и ПО для его настройки и диагностики, выполняемое на персональном компьютере. Описан принцип расчета длительности впрыска, алгоритм коррекции состава топливовоздушной смеси по избытку воздуха, структурная и принципиальная электрическая схемы блока. В ближайшем будущем планируется разработать новую схему и печатную плату блока, в которую будут интегрированы данные устройства.

Ключевые слова: впрыск, зажигание, детонация, датчик, актюатор, микроконтроллер, управление, двигатель, автомобиль, *SECU-3*

Введение. Несмотря на стремительное развитие автомобильной отрасли и совершенствование конструкции систем управления двигателем внутреннего сгорания (ДВС) по разным причинам в эксплуатации продолжают оставаться автотранспортные средства, которые не отвечают современным требованиям к токсичности выхлопных газов и экономии топлива [1]. Такие транспортные средства, как правило, можно разделить на 2 типа. Первый, это те, в которых изначально было не предусмотрено электронное управление впрыском топлива и/или зажиганием. Как правило, это карбюраторные автомобили, по большей части отечественного производства или производства стран бывшего СССР.

Второй тип это автомобили, привезенные из-за рубежа, в которых штатные системы, управляющие двигателем (впрыском, зажиганием и т. д.), вышли из строя и не могут быть заменены. В связи с этим возникает необходимость модернизации и/или переоборудования двигателей таких транспортных средств. В таком случае нужен специальный программно-аппаратный комплекс.

При этом, электронные блоки управления, устанавливаемые на серийные автомобили, как правило, узко специализированы, рассчитаны на использование определенных датчиков и исполнительных устройств, а также завязаны на число цилиндров, тип двигателя и марку автомобиля. Кроме того, такие блоки лишены возможности гибкой настройки и изменения даже самых важных параметров системы, не говоря уже о настройке параметров в реальном вре-

мени. А если такая возможность и существует, то ПО от сторонних компаний стоит недешево.

Это объясняется тем, что разброс основных характеристик серийно производимого двигателя достаточно небольшой, поэтому производителю достаточно иметь данные стендовых испытаний, полученных на этапе разработки двигателя, чтобы использовать их во всех электронных блоках управления для ДВС данной модели. В открытом доступе такой информации практически нет, особенно для старых карбюраторных двигателей. В этом случае необходимо иметь возможность изменять параметры системы, получая в реальном времени данные для анализа. И хотя многими компаниями выпускаются электронные блоки управления с широкими возможностями, их продукция, как правило, ориентирована на узкий сегмент автопарка, в основном, на спортивные автомобили. И это еще одна причина высокой стоимости таких блоков управления.

Одной из целей, преследуемых при разработке блока *SECU-3* [2], является снижение его стоимости и обеспечение доступности комплектующих. Особенно существенным является то, что исходный код программного обеспечения (как встроенного, так и ПО для ПК) и вся документация к блоку находится в открытом доступе [2]. Автору известны только два аналогичных проекта с открытым кодом ПО [3; 4].

Цель работы. Целью работы является проведение исследований и разработка электронного блока для управления бензиновым двигателем внутреннего сгорания, в частности зажиганием и впрыском топлива.

© А. А. Шабельников. 2015

Методика стендовых испытаний блока управления *SECU-3*. Испытания блока проводились на специальном стенде с эмулированием датчиков и исполнительных механизмов бензинового двигателя, а также на двигателях внутреннего сгорания многих марок автомобилей путем установки электронного блока *SECU-3* и подключения его к датчикам и исполнительным устройствам двигателя автомобиля.

Устройство, функции и возможности блока управления *SECU-3*. Электронный блок управления ДВС *SECU-3* представляет собой микропроцессорное устройство со встроенной программой на языке программирования "C", предназначенное для всех бензиновых двигателей. Блок предназначен для управления впрыском топлива, зажиганием, регулятором холостого хода (РХХ), электровентилятором охлаждения двигателя и т. д. Блок размещается в подкапотном пространстве автомобиля или в салоне и подключается к бортовой сети и исполнительным устройствам двигателя (актюаторам). Фотография печатной платы предлагаемого блока (без корпуса) в собранном виде представлена на рис. 1. Структурная схема блока *SECU-3* показана на рис. 2. На схеме дополнительно показаны датчики и исполнительные механизмы, подключаемые к блоку через драйверы.

Среди основных возможностей электронного блока *SECU-3* выделим основные: управление зажиганием по данным из таблиц, по сигналу от датчика детонации (ДД) и других датчиков; управление впрыском топлива (форсунки); управление оборотами вентилятора охлаждения двигателя; управление электробензонасосом; управление воздушной заслонкой

карбюратора; блокировка стартера; переназначение входов/выходов для альтернативных функций; поддержка различных типов двигателей и способов синхронизации; переключение между таблицами и изменение параметров в реальном времени; наличие нескольких выходов, которые могут быть запрограммированы пользователем.

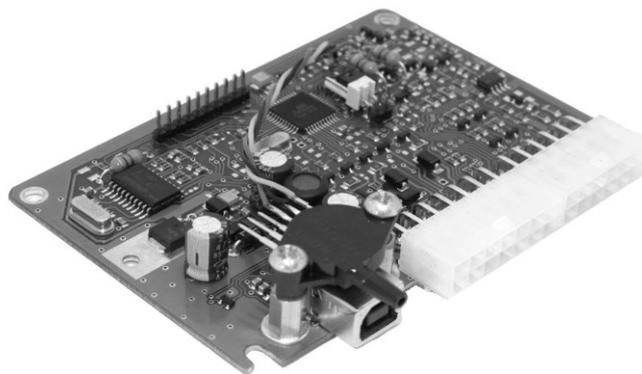


Рис. 1 – Внешний вид печатной платы блока *SECU-3*

Данные на вход системы поступают с аналоговых и дискретных входов. В отличие от обычных дискретных входов, входы синхронизации снабжены специальными формирователями для преобразования синусоидальных сигналов в прямоугольные импульсы. Сигналы синхронизации поступают с датчика положения коленчатого вала (ДПКВ) и датчика начала отсчета (ДНО) и/или датчика фаз газораспределения (ДФ) [5; 6].

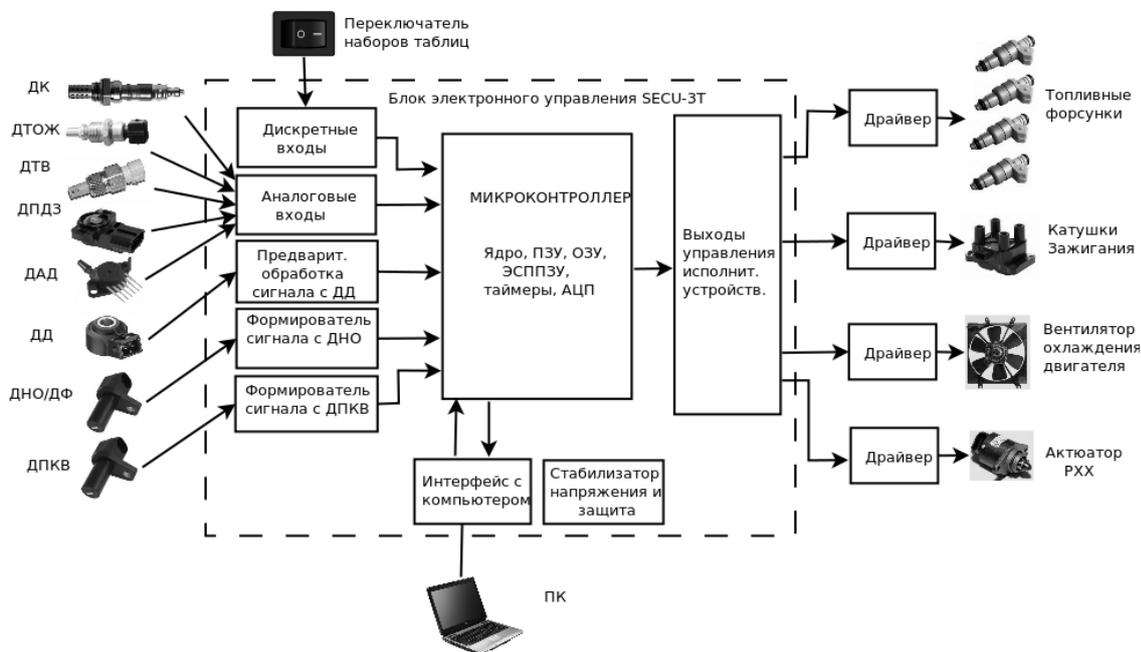


Рис. 2 – Структурная схема электронного блока *SECU-3*

В частности, датчик начала отсчета используется в некоторых конфигурациях, где задающий диск ДПКВ не содержит отсутствующих зубьев. В большинстве случаев используется задающий диск ДПКВ с одним или двумя отсутствующими зубьями, что позволяет обойтись без ДНО. Вместо него можно подключить ДФ, который дает возможность определять номер ци-

линдра, в котором идет рабочий процесс в конкретный момент времени. ДПКВ позволяет определять угловое положение коленчатого вала и его обороты.

Датчик кислорода (ДК) используется для корректировки состава смеси по избытку кислорода в выхлопных газах (*closed-loop* управление) [7; 8]. В большинстве случаев используются узкополосные

ДК. Эти датчики имеют очень узкий линейный участок на кривой зависимости напряжения от избытка воздуха, и для получения значения коррекции состава смеси выходной сигнал датчика пропускается через

интегратор с достаточно большой постоянной времени. На рис. 3 показана блок-схема работы интегратора коррекции смеси по ДК.

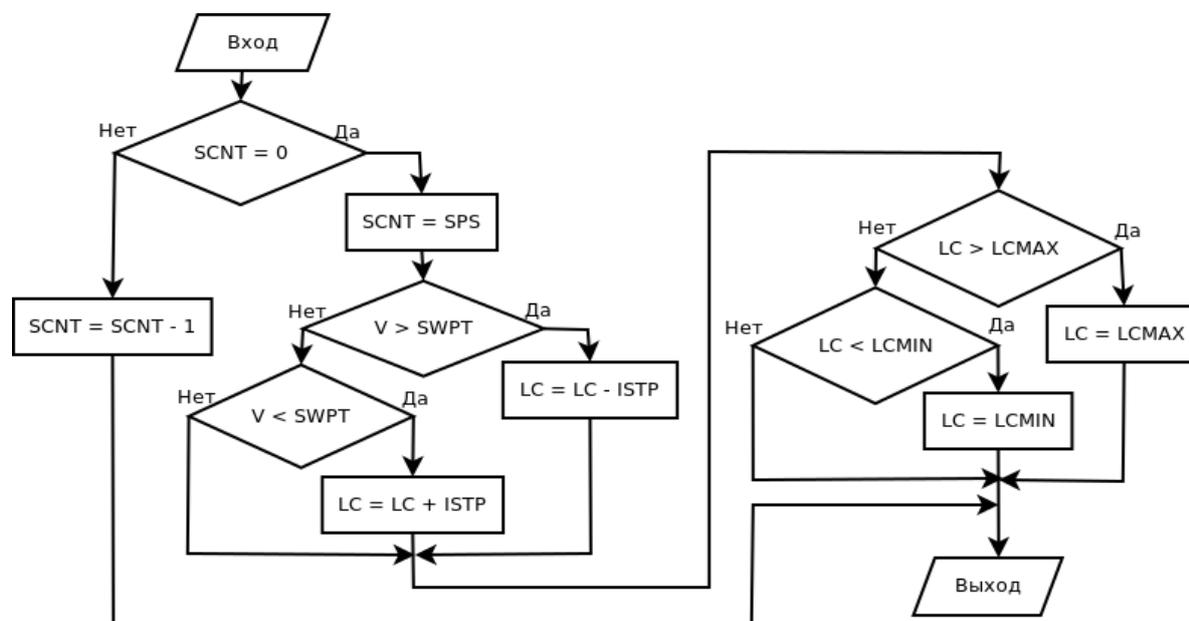


Рис. 3 – Блок-схема работы интегратора коррекции состава смеси по ДК

Коррекция состава смеси по ДК включается, если температура и обороты двигателя превышают установленные пороги, а также в случае, если истекло установленное время после запуска двигателя (как правило, 30–40 секунд). Это обусловлено тем, что датчику необходимо время на прогрев.

На рисунке LC – текущее значение коррекции, % – показывает, на сколько нужно уменьшить или увеличить подачу топлива в двигатель; $ISTP$ – шаг интегрирования, %, $LCMIN$, $LCMAX$ – минимальное и максимальное значения коррекции, соответственно, SPS – количество тактов двигателя на один шаг интегрирования, $SCNT$ – счетчик тактов двигателя, V – напряжение на выходе датчика, В; $SWPT$ – напряжение, соответствующее стехиометрическому соотношению топлива и воздуха, В (как правило, $SWPT = 0,45$ В для узкополосных ДК). Заметим, что после запуска встроенной программы, то есть в момент инициализации, $LC = 0$.

Алгоритм вызывается в каждом такте двигателя из основного цикла программы. Как видно из блок-схемы, интегрирование производится каждые SPS -тактов. После каждого шага интегрирования значение ограничивается в пределах от $LCMIN$ до $LCMAX$. Датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ) измеряет температуру двигателя. Его показания используются для корректировки угла опережения зажигания (УОЗ) и других коррекций. Датчик температуры воздуха (ДТВ) измеряет температуру воздуха, поступающего в цилиндры. Показания этого датчика, в первую очередь, используются в расчетах наполнения цилиндров, а также для корректировки УОЗ и т. д. [6].

Датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ) используется для определения режимов работы двигателя, например, для обогащения/обеднения топливно-воздушной смеси при ускорении/замедлении. Дат-

чик абсолютного давления (ДАД) предназначен для определения давления воздуха, поступающего в цилиндры. Датчик встроен в блок *SECU-3* и его показания используются для расчетов УОЗ и наполнения цилиндров.

Датчик детонации позволяет корректировать УОЗ при возникновении детонации, защищая двигатель от быстрого износа. На время настройки или диагностики система может быть подключена к ПК через интерфейс *USB*. Все необходимые действия производятся при помощи программы *SECU-3 Manager*.

Рассмотрим расчет необходимого количества топлива для впрыска согласно формулы:

$$PWbase = ((MAP \cdot K) / IAT) \cdot VE \cdot AFR, \quad (1)$$

где: MAP – абсолютное давление на впуске, кПа; IAT – температура воздуха на впуске, К; K – константа, вычисляется в управляющей программе (*SECU-3 Manager*) при изменении параметров впрыска (формула (2)); VE – поправочный коэффициент из таблицы $VE(MAP, RPM)$; AFR – коэффициент соотношения воздух/топливо из таблицы $AFR(MAP, RPM)$.

Для экономии вычислительных ресурсов микроконтроллера значение $PWbase$ сразу вычисляется как время впрыска (а не как наполнение). Значения, которые являются константами, определяются в момент настройки (в программе на ПК) и не рассчитываются каждый раз во встроенной программе блока. VE представляет собой 2-х мерную таблицу, в которой задана зависимость объемного КПД двигателя от давления воздуха на впуске (MAP) и оборотов коленчатого вала (RPM).

AFR также представляет собой 2-х мерную таблицу, которая задает зависимость требуемого соотношения воздух/топливо от давления воздуха на впуске (MAP) и оборотов коленчатого вала (RPM).

$$K = ((CYL_DISP \cdot 3.482 \cdot 18750000) / Ifr) \cdot ((Nbnk \cdot Ncyl) / (Nsq \cdot Ninj)), (2)$$

где: CYL_DISP – объем одного цилиндра, л; Ifr – производительность форсунки, г/мин. Пользователь задает данный параметр в см³/мин, а перед подстановкой в формулу значение переводится в граммы, используя плотность бензина $\rho = 0,71$ г/см³; $Nbnk$ – число раздельно управляемых банков форсунок, для центрального и распределенного параллельного впрыска $Nbnk = 1$; $Ncyl$ – число цилиндров двигателя; Nsq – число впрысков на цикл; $Ninj$ – число форсунок; для центрального впрыска $Ninj = 1$, для параллельного впрыска $Ninj = Ncyl$.

Формула (2) представляет собой измененное и дополненное уравнение состояния идеального газа. Максимум переменных вынесены в константу K , добавлены дополнительные константы для удовлетворения требованиям разных конфигураций впрыска. Значение $PWbase$ выражено в дискретах таймера, одна дискрета равна 3,2 мкс. К данному значению дополнительно применяются следующие коррекции: обогащение после пуска; обогащение при прогреве двигателя; коррекция по ДК; обогащение при ускорении; коррекция времени открытия форсунки (форсунка открывается не сразу после подачи тока).

После применения всех перечисленных коррекций значение загружается в таймер для формирования импульса управления форсункой. Метод расчета наполнения через уравнение идеального газа (с использованием ДАД и ДТВ) в англоязычной литературе называется *Speed-Density* или *VE-based* [6; 8].

Перед пуском двигателя форсунки кратковременно открываются для смачивания стенок впускного коллектора. Время, на которое открываются форсунки, зависит от температуры двигателя, поскольку при низких температурах топливо слабо испаряется и оседает в виде пленки на стенках. Если этого не сделать, то время запуска двигателя несколько увеличится (особенно заметно в холодное время года, при отрицательных температурах окружающей среды) [4]. На данный момент управление РХХ выполнено по разомкнутой схеме (*open-loop* управление [7]), а положение актюатора РХХ определяется по таблице, в которой задана зависимость положения актюатора от температуры двигателя.

Рассмотрим принципиальную электрическую схему блока, представленную на рис. 4. Схема включает в себя следующие основные элементы: микроконтроллер ($U3$); микросхему обработки сигнала с ДД ($U1$); микросхему интерфейса USB ($U9$); микросхему с двумя компараторами для входов формирователей сигналов синхронизации ($U7$) и транзисторы выходов управления актюаторами ($VT2-VT4$, $VT6$, $VT9$, $VT11$, $VT13-VT17$); микросхему $U8$ для получения стабильного напряжения 5 В с защитой на диодах $VD13-VD15$.

Сигналы с ДПКВ поступают на вход компаратора $U7:A$, который собран по дифференциальной схеме для подавления синфазных помех и имеет гистерезис около 100–150 мВ. На выходе компаратора сигнал представляет собой прямоугольные импульсы, которые поступают на специальный вход прерывания микроконтроллера $ICP1$. Сигналы с ДНО или ДФ поступают на вход схемы на $U7:B$. Данная схема работает аналогичным образом,

как и схема на $U7:A$, но имеется принципиальное отличие, которое заключается в наличии эмиттерного повторителя на транзисторе $VT18$ и конденсаторов $C38$, $C39$.

Напряжение на конденсаторах меняется в зависимости от частоты и амплитуды поступающих на вход импульсов. Напряжение через диод $VD17$ и резистор $R74$ поступает на инвертирующий вход компаратора и, складываясь с напряжением, поступающим через резистор $R75$, меняет порог чувствительности схемы. Таким образом, чувствительность схемы на высоких оборотах коленвала снижается, что увеличивает помехозащищенность схемы и точность.

Выходной сигнал с компаратора $U7:B$ поступает на вход прерывания микроконтроллера $INT0$. Сигнал с ДФ может быть подан как на вход схемы на $U7:B$, так и на вход схемы на транзисторе $VT1$, с выхода которого сигнал поступает на вход прерывания микроконтроллера $INT1$. Это зависит от типа применяемого ДФ (например, основанного на эффекте Холла или датчика индуктивного типа) и от того, заняты ли входы $U7:B$ датчиком ДНО.

В схеме предусмотрена обработка сигналов от двух ДД, что актуально для V -образных двигателей. Однако на данный момент во встроенном ПО реализована обработка сигнала только с одного датчика. Первоначальную обработку сигналов ДД производит специализированная микросхема $U1$. Она содержит встроенные предусилители, программируемый аттенуатор, программируемый полосовой фильтр, выпрямитель с программируемым интегратором, устройство выборки и хранения, интерфейс для связи с микроконтроллером.

Интегратор включается и выключается в узком диапазоне углов поворота коленвала, интегрируя отфильтрованный сигнал с ДД. Интегрирование сигнала с ДД начинается и заканчивается для каждого рабочего такта двигателя отдельно. Таким образом, система получает данные о среднем значении сигнала в интересующем диапазоне углов поворота коленвала [9].

Все аналоговые входы (входы аналого-цифрового преобразователя) защищены диодами и RC -фильтрами. Например, вход, измеряющий напряжение бортовой сети ($+VS$), содержит элементы: $R16$, $R17$, $C17$, $VD19$. Вход для ДАД образован элементами $R14$, $R15$, $C15$, $C16$ и $VD18$; вход ДТОЖ – $R18$, $R19$, $C18$, $VD20$. Входы ДК и ДТВ образованы элементами $R23$, $R24$, $C19$, $VD21$ и $R27$, $R28$, $C20$, $VD22$, соответственно. Вход для датчика ДПДЗ – элементами $R57$, $R58$, $R90$, $C22$, $VD23$. Резистор $R57$ устанавливается на плату только в случае использования данной системы на карбюраторном двигателе. Вход для переключения наборов таблиц (помечен на схеме как GAS_V) включает элементы $R59$, $R60$, $VD2$ и $C23$. Во встроенной программе производится дополнительная фильтрация сигналов с аналоговых входов, используя метод скользящего среднего (*moving average*) [10].

В схеме предусмотрено два выхода с верхним плечом (помечены на схеме как FE , IE), которые образованы транзисторами $VT5$, $VT4$ и $VT7$, $VT6$, соответственно. Данные выходы предназначены для использования на карбюраторных двигателях для управления клапаном экономайзера принудительного

холостого хода (ЭПХХ) и клапаном экономайзера мощностных режимов (ЭМР). Эти и другие выходы (описаны ниже) могут быть переназначены для других,

альтернативных функций. Например, в случае использования впрыска выходы *FE*, *IE* свободны и могут быть использованы для управления форсунками.

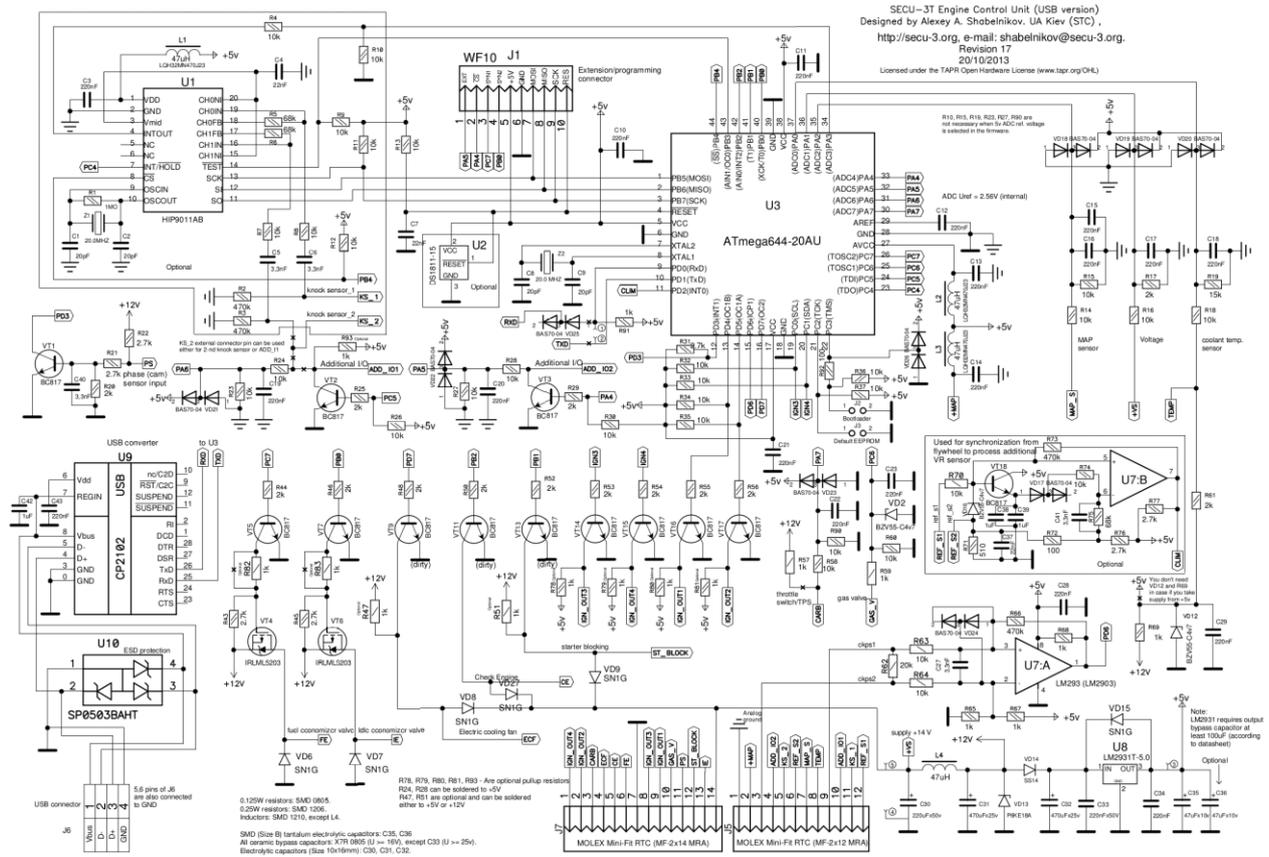


Рис. 4 – Принципиальная электрическая схема блока SECU-3

Выход для управления вентилятором охлаждения двигателя выполнен на транзисторе *VT9* с защитой на диоде *VD8*. Вместо управления вентилятором данный выход может быть использован и для управления так называемым моментным PXX (управление при помощи широтно-импульсной модуляции). Для индикации ошибок (*Check Engine*) предназначен выход на транзисторе *VT11*. Выход на транзисторе *VT13* предназначен для управления блокировкой стартера. Транзисторы *VT2*, *VT3*, *VT14-VT17* образуют выходы для управления зажиганием, но, как уже было сказано выше, могут быть переназначены и для других функций, например, для управления форсунками или шаговым PXX. Управление шаговыми двигателями рассмотрено в работе [11].

На плате также имеются переключки *J2*, *J3*, контакты которых подключены к линиям портов микроконтроллера. Первая предназначена для аварийного запуска встроенного загрузчика (*boot loader*). Вторая – для принудительной загрузки резервной копии параметров из памяти программ в электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ЭСПЗУ). Не смотря на то, что контакты *J2*, *J3* не выведены на внешний разъем, они могут быть использованы как выходы для альтернативных функций (например, для управления шаговым PXX). При этом они не теряют и своих основных функций.

Встроенная программа записывается в микро-

контроллер путем подключения специального программатора (*STK200/300*) к разъему на плате (*J1*). Программатор необходим только для записи загрузчика (встроен в основную программу) и используется один раз после изготовления устройства или для обновления загрузчика. Все дальнейшие действия выполняются через специально разработанную программу *SECU-3 Manager*, развитие и разработка которой происходит синхронно со встроенной программой.

Выводы. Таким образом, нами разработан электронный блок управления бензиновым двигателем *SECU-3*, создано к нему встроенное программное обеспечение и управляющее ПО, выполняемое на ПК для настройки блока.

Как было видно из структурной схемы системы и принципиальной электрической схемы блока, на данном этапе *SECU-3* не содержит силовых драйверов управления форсунками, катушками зажигания и PXX. В ближайшем будущем планируется разработать новую схему и печатную плату блока, в которую будут интегрированы данные устройства. Это позволит упростить установку и диагностику системы, усилит ее надежность и придаст конструкции завершённый вид. При этом изменения в ПО не планируются.

Расчет наполнения цилиндров в данной версии устройства производится по методу *Speed-Density*. В будущем в дополнение к этому методу планируем до-

бавить можливість расчета наполнения с использованием датчика массового расхода воздуха (ДМРВ), а также по методу *Alpha-N* (наполнение рассчитывается с помощью двухмерной таблицы, по одной оси которой положение дроссельной заслонки, по другой – обороты коленвала). Кроме этого, планируем добавить корректировку температуры воздуха в зависимости от температуры двигателя, поскольку ДТВ не учитывает небольшой нагрев поступающего воздуха от контакта с нагретыми патрубками впускного коллектора. Для управления актуатором РХХ в последующем планируется реализовать режим замкнутого управления с использованием ПИ-регулятора.

Список литературы: 1. Морозов, К. А. Токсичность автомобильных двигателей [Текст] / К. А. Морозов; 2-е изд., перераб. – М.: Легион-Автodata, 2001. – 79 с. 2. МПЦ3 SECU-3 / Ignition and fuel injection ECU [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://secu-3.org/>. – Название с экрана. 3. FreeEMS [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://freeems.org/>. – Название с экрана. 4. MEGASQUIRT [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://megasquirt.info/>. – Название с экрана. 5. Борщевко, Я. А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учеб. пособ. [Текст] / Я. А. Борщевко, В. И. Васильев. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. – 207 с. 6. Banish, G. Engine Management: Advanced Tuning [Text] / Greg Banish. – North Branch: CarTech, 2007 – 128 p. 7. Бесекевский, В. А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекевский, Е. П. Попов; 4-е изд., пере-

раб. доп. – С-Пб.: Профессия, 2003. – 752 с. 8. Reif, K. Gasoline Engine Management: Systems and Components (Bosch Professional Automotive Information) [Text] / Konrad Reif. – Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015. – 354 p. 9. Гирявец, А. К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем [Текст] / А. К. Гирявец. – М.: Стройиздат, 1997. – 161 с. 10. Smith, S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing [Text] / Steven W. Smith; 2-nd Ed. – San-Diego: California Technical Publishing, 1999 – 650 p. 11. Кенио, Т. Шаговые двигатели и их микропроцессорные системы управления [Текст] / Т. Кенио; пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 200 с.

Bibliography (transliterated): 1. Morozov, K. A. (2001). The toxicity of automobile engines (2nd ed.). Moscow: Legion-Avtodata, 79. 2. МПЦ3 SECU-3 / Ignition and fuel injection ECU [Virtual Resource]: Available at: <http://secu-3.org/>. 3. FreeEMS. [Virtual Resource]: Available at: <http://freeems.org/>. 4. MEGASQUIRT [Virtual Resource]: Available at: <http://megasquirt.info/>. 5. Borshhenko, Ja. A., Vasil'ev, V. I. (2007). Vehicle's electronic and microprocessor systems: study guide. Kurgan: Izd-vo Kurganskogo gos. un-ta, 207. 6. Banish, G. (2007). Engine Management: Advanced Tuning. North Branch: CarTech, 128. 7. Besekevskij, V. A., Popov, E. P. (2003). The theory of automatic control systems (4th ed.). Sankt-Peterburg: Professija, 752. 8. Reif, K. (2015). Gasoline Engine Management: Systems and Components (Bosch Professional Automotive Information). Wiesbaden: Springer Vieweg, 354. 9. Girjavec, A. K. (1997). Theory of control of automobile gasoline engine. Moskva: Strojizdat, 161. 10. Smith, S. W. (1999). The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing (2nd ed.). San-Diego: California Technical Publishing, 650. 11. Kenio, T. (1987). Stepping motors and their microprocessor controls (per. s angl.). Moscow: Jenergoatomizdat, 200.

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Шабельников Алексей Алексеевич – инженер-программист, тел.: 095-546-32-69; e-mail: shabelnikov@secu-3.org.

Шабельников Олексій Олексійович – инженер-програміст, тел.: 095-546-32-69; e-mail: shabelnikov@secu-3.org.

Shabelnykov Oleksii – software engineer, tel.: 095-546-32-69; e-mail: shabelnikov@secu-3.org

УДК 621.634:629.735.035.3'7 (045)

М. Ю. БОГДАНОВ

МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЯ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА

В статті представлено результати чисельного і параметричного досліджень ступеня осьового вентилятора, що надали змогу визначити межі його експлуатаційних режимів та провести оцінку зміни енергетичних параметрів. Розрахунки проводились при номінальному і зривному режимах та показали імпульсний характер зміни значень повного тиску P^* і осьової швидкості $C_{сеп}$, що є свідченням пульсуючого виходу потоку із спрямляючого апарату ступеня.

Ключові слова: осьовий вентилятор, нестационарні характеристики, відривні течії, нерівномірність потоку, імпульсна зміна, пульсуючий потік.

Вступ. Характерною особливістю режиму роботи газотурбінних двигунів (ГТД) є періодична оточена нерівномірність потоку, що обумовлена аеродинамічними слідами за елементами спрямляючого апарату осьового вентилятора [1].

Коливання лопаткових вінців ОВ обумовлені багатьма чинниками збудження потоку в ступені. Тому при дослідженні нестационарних характеристик ступенів ОВ необхідно окремо враховувати коливання лопаткових вінців та коливання потоку робочого тіла [2].

Механізм виникнення вимушених резонансних коливань, характеризується співпадінням на різних режимах роботи частот власних коливань лопаткових вінців та частот коливань періодично нерівномірного потоку [3 – 5]. Велике практичне значення представляють результати досліджень, що показують багато

компонентну складову поля коливань параметрів ступеня ОВ, яка містить не лише характеристики нерівномірності власних коливань лопаток, а також нерівномірність коливань поля потоку.

Мета роботи. Метою даної статті є представлення методики моделювання нестационарних характеристик ступеня ОВ.

Задачею даної статті є проведення дослідження нестационарних характеристик ступеня ОВ методами чисельної газодинаміки.

Методика проведення чисельних експериментів. Для проведення досліджень нестационарних характеристик ступеня в дисертаційній роботі був змодельований ступінь осьового вентилятора (ОВ), що складається з 6-ти робочих та 7-ми спрямляючих лопаток (рис. 1 зображення а) та б)).

© М. Ю. Богданов. 2015

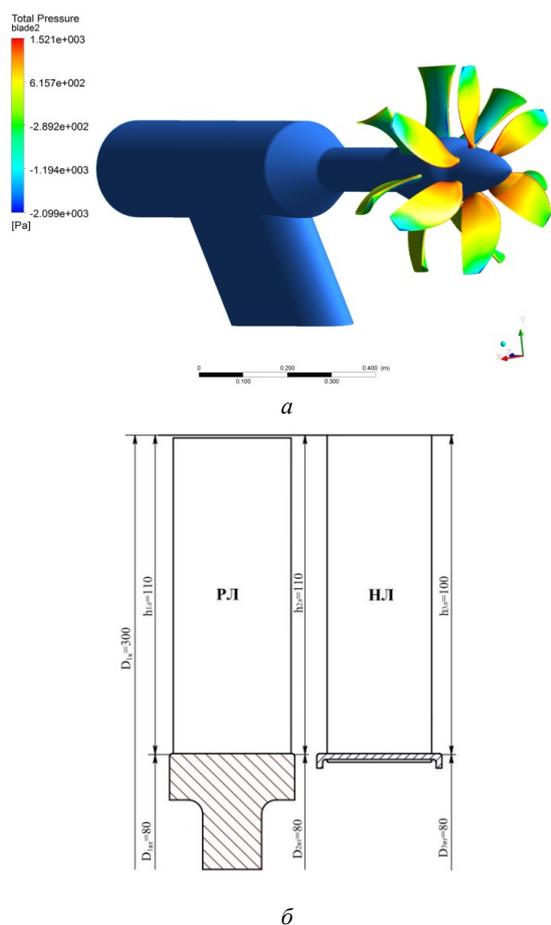


Рис. 1 – Модельний ступінь ОВ: а - об'ємне зображення; б - геометрія лопаткового вінця

Параметри змодельованого ступеня ОВ представлені в (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення основних параметрів змодельованого ступеня ОВ

Значення основних параметрів ступеня ОВ	
π_{cm}^*	1.013
$C_{сеп}, [м/с]$	35.0
$G_{cm.с}, [кг/с]$	7.32
$\eta_{cm.с}$	0,63

Під час дослідження ступеня ОВ визначались зміни значень основних показників роботи ступенів: ступінь підвищення тиску π_{cm}^* (рівн. 1) та адіабатичний коефіцієнт корисної дії η_{cm}^* (рівн. 2).

Так, степінь підвищення тиску визначається за допомогою наступної залежності [6]

$$\pi_{cm}^* = \frac{P_{2cp}^*}{P_{0cp}^*}, \quad (1)$$

де P_{0cp}^* - середнє значення повного тиску на вході в ступінь; P_{2cp}^* - середнє значення повного тиску на виході із ступеня.

Адіабатичний коефіцієнт корисної дії визначається залежністю [7, 8]

$$\eta_{cm}^* = \frac{T_{0cm}^* \left(\pi_{cm}^{*\frac{k}{k-1}} - 1 \right)}{T_{2cp}^* - T_{0cp}^*}, \quad (2)$$

де T_{0cm}^* , T_{2cp}^* - середнє значення повної температури на вході та на виході зі ступеня.

Обговорення результатів чисельних досліджень ступеня ОВ. Аналіз отриманих даних дослідження показує, що при номінальному режимі роботи ступеня зміна значень повного тиску P^* та температури T^* на поверхні робочих (РЛ) і спрямляючих лопаток (СЛ) змінюється в межах $P^* = -2,099 \cdot 10^3 \div 1,521 \cdot 10^3 [Pa]$, відповідно, значення температури знаходиться в діапазоні $T^* = 2,991 \cdot 10^2 \div 3,049 \cdot 10^2 [K]$.

При зривному режимі роботи ступеня ОВ картина зміни значень параметрів повного тиску P^* та температури T^* знаходиться в межах $P^* = -2,219 \cdot 10^3 \div 1,993 \cdot 10^3 [Pa]$ та $T^* = 2,994 \cdot 10^2 \div 3,056 \cdot 10^2 [K]$.

Результати дослідження ступеня ОВ, що проводилося засобами чисельного та натурного експерименту, представлені серією графіків зміни параметрів значень повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сеп}$ при номінальному та зривному режимах роботи ступеня [9, 10]. Отримані в дослідженні параметри адаптивної системи керування відривними течіями, порівнювались зі значеннями розподілу параметрів "базового" ступеня ОВ (рис. 2 та 3 зображення а)). Параметри ступеня ОВ були визначені, як осереднені значення зміни характеристик ступеня у відповідних реперних точках.

Відповідно до результатів дослідження, розподіл параметрів, як P^* так і $C_{сеп}$, при номінальному режимі роботи досліджуваного ступеня ОВ характеризується високочастотними коливаннями, з частотою, що становить $f \cong 125 [Гц]$. Амплітуда коливань повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сеп}$ знаходиться в межах $P^* = 1,346 \cdot 10^3 \div 1,347 \cdot 10^3 [Pa]$ і $C_{сеп} = 36,55 \div 36,56 [м/с]$. Середнє значення повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сеп}$ складає $P^* = 1346,84 [Pa]$ і $C_{сеп} = 36,56 [м/с]$. При цьому значення ККД дорівнює $\eta_{cm.с} = 0,63$. Параметри "базового" ступеня ОВ на розрахунковому режимі (рис. 2 зображення а)) вказані в (табл. 2).

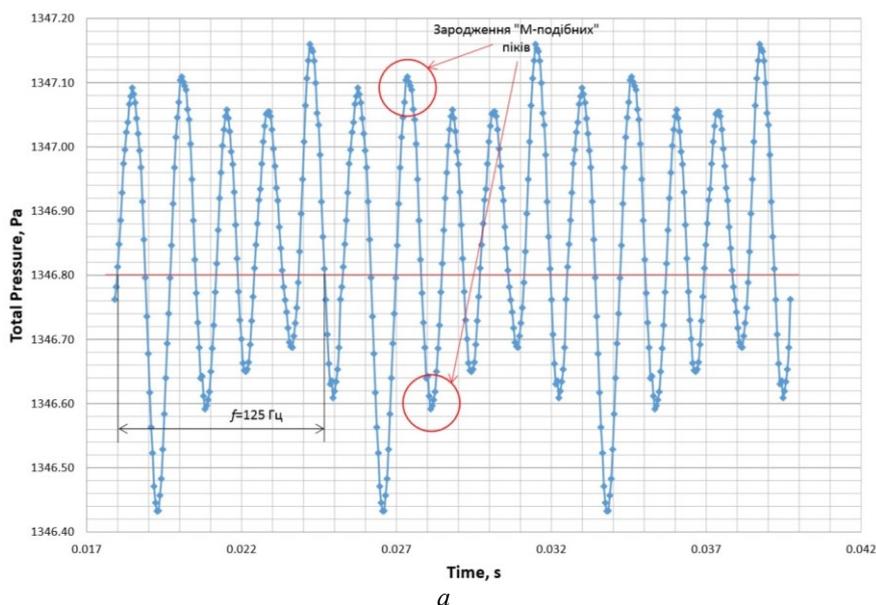
При зривному режимі роботи ступеня ОВ, зміна значень параметрів P^* та $C_{сеп}$ (рис. 2 зображення б)) характеризується появою низькочастотної компоненти розподілу параметрів з частотою, що становить $f \cong 71,4 [Гц]$. Амплітуда коливань значень повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сеп}$ знаходиться в межах

$P^* = 0,75 \cdot 10^3 \pm 2,001 \cdot 10^3$ [Pa] і $C_{сеп} = 34,91 \div 40,08$ [м/с]. Середнє значення повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сеп}$ складає $P^* = 1375,43$ [Pa] і $C_{сеп} = 37,5$ [м/с]. При цьому значення ККД на зривному режимі дорівнює $\eta_{ст.с} = 0,6$, що на 4,76 % менше ніж при номінальному режимі роботи ступеня ОВ. Параметри "базового" ступеня ОВ на зривному режимі (рис. 2 зображення а)) вказані в (табл. 2).

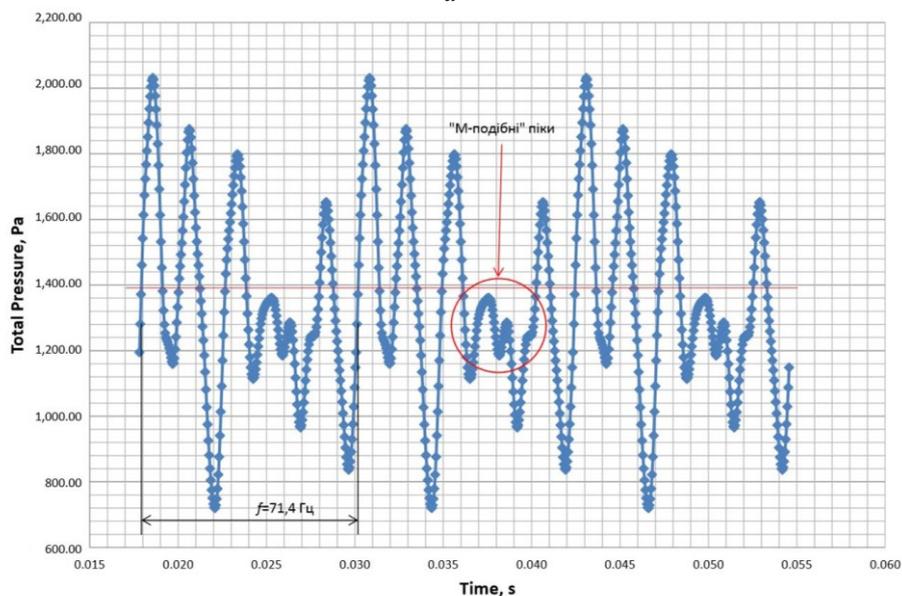
Параметри досліджуваного ступеня осьового вентилятора (ОВ) на розрахунковому та зривному режимах роботи представлені в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення основних параметрів ступеня осьового вентилятора при розрахунковому та зривному режимах

Розрахунковий режим роботи ст. ОВ		Зривний режим роботи ст. ОВ	
P^* , [Pa]	102671.84	P^* , [Pa]	102700.43
T^* , [K]	301.6	T^* , [K]	302.13
$C_{сеп}$, [м/с]	36.56	$C_{сеп}$, [м/с]	37.5
$G_{ст.с}$, [кг/с]	7.32	$G_{ст.с}$, [кг/с]	6.03
$M_{ст.с}$, [N·m]	13.41	$M_{ст.с}$, [N·m]	16.15
$\eta_{ст.с}$	0,63	$\eta_{ст.с}$	0,6



а



б

Рис. 2 – Зміна значень повного тиску при: а - номінальному; б - зривному режимах роботи "базового" ступеня ОВ

З графіків видно, що розподіл значень повного тиску P^* (рис. 2 зображення а)) та осьової швидкості $C_{сеп}$ (рис.3 зображення а)) на номінальному і зривному (рис.2 зображення б)) та (рис. 3 зображення б))

режимах за часом має синусоїдальний характер. Характерною особливістю розподілу параметрів при номінальному режимі роботи ступеня ОВ є формування "М-подібних" піків, що більш інтенсивно проявляють-

ся при зривному режимі роботи ступеня. Також слід зауважити, що при зривному режимі роботи ступеня ОВ почала проявлятися низькочастотна компонента розподілу параметрів з частотою коливань $f \cong 71,4$ [Гц]. При цьому зміна середніх значення розподілу параметрів

повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сер}$ призвела до зміни інтенсивності коливань.

Картину ліній току та вихроутворень при номінальному та зривному режимах роботи досліджуваного ступеня осевого вентилятора представлено на (рис. 4).

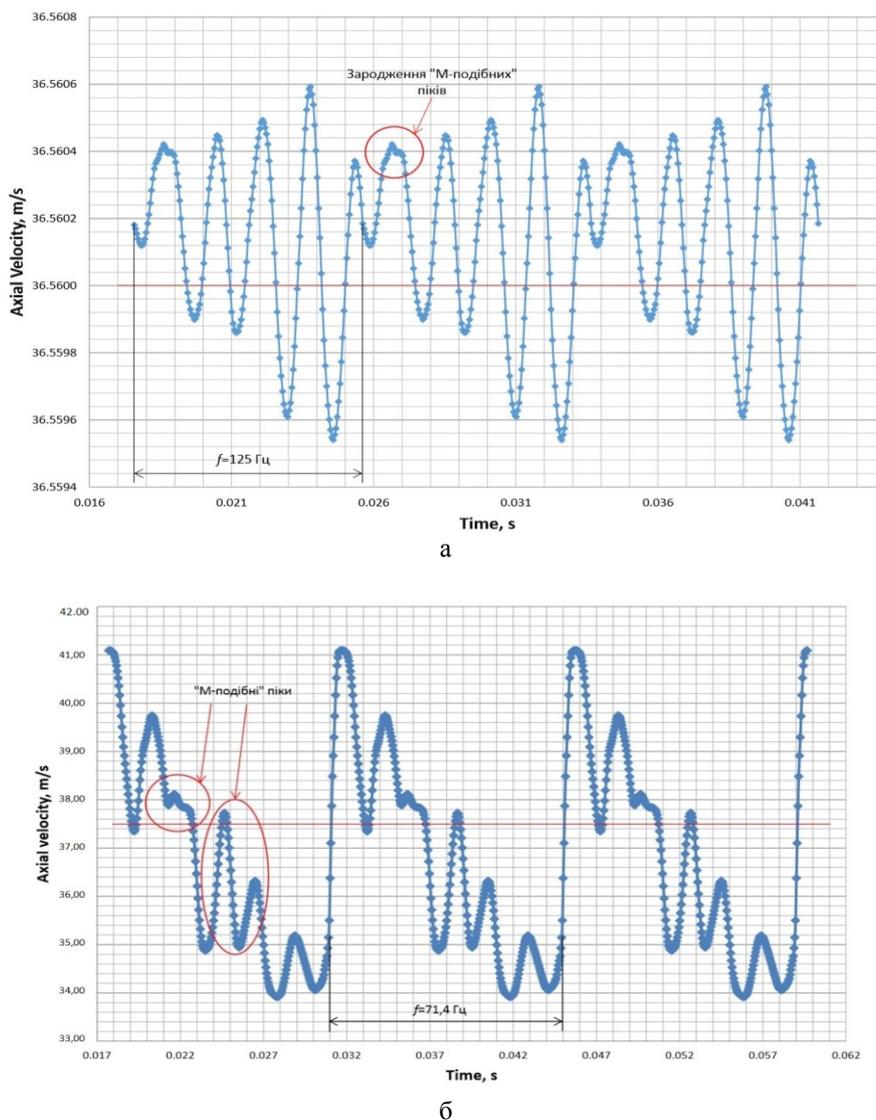


Рис. 3 – Зміна значень осьової швидкості при: а – номінальному; б – зривному режимах роботи "базового" ступеня ОВ

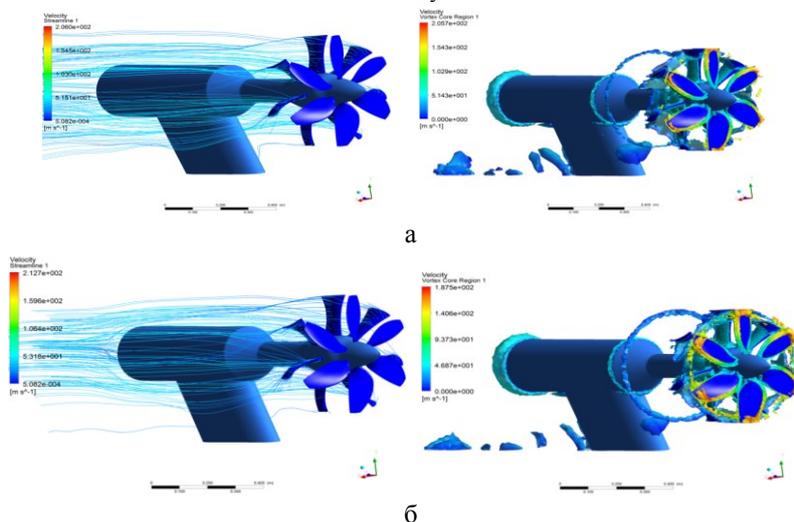


Рис. 4 – Лінії току та зони вихроутворення на: а - номінальному; б - зривному режимах роботи ступеня ОВ

Висновки. Отже, дослідження "базового" ступеня осьового вентилятора показало, що при номінальному режимі роботи розподіл параметрів повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сер}$ характеризується високочастотними коливаннями, з частотою коливань $f \cong 125$ [Гц]. Як вже зазначалось раніше, амплітуда розподілу параметрів P^* та $C_{сер}$ знаходиться в межах $P^* = 1,346 \cdot 10^3 \div 1,347 \cdot 10^3$ [Pa] і $C_{сер} = 36,55 \div 36,56$ [м/с]. Особливою відмінністю роботи ступеня ОВ на номінальному режимі є періодичне формування "М-подібних" піків. При цьому ККД ступеня ОВ $\eta_{cm.e} = 0,63$.

Результати дослідження зривного режиму роботи "базового" ступеня осьового вентилятора характеризується появою низькочастотної компоненти розподілу параметрів з частотою, що становить $f \cong 71,4$ [Гц]. Амплітуда коливань значень повного тиску P^* та осьової швидкості $C_{сер}$ знаходиться в межах $P^* = 0,75 \cdot 10^3 \div 2,001 \cdot 10^3$ [Pa] і $C_{сер} = 34,91 \div 40,08$ [м/с]. При цьому, зміна режиму роботи, призвела до зміни значення $\eta_{cm.e} = 0,6$, що на 4,76 % менше, ніж при номінальному режимі роботи ступеня ОВ.

Список літератури: 1. Ших-И, Пай. Введение в теорию течения сжимаемой жидкости [Текст] / Пай Ших-И. - М. : ИЛ, 1962. - 410 с. 2. Белоцерковский, С. М. Аэродинамические силы, действующие на решетку профилей при нестационарном обтекании [Текст] / С. М. Белоцерковский, А. С. Гиневский, Я. Е. Полонский // Промышленная аэродинамика: сб. науч. тр. ЦАГИ. - М. : Оборонгиз, 1961. - № 20. - С. 6 - 36. 3. Кукинов, А. Г. Работа лопаточной машины при неравномерном распределении по окружности полного напора во входном сечении [Текст] / А. Г. Кукинов // Труды ЦАГИ. - 1961. - № 827. 4. Кулагина, В. А. Экспериментальное исследование влияния характеристик осевого компрессора и граничных условий на резонансные колебания рабочих лопаток [Текст] / В. А. Кулагина // Проблемы прочности. Институт проблем прочности АН УССР. - К. : Наук. думка. - 1974. - № 10. - С. 67 - 71. 5. Кулагина, В. А. Экспериментальное исследование колебаний плоской решетки [Текст] / В. А. Кулагина // Лопаточные машины и струйные аппараты : сб. ст. - М. : Машиностроение, 1966. - № 1. - С. 98 - 120. 6. Стечкин, Б. С., Казаджин, П. К., Алексеев, Л. П. Теория реактивных двигателей [Текст]. - М. : Оборониздат, 1956. - 533 с. 7. Терещенко, Ю. М., Бойко, Л. Г., Дмитриев, С. О. Теория тепловых двигателей [Текст]. - К. : Вища шк., 2001. - 382 с. 8. Панин, В. В. Методика определения КПД компрессора в процессе его испытания импульсным способом [Текст]. - В кн. : Диагностирование и прогнозирование технического состояния газотурбинных двигателей : Сборник научных трудов. - Киев : КИИГА., 1985. - с. 130-134. 9. Envia, E. NASA Open Rotor Noise Research [Текст] / E. Envia. - NASA Glenn Research Center U.S.A. : Institute of Aviation, Warsaw, Poland October 7-8, 2010. 10. Julian, F. Snecma veut faire voler un moteur "open rotor" [Текст] / F. Julian // AIR&COSMOS, 2014. - № 2321. - С. 70.

Bibliography (transliterated): 1. Shih-I, Pai. (1962). Vvedenie v teoriyu techeniya szhimaemoj zhidkosti [Introduction to the theory of compressible flow]. Moscow : IL, 410. 2. Belocerkovskij, S. M. (1961). Aerodinamicheskie sily, dejstvujushhie na reshetku profilej pri nestacionarnom obtekanii [Aerodynamic forces that are influence to blades row during transient flow]. Moscow : Oborongiz, 6-36. 3. Kukinov, A. G. (1961). Rabota lopatochnoj mashiny pri neravnomernom raspredelenii po okruzhnosti polnogo napora vo vhodnom sechenii [Operation of a blades machine during uneven total head distribution in the inlet section]. Trudy CAGI, 827. 4. Kulagina, V. A. (1974). Jeksperimental'noe issledovanie vlijaniya harakteristik oseвого kompressora i granichnyh uslovij na rezonansnye kolebanija rabochih lopatok [Experimental investigation of axial compressor characteristics and boundary conditions influence for resonance oscillation of an operational blades]. Kyiv : Naukova dumka, 67-71. 5. Kulagina, V. A. (1966). Jeksperimental'noe issledovanie kolebanij ploskoj reshetki [Experimental investigation of planar grating oscillation]. Moscow : Lopatochnye mashiny i strujnye apparaty, 98-120. 6. Stechkin, B. S., Kazadzhin, P. K., Alekseev, L. P. (1956). Teorija reaktivnyh dvigatelej [Theory of jet engines]. Moscow : Oborongizdat, 533. 7. Tereshhenko, J. M., Bojko, L. G., Dmitriev, S. O. (2001). Teorija teplovih dviguniv [Theory of heat engines]. Kyiv : Vishha shkola, 382. 8. Panin, V. V. (1985). Metodika opredelenija KPD kompressora v processe ego ispytaniya impul'snym sposobom [Methodology of compressor efficiency definition during its testing by pulse method]. Kiev : KIIGA, 130 - 134. 9. Envia, E. (2010). NASA Open Rotor Noise Research. NASA Glenn Research Center U.S.A. : Institute of Aviation, 7-8. 10. Julian, F. (2014). Snecma veut faire voler un moteur "open rotor". AIR&COSMOS, 70.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Богданов Микола Юрійович – аспірант, Національний авіаційний університет, кафедра авіаційних двигунів; тел.: 097-985-21-12, e-mail: BohdanovNY@gmail.com

Богданов Николай Юрьевич – аспірант, Национальный авиационный университет, кафедра авиационных двигателей; тел.: 097-985-21-12, e-mail: BohdanovNY@gmail.com

Bohdanov Mykola – postgraduate student, National Aviation University, department of aircraft engines; tel.: 097-985-21-12, e-mail: BohdanovNY@gmail.com

УДК 669.295

Т. Б. ЯНКО, О. В. ОВЧИННИКОВ

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОГО ЛЕГУВАННЯ РІДКІСНИХ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ

Проведений аналіз виробництва та визначені основні проблеми легування сплавів титану та цирконію. Проведено дослідження з розробки технології комплексного легування рідкісних тугоплавких металів титану та цирконію. Проведено термодинамічний аналіз для систем легування титану та цирконію. Визначені основні реакції процесів відновлення. Розроблено конструкції апаратів відновлення тетраглюридів цирконію та суміші тетраглюридів титану та ванадію.

Ключові слова: цирконій, легувальні елементи, титан, алюміній, ванадій, відновлення, сплав, технологія, реакційна маса, апарат

© Т. Б. Янко, О. В. Овчинников, 2015

Вступ. У сучасному економічному житті рідкісні тугоплавкі метали (РТМ), такі як титан та цирконій, мають високий попит та непересічний вжиток. І титан і цирконій відіграють значну роль в світовій промисловості та мають стратегічне значення для авіабудування, ядерної промисловості, будівництва, медицини, аерокосмічних технологій, тощо [1-5].

Існує значна кількість способів отримання цих металів металургійними методами, але більшість з них подібні, оскільки ці метали є близьким за своїми властивостями, структурі та взаємодії з іншими елементами [4-9].

Отримання чистих металічних титану та цирконію пов'язано зі суттєвими технологічними складнощами внаслідок значної хімічної активності цих металів. Реакції взаємодії цих РТМ з киснем, азотом, воднем, окисами вуглецю та парами води проходять зі зменшенням енергії Гіббса. Ці домішки значно підвищують твердість та погіршують пластичність металів. Через високу спорідненість до кисню та значну розчинність останнього в титані та цирконії, ці метали переважно отримують відновленням з їх безкисневих сполук – хлоридів та фторидів. Основним промисловим способом отримання титану та цирконію є спосіб магнієтермічного відновлення їх тетрахлоридів [4,5,8, 9].

Актуальною задачею для підприємств-виробників та переробників титану, цирконію та сплавів на їх основі є зниження собівартості продукції та необхідність економії матеріальних ресурсів. Вирішення цих питань можливе шляхом вдосконалення існуючих технологій одержання сплавів, а також впровадження нових високоефективних технологій.

Для підвищення якості, забезпечення необхідних властивостей та механічних характеристик сплавів, на основі титану та цирконію використовують легувальні елементи. Більшість виробників сплавів використовують технологію легування за допомогою лігатур, методом багатократних переplавів з легувальними елементами, що зумовлює проблематику нерівномірності розподілу легувальних елементів. Найчастіше проблема вирішується багаторазовим переplавом, що значно підвищує собівартість продукції. Багатократні переplави використовують для усереднення та рівномірного розповсюдження легувальних елементів, проте це призводить до збільшення газових домішок.

Аналіз виробництва сплавів РТМ показав, що необхідно зменшувати кількість високо витратних операцій, пов'язаних з усередненням хімічного складу та підвищенням однорідності механічних характеристик в обсязі матеріалу. Головною проблемою одержання сплавів РТМ із заданими системами легування є складність керування вмістом легувальних елементів та їх рівномірним розподілом в обсязі матеріалу. Вирішення цих проблем можливе при одержанні сплавів титану на основі губчастого металу із заданим вмістом легувальних елементів.

Отже, перспективним напрямом отримання сплавів є технологія легування титану та цирконію губчастих в процесі магнієтермічного відновлення.

Мета роботи. Розробити технологічну схему легування титану та цирконію в процесі магнієтермічного відновлення, а також спосіб введення легувальних елементів та конструкції апаратів для реалізації

процесу відновлення титану та цирконію губчастих із заданим вмістом легувальних елементів.

Методика, обладнання та результати проведених досліджень. Принципова схема отримання рідкісних тугоплавких металів титану та цирконію магнієтермічним відновленням їх хлоридів включає отримання очищеного тетрахлориду, відновлення магнієм тетрахлориду, високотемпературну вакуумну обробку реакційної маси, подрібнення блоку губчастого металу, виготовлення брикетів або витратних електродів та отримання зливків методом вакуумнодугової (ВДП) або електронно-променевої плавки (ЕПП).

На основі теоретичних розрахунків та аналізу літературних даних обрано методи ведення легувальних елементів: ванадію – у вигляді тетрахлориду ванадію в суміші з тетрахлоридом титану, а алюмінію – у якості відновника з магнієм.

Для отримання губчастого титану із заданою системою легування Ti-Al-V оптимальним способом введення ванадію визначили метод введення у вигляді суміші тетрахлориду ванадію разом і з тетрахлоридом титану. Алюміній якнайкраще вводити у якості додаткового до магнію відновника.

За допомогою термодинамічних розрахунків визначили рівноважний хімічний та фазовий стан системи магнієтермічного відновлення титану з легувальними елементами алюмінієм та ванадієм.

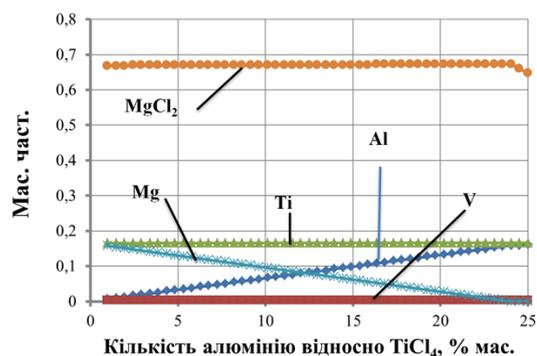
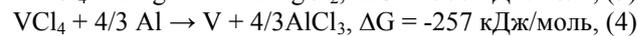
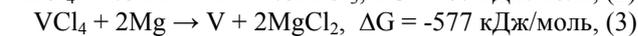
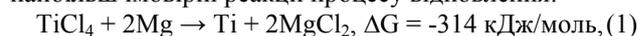


Рис. 1 – Результати термодинамічних розрахунків хімічного складу системи $TiCl_4$ -V-Mg-Al в залежності від вмісту алюмінію у вихідній сировині

Встановлено, що в діапазоні температур 800...850 °С та тиску в межах 0,05...0,15 МПа, заданий вміст легувальних елементів не матиме істотного впливу на параметри процесу відновлення.

За термодинамічними розрахунками визначили найбільш імовірні реакції процесу відновлення:



Для отримання суміші тетрахлоридів титану та ванадію була розроблена лабораторна установка хлорування (рис. 2)

Для отримання суміші тетрахлоридів титану та ванадію із заданим вмістом ванадію розроблено технологічну схему хлорування вугле-ванадієвих кеків та експериментальне устаткування (рис. 2) для реалізації умов проведення реакцій отримання конденсату $TiCl_4$ - VCl_4 .

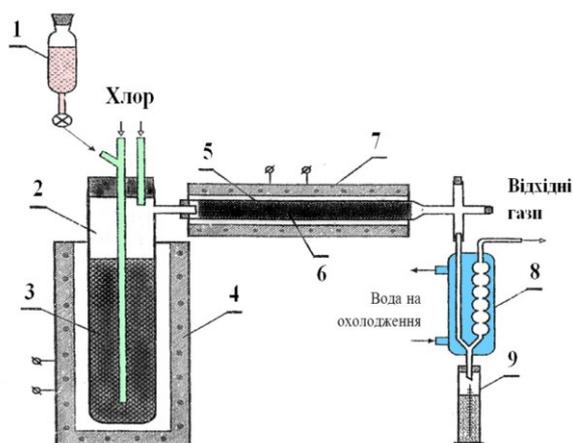


Рис. 2 – Схема експериментальної установки хлорування:
1 – напірна склянка; 2 – хлоратор; 3 – коксова насадка;
4 – шахтна електропіч; 5 – вугільний фільтр; 6 – активоване вугілля; 7 – трубчаста електропіч; 8 – холодильник;
9 – мірний збирач

Технологію легування в процесі відновлення реалізовували в експериментальній установці магнієтермічного відновлення суміші тетрахлоридів титану та ванадію (рис. 3).

Вакуумну та високотемпературну обробку блоку реакційної маси проводили за допомогою лабораторної установки вакуумної сепарації. Для забезпечення високої якості губчастого титану за вмістом газових домішок ці процеси здійснювали у герметичному апараті у вакуумі послідовно: спочатку вакуумну сепарацію для відгонки основної частини магнію та хлориду магнію з одержанням блоку титану губчастого, потім високотемпературну обробку отриманого блоку губчастого титану у вакуумі.

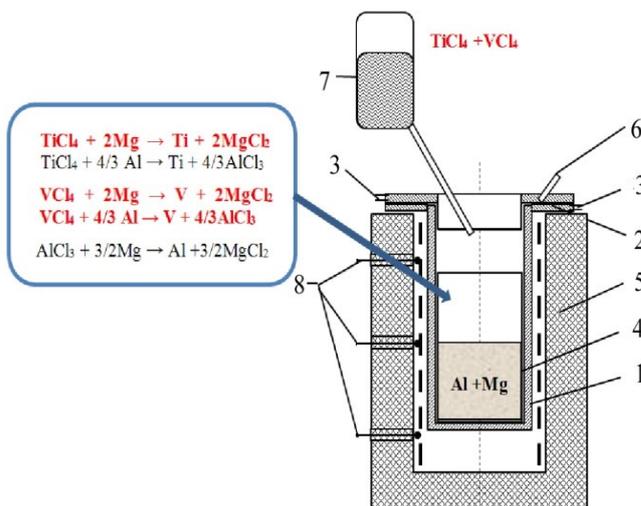


Рис. 3 – Схема експериментальної установки магнієтермічного відновлення суміші тетрахлоридів $TiCl_4-VCl_4$: 1 – реторта; 2 – фланець водоохолоджуваний; 3 – патрубки для подачі та відведення води; 4 – реакційний тигель; 5 – піч електрична шахтна; 6 – патрубок для подачі та стравлювання аргону; 7 – витратний бак з $TiCl_4-VCl_4$; 8 – термодатчики

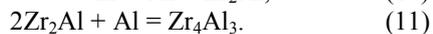
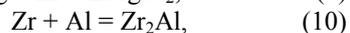
Аналіз хімічного складу зразків, отриманих за допомогою досліджуваної технології легування титану губчастого в процесі відновлення дозволив встановити (табл. 1), що для отримання титану губчастого із вмістом алюмінію в діапазоні 5,3...6,8 % мас. та ванадію – 3,5...5,3 % необхідно вводити ванадій із тетрахлоридом у кількості 1,2...1,6 % мас. від суміші тетрахлоридів, а алюмінію – у кількості 6,0...7,3 %. Процес має деяку гнучкість і можливість реалізації в промислових умовах з незначними змінами у технологічному процесі.

Таблиця 1 – Вміст (мас. част., %) домішок та легувальних елементів у пробах блоків титану губчастого дослідних процесів

№ процесу	V	Al	C	Cl	N	Fe	O
1	-	-	0,024	0,022	0,011	0,19	0,07
2	2,50	-	0,019	0,012	0,008	0,30	0,09
3	2,71	-	0,027	0,037	0,024	0,34	0,09
4	2,86	3,51	0,033	0,065	0,043	0,37	0,10
5	3,42	4,71	0,042	0,069	0,030	0,55	0,13
6	4,01	5,46	0,037	0,072	0,027	0,27	0,14

За допомогою термодинамічних розрахунків підтверджена імовірність легування цирконію губчастого алюмінієм в процесі магнієтермічного відновлення за рахунок утворення інтерметалідних сполук різного типу, в залежності від кількості алюмінію, що вводиться (рис. 4).

За розрахунками термодинаміки процесу відновлення встановлено, що найбільш імовірними реакціями при поступовому збільшенні вмісту алюмінію будуть наступні:



При подальшому збільшенні вмісту алюмінію утворюватимуться інші інтерметаліди цирконію згідно діаграми двокомпонентної системи $Zr - Al$.

Зважаючи на те, що такі інтерметаліди мають сталу структуру та чітко визначений хімічний склад, легування алюмінієм буде мати розподіл рівномірного характеру.

Для реалізації процесу магнієтермічного відновлення тетрахлориду цирконію розроблений та запатентований спосіб магнієтермічного отримання губчастого цирконію [10], а також пристрій для магнієтермічного відновлення тетрахлориду цирконію [11] (рис. 5).

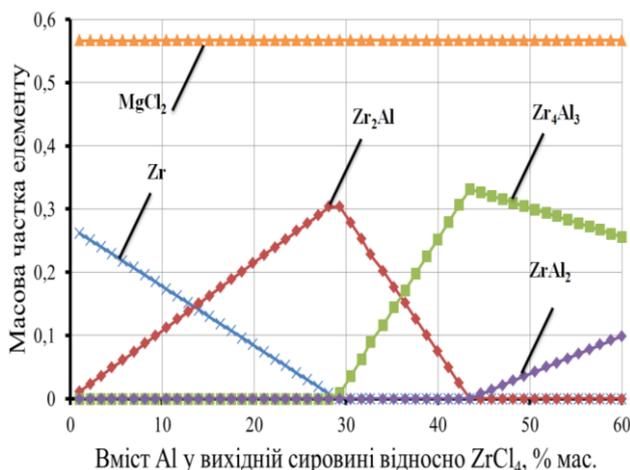


Рис. 4 – Результати термодинамічних розрахунків хімічного складу системи ZrCl₄-Mg-Al в залежності від вмісту алюмінію у вихідній сировині

Теоретично обґрунтовані, діапазони температур для відновлення та вакуумної сепарації цирконію губчастого, які складають: для процесу відновлення в реакторі – 800...850 °С, у випарнику 320...400°С, для процесу вакуумної сепарації – 930...950°С.

Виявлено, що основними параметрами процесу відновлення, які впливають на ступінь легування цирконію губчастого є вміст алюмінію у вихідній сировині.

Вакуумну та високотемпературну обробку блоку реакційної маси проводили за допомогою лабораторної установки вакуумної сепарації. Для забезпечення високої якості губчастого цирконію за вмістом газових домішок ці процеси здійснювали у герметичному апараті у вакуумі послідовно: спочатку вакуумну сепарацію для відгонки основної частини магнію та хлориду магнію з одержанням блоку цирконію губчастого, потім високотемпературну обробку отриманого блоку губчастого цирконію у вакуумі.

Аналіз хімічного складу зразків, отриманих за допомогою досліджуваної технології легування цирконію губчастого в процесі відновлення (табл. 2) дозволив встановити, що процес має високу гнучкість і простоту реалізації в промислових умовах. Доведено можливість підвищення вмісту алюмінію до 20 %, що відповідає за хімічним складом лігатури цирконій-алюміній по ТУ 48-4-453-84

Таким чином, загальна технологічна схема отримання легованих титану та цирконію губчастих (рис. 6) має включати наступні стадії: отримання очищеного тетрахлориду металу, підготовку тетрахлориду (змішення або компактування), підготовку відновника з введенням алюмінію, відновлення, вакуумну сепарацію та подрібнення блоку губчастого металу.

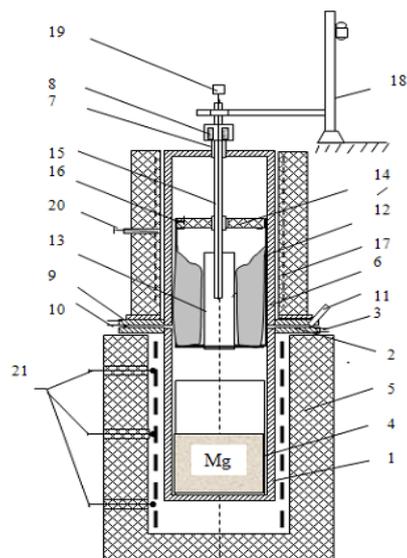


Рис. 5 – Схема експериментальної установки магнієтермічного відновлення цирконію губчастого: 1 – реторта; 2 – фланець водоохолоджуваний; 3 – патрубки для подачі та відведення води; 4 – реакційний тигель; 5 – піч електрична шахтна; 6 – реторта-випарник; 7 – патрубок; 8 – сальникове ущільнення; 9 – фланець водоохолоджуваний; 10 – патрубки для подачі та відведення води; 11 – патрубок для вакуумування, подачі та стравлювання аргону; 12 – стакан для очищеного ZrCl₄; 13 – паропровід; 14 – кришка теплоізолювана; 15 – шток порожнистий; 16 – затискувач гвинтовий; 17 – піч електрична трубчатая; 18 – привод вертикального переміщення штоку; 19-21 – термодатчики

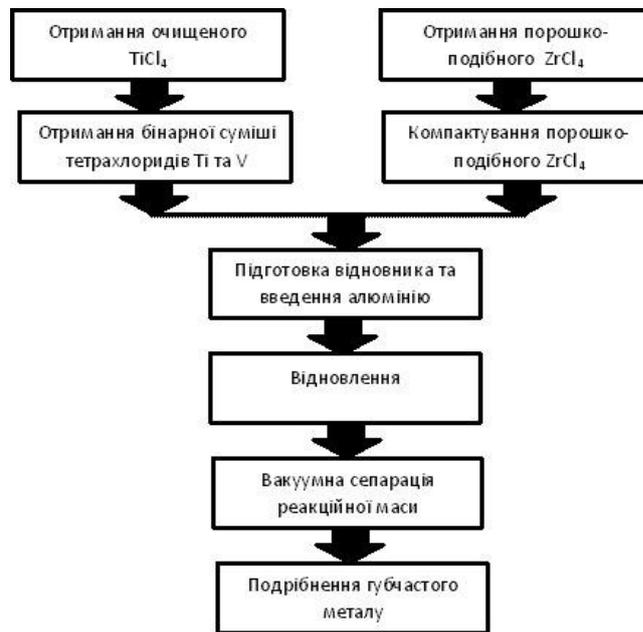


Рис. 6– Технологічна схема отримання легованих цирконію та титану губчастих

Таблиця 2 – Вміст (мас. част., %) домішок та легувальних елементів у пробах блоків цирконію губчастого дослідних процесів

№ процесу	C	Cl	N	Al	Fe	O	Густина г/см ³
1	0,021	0,023	0,020	-	0,09	0,11	3,82
2	0,020	0,021	0,019	-	0,11	0,13	3,78
3	0,023	0,032	0,037	19,73	0,13	0,16	1,81
4	0,024	0,030	0,025	12,14	0,12	0,12	2,04
5	0,022	0,026	0,024	6,12	0,10	0,13	2,77
6	0,019	0,022	0,021	2,18	0,11	0,11	3,62

Висновки. Визначена актуальність технології отримання сплавів на основі цирконію та титану. Показані проблеми легування сплавів, пов'язані зі складністю забезпечення заданого складу та рівномірністю розподілу легувальних елементів. За результатами дослідження розроблено технологічну схему процесу легування рідкісних тугоплавких металів титану та цирконію. Встановлено, що спосіб введення легувального елемента алюмінію в процес магністермічного відновлення РТМ в якості додаткового відновника є оптимальним. Ефективним способом введення ванадію в процес легування можливий при використанні суміші тетрахлоридів ванадію та титану в якості вихідної сировини для процесу відновлення титану губчастого. Розроблено конструкцію апаратів відновлення тетрахлориду цирконію та суміші тетрахлоридів титану та ванадію.

Список літератури: 1. Цегельник, Э. Смокинг для урана [Текст] / Э. Цегельник // Атомная энергетика. - 2005. - № 17. - С. 30 – 32. 2. Колачев, Б. А. Основные принципы легирования титановых сплавов [Текст] / Б. А. Колачев // Известия вузов. Цветная металлургия. - 1996. - № 4. - С. 34 – 41. 3. Zirconium industry overview (zirconium, metal, mineral) [Text]: Industry report. 4. Цирконий и его сплавы: технологии производства, области применения – обзор [Текст] / В. М. Ажажа, П. Н. Вьюгов, С. Д. Лавриненко и др. – Харьков : ННЦ ХФТИ, 1997. – 98 с. 5. Металлургия циркония и гафния [Текст] / Н. В. Барышников, В. Э. Гегер, Н. Д. Денисова и др. ; под ред. Л. Г. Нехамкина. – М. : Металлургия, 1979. – 208 с. 6. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: Справочник [Текст] / А. А. Ильин, Б. А. Колачев, И. С. Польшин. – М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. – 520 с. 7. Титан: Свойства, сырьевая база, физико-химические основы и способы получения [Текст] / [под ред. В.А. Гарматы]. – М: Металлургия, 1983.–

559с. 8. Глазова, В. В. Легирование титана [Текст] / В. В. Глазова. – М.: Металлургия, 1966. – 191с. 9. Тарасов, А. В. Металлургия титана [Текст] / А. В. Тарасов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 328 с. 10. Спосіб магністермічного отримання губчастого цирконію : пат. 90853 Україна: МПК51 С 22 В34/14 [Текст] / О. П. Яценко, О. Д. Сушинський, Т. Б. Янко та інш. / заявник і патентовласник ДП «ДНДП Інститут титану»; заявл. 20.01.2014 ; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11. 11. Пристрій для магністермічного відновлення тетрахлориду цирконію: пат. 82174 Україна: МПК51 С 22 В34/14 [Текст] / О. П. Яценко, Т. Б. Янко, Р. А. Щербань та інш. / заявник і патентовласник ДП «ДНДП Інститут титану»; заявл. 24.01.2013 ; опубл. 25.07.2013, Бюл. № 14.

Bibliography (transliterated): 1. Tsel'nyk, E. (2005). Smokyng dla urana [Tuxedo for uranium]. Atomnaia enerhetyka, 17, 30 – 32. 2. Kolachev, B. A. (1996). Osnovnye printsypy legirovaniia titanovykh splavov [The basic principles of titanium alloys doping]. Tsvetnaia metallurgija, 4, 34 – 41. 3. Zirconium industry overview (zirconium, metal, mineral): Industry report. 4. Azhazha, V. M., V'iuhov, P. N., Lavrynenko, S. D. (1997). Tsyronij i ego splavy: tekhnologii proizvodstva, oblasti primeneniia [Zirconium and its alloys are: manufacturing technology, application]. Khar'kov: NCS, 98. 5. Baryshnikov, N. V., Heher, V. E., Denisova, N. D. (1979). Metallurgia tsyrkonija i gafnija [Metallurgy of zirconium and hafnium]. In Nekhamkin L.H. (eds.); Moscow: Metallurgia, 208. 6. Il'yn, A. A., Kolachev, B. A., Pol'syn, Y. S. (2009). Titanovyie splavy. Sostav, struktura, svojstva [Titanium alloys. Composition, structure, properties]. Moscow: VILS-MATI, 520. 7. Garmata, V. A. (Eds.). (1983). Titanium: Properties, raw materials, physical and chemical bases and methods for the preparation. Moscow: Metallurgia, 559. 8. Glazova, V. V. (1966). Legirovanie titana [Alloying of titanium]. Moscow: Metallurgia, 191. 9. Tarasov, A. V. (2003). Metallurgija titana [Metallurgy of titanium]. Moscow: Akademkniga, 328. 10. Yatsenko, O. P., Suschyn'skyj, O. D., Ianko, T. B. (2014). UA. Patent No. 90853. Zaporizhzhia, UA: State Titanium Research and Design Institute. 11. Yatsenko, O. P., Scherban', R. A., Ianko, T. B. (2014). UA. Patent No. 82174. Zaporizhzhia, UA: State Titanium Research and Design Institute.

Надійшла (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Янко Тарас Богданович – завідувач лабораторії «Металотермії та порошкової металургії», ДП «ДНДП Інститут титану»; тел.: 063-400-09-37; e-mail: titanlab3@rambler.ru.

Янко Тарас Богданович – заведуючий лабораторією «Металотермії та порошкової металургії», ГП «ГНДП Інститут титану»; тел.: 063-400-09-37; e-mail: titanlab3@rambler.ru.

Ianko Taras - Head of laboratory “Metalothermal processes and powder metallurgy”, State Titanium Research Institute; tel.: 063-400-09-37; e-mail: titanlab3@rambler.ru.

Овчинников Олександр Володимирович – доктор технічних наук, Запорізький національний технічний університет, професор кафедри механіки, директор НДЦ «Титан Запоріжжя».

Овчинников Александр Владимирович – доктор технических наук, Запорожский национальный технический университет, профессор кафедры механики, директор НИЦ «Титан Запоріжжя».

Ovchinnikov Olexandr - Doctor of science, Zaporizhzhia National Technical University, Professor Department of “Mechanics”, Head of Science Research Centre “Titanium Zaporizhzhia”.

УДК 622.691.4

В. М. ІВАСІВ, А. П. ДЖУС, О. В. ІВАСІВ

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЄМНОСТЕЙ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ В ПРОЦЕСІ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Розроблено засіб та методика визначення технічного стану ємностей комбінованого типу в процесі їх експлуатації. Запропоновано використовувати для неруйнівного контролю металевих лейнерів конструкцій комбінованого типу спеціальну автоматизовану систему, створену на базі високочастотного індуктивного давача як сенсора втрат металу в кожній точці контролю. Встановлено можливість використання опробованої методики для визначення розривного внутрішнього тиску металевого лейнера за результатами оцінки фактичного стану його поверхні.

Ключові слова: ємності комбінованого типу, композитний матеріал, міцність та руйнування ємностей, корозійне пошкодження металевого лейнера.

Вступ. За умов небажання компаній вкладати великі інвестиції в газотранспортну інфраструктуру, чи наявності фізичних обмежень, що унеможливають доставку газу на сушу, технологія транспорту

вання природного газу у стиснутому стані є економічно обґрунтованою на ринку «невигідного» газу [1]. Використання при розробленні початкових проектів барж, на яких, для прикладу, можуть бути реалізовані

© В. М. Івасів, А. П. Джус, О. В. Івасів, 2015

різні технологічні рішення щодо зберігання стиснутого газу [2, 3], сприятиме зменшенню капіталовкладень, необхідних для їх реалізації. Однак важливо при цьому покластися на прості, перевірені у подібних робочих середовищах процеси та обладнання.

Найближчим за своєю суттю є процес транспортування газу в стиснутому стані наземними транспортними засобами. Транспортування газу морськими акваторіями характеризується значно більшими об'ємами перевезень та швидкостями процесів завантаження і розвантаження. Зважаючи на це, необхідним є дослідження впливу особливостей цих процесів на зміну напружено-деформованого стану ємностей високого тиску.

В той же час вирішення питань надійності ємностей високого тиску для транспортування та зберігання газу, з одночасним зниження їх питомої маси і габаритів, як і раніше, залишається актуальним завданням [4]. Одним із підходів до вирішення цього завдання є застосування ємностей комбінованого типу. Поєднання відносно жорсткої металевої оболонки і оболонки, виготовленої методом намотування високоміцних волокон, просочених епоксидним зв'язуючим, дозволяє суттєво знизити питому масу комбінованих ємностей у порівнянні зі сталевими.

Прикладом ємностей комбінованого типу є балони типу CNG-2. Їх проектування здійснюється таким чином, що металева оболонка має достатню міцність, щоб сприймати поздовжнє навантаження за встановленого розривного внутрішнього тиску і витримувати без руйнування номінальний робочий тиск регламентований стандартом. Це обумовлено тим, що оболонка армується волокнами, які намотуються тільки в кільцевому напрямку.

Аналіз особливостей експлуатації ємностей комбінованого типу. При експлуатації комбінованих ємностей через істотну відмінність модулів пружності матеріалів шари оболонки, як правило, навантажені не рівномірно. В той же час, як засвідчують результати зовнішнього огляду балонів типу CNG-2, для композитного покриття характерною є наявність кільцевих тріщин. Вони утворюються внаслідок коливань температури навіть за умов відсутності навантажень внутрішнім тиском [3]. Такі тріщини не впливають на міцність композиту, але вони дозволяють проникнути волозі до сталеві оболонки. Внаслідок цього незахищена поверхня оболонки зазнає корозійного пошкодження. В окремих випадках іржа потрапляє на зовнішню поверхню композитного покриття (рис. 1, а).

На поверхні сталеві оболонки в околі тріщин утворюються доволі широкі, у порівнянні із їх розмірами, ділянки з поверхневою корозією [5]. Про це свідчить стан внутрішньої поверхні композитного покриття балона високого тиску, що був зруйнований через певний період після випробування його на циклічну довговічність (рис. 1, б).

Слід зауважити, що для визначення можливого ресурсу експлуатації балонів типу CNG-2 зі сталеві оболонкою зварної конструкції проводились їх випробування в режимі циклічного навантаження внутрішнім гідравлічним тиском, що змінювався в діапазоні від 2,0 до 22,0 МПа з частотою не більше 10

циклів за хвилину [6]. Аналогічні випробування проведені авторами [7] для балонів з суцільнотягнутою сталеві оболонкою. Балони після випробування на втому шляхом створення 20000 циклів тиском від 0 до 20,7 МПа, були доведені до руйнування постійним збільшенням тиску в ході випробування на втому використувалось машинне масло, а для остаточного розриву – вода.



а



б

Рис. 1 – Наявність продуктів корозії металеві лейнера: а - на зовнішній поверхні композитного підсилення; б - на внутрішній поверхні композитного підсилення

Аналізуючи особливості випробувань балонів необхідно зазначити, що вони не враховують важливих експлуатаційних чинників, а саме: зміни температури газу і відповідно стінок балонів в процесі підвищення та зниження тиску, зміни властивостей матеріалів та впливу корозійних процесів. Підтвердженням останнього також є стан поверхні сталеві оболонки балона зруйнованого в процесі випробувань (рис. 2, а) та після експлуатації впродовж тривалого періоду на транспортному засобі (рис. 2, б).

Поверхня циліндричної частини балона зруйнованого в ході випробувань не містить жодних слідів корозії. Її характерна тільки незначна зміна кольору окремих ділянок антикорозійного покриття, яка, ймовірно, зумовлена взаємодією сталеві оболонки із композитним підсиленням. Для порівняння на циліндричній поверхні сталеві оболонки експлуатованого балона відсутнє покриття, а композитне підсилення містить кільцеві тріщини, що повторюються по всій його довжині.

Щодо можливих причин руйнування балона в процесі його експлуатації слід зазначити, що однією із них є використання монтажних кронштейнів з недостатньою ізоляцією їх від контакту зі скловолокном (рис. 3, а), що може призвести до руйнування окремих волокон (рис. 3, б) під впливом сталі кронштейна на поверхню композиту і, як наслідок, критичного зниження його міцності.



Рис. 2 – Стан поверхні сталеві оболонки балона: а - зруйновано в процесі випробувань; б - зруйновано після експлуатації на транспортному засобі впродовж тривалого періоду



Рис. 3 – Свідчення можливих причин руйнування композитного підсилення балона: а - монтажний кронштейн з недостатньою ізоляцією від контакту зі скловолокном; б - волокна зруйновані внаслідок взаємодії із кронштейном

В певній мірі сприяти руйнуванню може і характер взаємодії елементів ємностей комбінованого типу. Як зазначалось в [3], потрапляння через кільцеві тріщини в композитному підсиленні вологи на поверхню сталеві оболонки зумовлюватимуть її корозійне пошкодження, що потребує особливої уваги за умов експлуатації ємностей на морських транспортних засобах.

Мета дослідження. Недостатнє вивчення цілого ряду питань щодо особливостей експлуатації ємностей комбінованого типу обумовлює актуальність досліджень, спрямованих на забезпечення надійності ємностей на стадії їх експлуатації. Тому метою досліджень є розроблення засобу та методики визначення технічного стану ємностей комбінованого типу в процесі їх експлуатації.

Опис вирішення задачі визначення технічного стану ємностей комбінованого типу в процесі їх експлуатації. В значній мірі залишковий ресурс ємностей визначається міцнісними характеристиками, які напряму залежать від залишкової товщини стінок та величини втрат металу виробів, що знаходяться в експлуатації [8 – 10].

Безпосередньо термін служби балонів, протягом якого їх експлуатація є безпечною, повинен бути встановлений виробником на основі результатів випробувань в умовах, визначених відповідним стандартом, і не повинен бути більшим 20 років. Ємності для транспортування стиснутого газу різних типів та виробників характеризуються цілим рядом подібних параметрів. Однак їх терміни служби і технічного огляду (опосвідчення) можуть значно відрізнятися, що залежить від типу балонів.

Для металевих балонів та балонів з металевим лейнером термін служби повинен визначатися з розвитку втомних тріщин при циклічних випробуваннях. Ультразвуковий або еквівалентний йому неруйнівний контроль кожного балона і лейнера повинен забезпечувати відсутність дефектів, які перевищують максимальний допустимий розмір [10].

Враховуючи необхідність експлуатації ємностей комбінованого типу в морських акваторіях, контроль стану їх сталеві поверхні, що зазнає корозійного пошкодження, є одним з головних завдань забезпечення їх надійного функціонування. Оцінити фактичний стан ємностей і встановити терміни подальшого діагностичного контролю є можливим за результатами їх електрометричних обстежень. Визначення характеру і лінійних розмірів дефектів здійснюється, як правило, традиційними методами неруйнівного контролю.

Безпосередньо процедура технічного огляду балонів високого тиску є досить клопіткою і витратною. Так, наприклад, балони, якими комплектуються пересувні автогазозаправники, для проведення огляду повинні бути демонтовані і спрямовані в організацію, що має ліцензію на проведення такого виду робіт. Періодичність технічних оглядів балонів, що знаходяться в експлуатації і підлягають реєстрації в органах Держнаглядохоронпраці, становить від трьох до п'яти років залежно від умов експлуатації і швидкості фізико-хімічного перетворення матеріалів (корозії) зокрема [11].

Зважаючи на особливості конструкції ємностей комбінованого типу (CNG-2), використання методів неруйнівного контролю є доволі обмеженим. Загалом

відомі пристрої, що реалізують електромагнітні методи контролю, зокрема на основі використання індуктивних датчиків корозії. Саме цей метод покладено в основу експериментального зразка індуктивного приладу контролю корозії поверхні [12]. Пристрій призначений для неруйнівного контролю ділянок трубопроводів і містить індуктивний датчик з визначеним діапазоном вимірювання відстаней до металеві поверхні труби без контакту з ізоляцією трубопроводу в процесі вимірювання, систему переміщення датчика вздовж поверхні металу з приводом від крокового двигуна та мікропроцесорний інформаційно-керуючий блок.

Корозія призводить до втрат металу в першу чергу на зовнішній поверхні трубопроводу, яка безпосередньо контактує із зовнішнім середовищем. Якщо встановити опори конструкції на некородовану поверхню, то при переміщенні індуктивного датчика паралельно поверхні по напрямних, які жорстко зв'язані з опорами, покази датчика будуть пропорційними величині відстані між поверхнею датчика і поверхнею металу. Коли датчик зміщується по напрямних вздовж поверхні металу за рахунок приводу від крокового двигуна, то в пам'ять мікроконтролера блока управління заносяться покази індуктивного датчика та його координати при отриманні кожного із цих показів. Для цього використовуються значення керуючих імпульсів та параметри різьби ходового гвинта горизонтального переміщення індуктивного датчика в процесі контролю. Після закінчення процесу контролю вздовж всієї поверхні, в мікроконтролері здійснюється перерахунок показів датчика в одиниці довжини.

Оскільки в ємностях комбінованого типу зовнішній зміцнюючий шар як і ізоляційне покриття трубопроводу є неметалевим, а доступ до металу неможливий, то використання описаного вище пристрою дає змогу оцінити стан поверхні металевий лейнера і зробити відповідні висновки.

В той же час до недоліків згаданого пристрою слід віднести необхідність переміщення його в коловому напрямку у ручному режимі з фіксацією наступного положення відносно попереднього або початкового положення. При цьому можливі неточності у визначенні параметрів зони корозійного пошкодження, що є важливим при встановленні її розмірів. Також знижується можливість ідентифікувати дефекти з розмірами, співмірними з відстанню між попереднім і наступним положенням датчика.

Зважаючи на це пристрій для вимірювання геометричних розмірів і визначення форми поверхневих втрат металу вдосконалений шляхом введення механізму переміщення датчика разом із пристроєм в коловому напрямку, який з'єднаний з окремим кроковим двигуном, що служить його приводом (рис. 4)[13].

У запропонованому пристрою, завдяки автоматичному переміщенню датчика в осьовому і коловому напрямку, реалізується можливість ідентифікації дефектів за розмірами і за формою з високою точністю вимірювання та відтворення дефекту у тривимірному вигляді. Окремі результати, отримані з використанням пристрою, наведені на рис. 5.

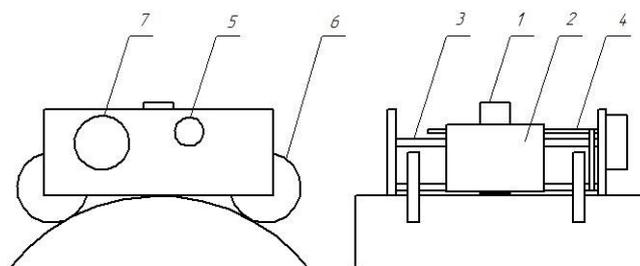


Рис. 4 – Конструкція пристрою для вимірювання геометричних розмірів і визначення форми поверхневих втрат металу за допомогою індуктивного датчика: 1 – датчик; 2 – каретка; 3, 4, 5 – відповідно напрямні, ходовий гвинт і кроковий двигун переміщення датчика в осьовому напрямку; 6, 7 – відповідно механізм переміщення датчика в коловому напрямку та кроковий двигун його приводу

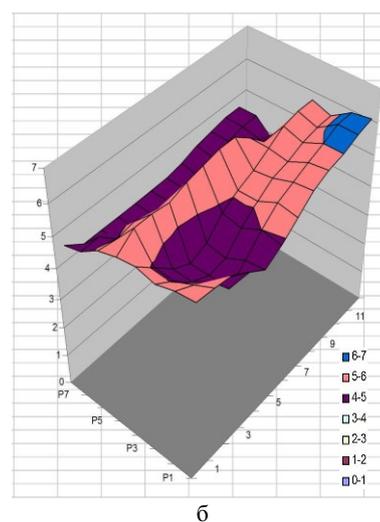
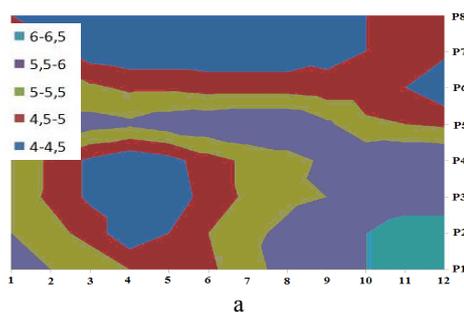


Рис. 5 – Профіль дослідженої ділянки, яка містить корозійне пошкодження: а - у площинній інтерпретації; б - у просторовій інтерпретації

Відповідно до вимог нормативного документу [10] допустимий розмір дефекту для неруйнівного контролю встановлюється за результатами випробувань балонів, що містять штучні дефекти певних розмірів. Однак в процесі експлуатації ємностей комбінованого типу металевий лейнер зазнає не механічного, а корозійного пошкодження. Порівняти параметри штучно нанесених дефектів із параметрами корозійних доволі важко через довільну їх просторову форму. Це зумовлює необхідність приведення складних корозійних дефектів до більш простих.

В той же час, відповідно до чинних нормативних документів [14], розрахунковий тиск руйнування лейнера балонів типу CNG-2 повинен бути не менше 1,3P (P - робочий тиск). При чому тиск руйнування, визначений

за результатами гідравлічних випробувань, повинен бути не менше розрахункового тиску руйнування.

Зважаючи на це необхідно є наявність достовірних розрахункових методик для визначення розривного внутрішнього тиску металевого лейнера за результатами оцінки фактичного стану його поверхні.

На сьогодні до використання пропонується цілий ряд методик, окремі із яких мають експериментальне підтвердження їх достовірності. Так методика, запропонована і експериментально перевірена авторами [15] для довільно орієнтованих штучно наведених дефектів, була опробована [16] на зразках, що містили корозійні дефекти. В ході проведених експериментальних досліджень підтверджено достатню точність визначення руйнівного тиску з використанням цієї методики.

Для більш повного врахування результатів отриманих з використанням запропонованого пристрою, а саме можливості відтворення дефекту у тривимірному вигляді, необхідним є використання сучасних програмних продуктів на базі методу скінченних елементів. Саме на вирішення питань визначення параметрів напружено-деформованого стану ємностей комбінованого типу із можливими корозійними пошкодженнями металевих оболонок будуть спрямовані подальші дослідження.

Висновки. За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень запропоновано для неруйнівного контролю металевих лейнерів конструкцій комбінованого типу використовувати спеціальну автоматизовану систему, створену на базі високочастотного індуктивного давача як сенсора втрат металу в кожній точці контролю. Це дає можливість відтворення ділянок втрат металу на основі просторових даних, отриманих від системи переміщення давача. Також встановлено можливість використання опробованої методики для визначення розривного внутрішнього тиску металевого лейнера за результатами оцінки фактичного стану його поверхні.

Список літератури: 1. Джус, А. П. Проблеми впровадження технології транспортування стиснутого природного газу морськими акваторіями [Текст] / А. П. Джус, Д. А. Волинський // Технологічний аудит і резерви виробництва, – 2014. – №6/5(20). – С. 23-25. 2. Stephen, G. CNG marine transport – demonstration project development [Text] / G. Stephen, G. Cano // Presented at the Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA, 2006. 3. Джус, А. П. Особливості використання комбінованих ємностей для транспортування стисненого природного газу (CNG) морськими акваторіями [Текст] / А. П. Джус // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2015. – №1(54). – С. 34-40. 4. Верещака, С. М. Определение напряженно-деформированного состояния комбинированного баллона высокодавления [Текст] / С. М. Верещака, Д. А. Жигилий // Компрессорная техника и пневматика в XXI веке: XIII Международная научно-техническая конференция по компрессоростроению. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2004. – Т. 3. – С. 164-170. 5. Джус, А. П. Влияние условий эксплуатации на долговечность комбинированных конструкций [Текст] / А. П. Джус // Теория та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2014. – С. 53. 6. Мандрик, О. М. Аналіз методів зміцнення замкнутих ємностей для безпечного транспортування природного газу [Текст] / О. М. Мандрик, О. М. Савицький, В. І. Артим // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. – Луцьк: Луцьк. держ. техн. ун-т, 2013. – Вип. 41. – С. 176-186. 7. Damage evaluation for Type-II CNG cylinder by the analysis of AE parameters [Electronic resource] / Hyun-Sup JEE, Jong-O LEE, No-Hoe JU, Cheal-Ho SO, Jong-Kyu LEE // 30th European Conference on

Acoustic Emission Testing & 7th International Conference on Acoustic Emission. University of Granada, 12-15 September 2012. – Available at: [www/URL: www.ndt.net/article/ewgae2012/content/papers/37_Jee.pdf](http://www.ndt.net/article/ewgae2012/content/papers/37_Jee.pdf) 8. DSTU-N B V.2.3 – 21- 2008. Настанова визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами. – [Діючий від 20.08.2008] – К.: МРР та БУ, 2008. – 91 с. 9. Методика оценки технического состояния труб газопровода с длительным сроком эксплуатации и его остаточного ресурса [Действующая от 15.12.2003]. – К.: ДК «Укртрансгаз», 2002. – 72 с. 10. ISO 11439-2003. Gas cylinders – High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles // International Standard. ISO. – 2003. – Режим доступу: www/URL: gost_r_iso_11439_v_Rosstandart.pdf 11. ДНАОП 0.00-1.07-94 Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. Затверджені наказом Держнаглядохоронпраці України від 18.10.94р. № 104. 12. Криничний, П. Я. Комп'ютеризовані технічні засоби контролю корозійного пошкодження трубопроводу [Текст] / П. Я. Криничний, О. М. Карнаш, П. М. Райтер // Обеспечение эксплуатационной надежности систем трубопроводного транспорта: Научно-практический семинар, Киев, 25-27 апреля 2005: сборник докладов - Киев: ЭкоТехнология, 2005. - С. 173-175. 13. Пристрій для вимірювання геометричних розмірів і визначення форми поверхневих втрат металу тіла труби [Електронний ресурс]: Патент України на корисну модель № 86513, МПК G01V 13/00 / Івасів В. М., Слободян В. І., Райтер П. М., Ільницький Р. М., Грохольський В. В., Буй В. В., Пірко В. М., Яновський С. Р., Івасів О. В., Басараб Р. М., Татаренков О. Д., Джус А. П.; заявник і патентотримувач Державна Служба гірничого нагляду та промислової безпеки України (ДЕРЖГІПРОМНАГЛЯД) Держане підприємство «Карпатський експертно-технічний центр Держгірпромнагляду України». – № у 2012 12160; заявл. 23.10.2012; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – Режим доступу: <http://uapatents.com/5-86513-pristrij-dlya-vimiryuvannya-geometrichnik-rozmiriv-i-viznachennya-formi-poverkhnevikh-vtrat-metalu-tila-trubi.html> 14. ГОСТ Р 51753-2001. Государственный стандарт российской федерации. Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах. – М.: Гостстандарт России, 2001. – 20 с. (Общие технические условия.) – Режим доступу: [www/URL: http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51753-2001](http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51753-2001) 15. Киселев, В. К. Модель оценки прочности и конструктивной надежности газопроводов с произвольно ориентированными поверхностными дефектами [Текст] / В. К. Киселев, В. П. Столов // Надежность и ресурс газопроводных конструкций. – М.: ВНИИГАЗ, 2003. – С. 67-77. 16. Слободян, В. І. Допустимий внутрішній тиск для дефектних газопроводів [Текст] / В. І. Слободян, А. П. Джус // Трубопровідний транспорт. – 2012. – №4(76). – С. 26-27.

Bibliography (transliterated): 1. Dzhus, A. P., Volinskiy, D. A. (2014). Problemi vprovadzhennya tehnologiyi transportuvannya stisnutogo prirodnogo gazu morskimi akvatoriyami. Tehnologicheskyy audit i rezervy proizvodstva, 6/5(20), 23 – 25. 2. Stephen, G., Cano, G. (2006). CNG marine transport – demonstration project development. Presented at the Offshore Technology Conference, Houston, Texas, USA. 3. Dzhus, A. P. (2015). Osoblivosti vikoristannya kombinovanih emnostey dlya transportuvannya stisnenogo prirodnogo gazu (CNG) morskimi akvatoriyami. Rozvidka ta rozrobka naftovih i gazovih rodovishch, №1(54), 34 – 40. 4. Vereshchaka, S. M. (2004). Opredelenie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya kombinirovannogo ballona vysokodavleniya. Kompressornaya tehnika i pnevmatika v XXI veke: XIII Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya po kompressorostroeniyu. Somy: Izd-vo SumGU, Vol. 3, 164 – 170. 5. Dzhus, A. P. (2014). Vpliv umov ekspluatatsiyi na dovgochivnist kombinovanih konstruktiv. Teoriya ta praktika ratsionalnogo proektuvannya, vigotovlennya i ekspluatatsiyi mashinobudivnih konstruktiv: Tezi dopovidey. Lviv: KINPATRI LTD, 53. 6. Mandrik, O. M., Savitskiy, O. M., Artim, V. I. (2013). Analiz metodiv zmitsnennya zamknyutih emnostey dlya bezpechnogo transportuvannya prirodnogo gazu. Naukovi notatki: mizhvuzivskiy zbirnik. Lutsk: Lutsk. derzh. tehn. un-t, Vol. 41, 176 – 186. 7. Hyun-Sup JEE, Jong-O LEE, No-Hoe JU, Cheal-Ho SO, Jong-Kyu LEE (2012). Damage evaluation for Type-II CNG cylinder by the analysis of AE parameters. 30th European Conference on Acoustic Emission Testing & 7th International Conference on Acoustic Emission. University of Granada. Available: [www/URL: http://www.ndt.net/article/ewgae2012/content/papers/37_Jee.pdf](http://www.ndt.net/article/ewgae2012/content/papers/37_Jee.pdf) 8. DSTU-N B V.2.3 – 21 – 2008. (2008). Nastanova viznachennya zalishkovoyi mitsnosti magistralnih truboprovodiv z defektami [Diyuchiy vid 20.08.2008]. K. – Kyiv: MRR ta BU, 91. 9. Metodika

otsenki tehnikeskogo sostoyaniya trub gazoprovoda s dlitelnyim srokom ekspluatatsii i ego ostatochnogo resursa (2002) [Deystvuyushchaya ot 15.12.2003]. K. – Kyiv: DK «Ukrtransgaz», 72. 10. ISO 11439-2003. Gas cylinders – High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles // International Standard. ISO. – 2003. – Available: \www/URL: gost_r_iso_11439_v_Rosstandart.pdf. 11. DNAOP. 0.00-1.07-94 Pravila budovi i bezpechnoy ekspluatatsiyi posudin, shcho pratsyuyut pid tiskom. Zatverdzeni nakazom Derzhnaglyadohoronpratsi Ukraini vid 18.10.94r. N 104. 12. Krinichniy, P. Ya., Karpash, O. M., Rayter, P. M. (2005). Komp'yuterizovani tehnicni zasobi kontrolyu korozivnogo poskodzhennya truboprovodu. Obespechenie ekspluatatsionnoy nadezhnosti sistem truboprovodnogo transporta: Nauchno-prakticheskiy seminar, Kiev: Ekotehnologiya, 173 – 175. 13. Ivasiv, V. M., Slobodyan, V. I., Rayter, P. M., Ilnitskiy, R. M., Groholskiy, V. V., Buy, V. V., Pirko, V. M., Yanovskiy, S. R., Ivasiv, O. V., Basarab, R. M., Tatarenkov, O. D., Dzhus, A. P.; applicant and patentee Derzhavna Sluzhba girnichogo naglyadu ta promislovoyi bezpeki Ukraini Derzhane pidpriemstvo «Karpatskiy ekspertno-tehnicniy tsentr

Derzhgirpromnaglyadu Ukraini». (10.01.2014). Pristriy dlya vimiryuvannya geometrichnih rozmiriv i viznachennya formi poverhnevih vtrat metalu tila trubi. Patent Ukraini na korisnu model № 86513, MPK G01V 13/00/. Appl. 23.10.2012 № u 2012 12160; Bul. № 1. Available: \www/URL: <http://uapatents.com/5-86513-pristriy-dlya-vimiryuvannya-geometrichnih-rozmiriv-i-viznachennya-formi-poverhnevikh-vtrat-metalu-tila-trubi.html>. 14. GOST R 51753-2001. Gosudarstvennyy standart rossiyskoy federatsii. Ballony vysokogo davleniya dlya szhatogo prirodnogo gaza, ispolzuemogo v kachestve motornogo topliva na avtomobilnyh transportnyh sredstvakh. M.: Goststandart Rossii, 20. (Obschie tehnichekie usloviya.) Available: \www/URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51753-2001>. 15. Kiselev, V. K., Stolov, V. P. (2003). Model otsenki prochnosti i konstruktivnoy nadezhnosti gazoprovodov s proizvolno orientirovannymi poverhnostnymi defektami. Nadezhnost i resurs gazoprovodnyh konstruksiy. M.: VNIIGAZ, 67 – 77. 16. Slobodyan, V. I., Dzhus, A. P. (2012). Dopustimiy vnutrishniy tisk dlya defektnih gazoprovodiv. Truboprovodniy transport, №4(76), 26 – 27.

Надійшла (received) 07.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Івасів Василь Михайлович – доктор технічних наук, професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра нафтогазового обладнання; тел. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Івасів Василь Михайлович – доктор технических наук, профессор, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, кафедра нефтегазового оборудования; тел. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Ivasiv Vasylych - Dr. of Technical Sciences, Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Department of oil and gas equipment; tel. 097-70-97-592; e-mail: ivasivvm@rambler.ru.

Дзюс Андрій Петрович – кандидат технічних наук, доцент, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, кафедра нафтогазового обладнання; тел. 098-95-94-505; e-mail: andriy_dzhus@i.ua.

Дзюс Андрей Петрович – доктор технических наук, профессор, Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, кафедра нефтегазового оборудования; тел. 098-95-94-505;

Dzhus Andriy – Ph.D., Associate Professor, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Department of oil and gas equipment; tel. 098-95-94-505; e-mail: andriy_dzhus@i.ua.

Івасів Орест Васильович – інженер, Державне підприємство «Карпатський експертно-технічний центр Держпраці», тел. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

Івасів Орест Васильевич – инженер, Государственное предприятие «Карпатский экспертно-технический центр Гоструда», тел. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

Ivasiv Orest – Engineer, State Enterprise "Carpathian expert technical center Derzhpratsi", tel. 050-50-86-493; e-mail: ivasivov@rambler.ru.

УДК 621.757

А. А. ПАВЛОВА, С. В. РОМАНОВ, А. Н. ЛАГОДА

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РАЗБОРКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЯ

Разработана математическая модель нестационарного теплового процесса, которая представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка переменной структуры в зависимости от температуры элементов многокомпонентных соединений. Модель может быть использована как для управления нагревом в процессах выплавки наполнителей, так и для управления нагревом при тепловой разборке многоэлементных соединений с натягом. Применение данной модели позволит в значительной степени минимизировать затраты энергии при расформировании многокомпонентных соединений.

Ключевые слова: разборка соединений, индукционный нагрев, нестационарный тепловой процесс, математическая модель.

Введение. Технологические системы (ТС) механосборочного производства, использующие термовоздействие при реализации процессов разборки или выплавки наполнителей, отличается от других ТС нестационарностью, поскольку наряду с вещественными преобразованиями в них происходят периодические тепловые изменения элементов. Среди множества решенных задач теплопроводности и теплопередачи задачи, связанные с нестационарными процессами,

наименее разработанные. Имеющиеся аналитические модели нагрева достаточно громоздки и мало универсальны. Для любой из вновь разработанных моделей, требуется своя специализированная программа расчета.

Анализ исследований и публикаций и постановка проблемы. Для обеспечения минимума энергопотребления и максимальной эффективности работы системы, термовоздействие должно быть скоростным и адресным, т.е. за минимально короткий проме-

жуток времени необходимо нагреть только те участки охватывающей детали соединения, расширение которых обеспечит требуемый для разборки тепловой зазор, или участок корпуса в котором содержится легкоплавкий наполнитель, подлежащий выплавке [1].

Электронагрев деталей, по сравнению с другими видами нагрева, более производителен и прост в управлении. Он исключает пережог металла и образование окалины. В механосборочном и ремонтном производствах при разборке соединений с натягом, а также для выплавки наполнителей используется индукционный нагрев. Простота исполнения нагревателя и хорошая управляемость процессом, особенно если использовать ток промышленной частоты, являются его достоинствами.

Достоинства индукционного нагрева являются причиной достаточно широкого распространения в ремонтном производстве технологий разборки на основе термовоздействия. Общепринятые названия этого способа – индукционно-тепловой способ (метод) разборки [2]. Он применяется в судоремонте, ремонте локомотивов, подвижного состава рельсового транспорта, дорожных машин, обогатительного и прессового оборудования и других видов техники. Хорошо зарекомендовал себя этот способ при разборке распредвалов двигателей, элементов рулевого устройства и съеме облицовок с валов в судостроении; разборке элементов колесных пар тепловозов, электровозов и вагонов, в том числе съеме подшипников и др. [3- 6].

Способ начал применяться при ремонте автотранспортной техники и показал свои преимущества перед другими способами в разборке соединений с большими натягами и соединениями с пластической деформацией посадочных поверхностей. Но несмотря на очевидные преимущества разборка индукционно-тепловым способом еще не находит должного применения. Анализ используемых на заводах (г. Киев, г. Харьков) и ремонтных базах технологий, показал, что на 70-80 % используется распрессовка и на 10-15% пламенный нагрев или прогрев горячим маслом. Связано это с отсутствием промышленно выпускаемых установок для индукционного нагрева и не разработанностью вопросов технологии, в частности тепловых режимов разборки.

Общие условия разборки соединений с натягом и режимы индукционного нагрева деталей были определены Андреевым Г.Я. на основе работ по расформированию вагонных колесных пар [7]. В дальнейших исследованиях, выполненных его учениками, были изучены процессы разборки двухэлементных соединений с охватывающими деталями типа гладкая втулка (внутренние кольца подшипников, облицовка валов и др.) с известными посадками. В работах [10, 4, 6] приводятся некоторые данные по технологии разборки крупногабаритных соединений, а в [8] изложены технологически рекомендации, выработанные на основе опыта.

В рассмотренных работах исследовалось только создание рациональных температурных полей с точки зрения образования теплового зазора разборки, приводились данные для расчета необходимой тепловой энергии, полученные полуэмпирическим путем, и разрабатывались методики и программы для расчетов

напряженно-деформированного состояния [8, 9, 11]. Все расчеты выполнялись без учета потерь тепла в окружающую среду. Результатов исследований, связанных с рациональным использованием тепловой энергии в литературных источниках крайне мало.

Цель работы – разработка теоретических основ, позволяющих минимизировать затраты энергии при расформировании многокомпонентных соединений, разбираемых с помощью электронагрева при ремонте и утилизации.

Разработка математической модели нестационарного теплового процесса. Наиболее эффективен прямой индукционный нагрев, генерирующий тепло в электропроводном материале с удельной мощностью 1 кВт/см^3 и способный создавать неравномерное температурное поле по сечению детали изменяемое во времени, а, как отмечалось выше, именно такой нагрев и предпочтителен [12].

Высокая скорость нагрева и лучшие электрические и тепловые характеристики достигаются с помощью индуктора, охватывающего нагреваемую часть детали (или всю деталь). Это индукторы соленоидного типа. Высокая скорость объясняется более сильным магнитным полем внутри индуктора за счет кольцевого эффекта и эффекта близости [13]. Электрический КПД такого индуктора отражает зависимость (1).

$$\eta_u = 1 / (1 + D1/D2 \sqrt{\rho1 / \mu \rho2}), \quad (1)$$

где $D1$ и $D2$ – внутренний диаметр катушки (по проводникам) и наружный диаметр нагреваемой детали; $\rho1$ и $\rho2$ – удельное сопротивление; μ – относительная магнитная проницаемость материала детали. Как видно, длина детали на η_u влияние не оказывает, а зависит он, в основном, от соотношения диаметров $D1 / D2$. Это условие является также ограничением универсальности индукторов соленоидного типа.

Помимо электрического КПД индукционной установки составляющей частью ее полного КПД является тепловой КПД – η_m .

Общее количество теплоты, затрачиваемое на разборку соединения или на выплавку наполнителя определяется суммой: $Q_o = Q_m + Q_{d(n,l)} + Q_e$, где Q_m – тепло для нагрева охватывающей детали до температуры, обеспечивающей для разборки тепловой зазор или тепло для нагрева корпуса, из которого необходимо извлечь наполнитель, до температуры плавления последнего; $Q_{d(n,l)}$ – тепло, передаваемое в охватываемую деталь или необходимое для расплавления вещества; Q_e – потери тепла в окружающую среду. В случае разборки соединения $\eta_m = Q_m / Q_o$. При выплавке наполнителя $\eta_m = Q_{nl} / Q_o$. Обе величины и η_u и η_m составляют полный КПД индукционной установки, определяемый произведением:

$$\eta = \eta_u \eta_m. \quad (2)$$

Как видно, η_u будет определяться конструкцией индукционной установки и размерами нагреваемой детали. На η_m помимо конструкции нагревателя в значительной мере влияет технологический процесс разъединения компонентов соединения. Особенно яр-

ко это проявляется при выплавке наполнителя из ферромагнитного корпуса т.к. здесь наблюдается изменение агрегатного состояния извлекаемого вещества. В некоторых случаях для извлечения наполнителя не требуется полное его расплавление.

Для составления технологического процесса необходимо иметь полное представление о процессах, происходящих в компонентах соединения.

Наилучшим образом на стадии проектирования это можно сделать, используя математическую модель описываемого процесса. Целесообразно из электротеплоэнергетической выделить ее наиболее инерционную часть - тепловую. Это связано с тем, что постоянные времени тепловых и электроэнергетических процессов различаются между собой на несколько порядков, а управление процессом должно вестись по наиболее инерционной переменной состояния.

Решение общей задачи нестационарного теплового процесса нужно разбить на два этапа. Первый этап, как для случая разъединения двухкомпонентной системы посредством образования теплового зазора, так и для случая выплавки наполнителя из ферромагнитного корпуса, будет описываться одной и той же системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} C_1 d\tau_1/dt &= -\lambda_\theta(\tau_1-\tau_\theta) - \lambda(\tau_1-\tau_2) + P_1; \\ C_2 d\tau_2/dt &= \lambda(\tau_1-\tau_2); \end{aligned} \quad (3)$$

при $\tau_1(0) = \tau_{10}$ и $\tau_2(0) = \tau_{20}$,

где: λ - тепловая проводимость между охватывающей и охватываемой деталями или между ферромагнитным корпусом и наполнителем, а также от корпуса в окружающую среду; λ_θ - тепловая проводимость между охватывающей деталью или ферромагнитным корпусом и окружающей средой ; C_1, C_2 - теплоемкости ферромагнитного корпуса и наполнителя, соответственно, а τ_1 и τ_2 - температуры; P_1 - подведенная мощность, т.е. мощность, необходимая только для нагрева.

Так как средняя температура охватываемой детали или вещества наполнителя является величиной неизмеряемой, ее необходимо исключить из математической модели, сведя систему (3) к одному дифференциальному уравнению более высокого порядка. Из первого уравнения системы (3) выделим τ_2

$$\tau_2 = (C_1 d\tau_1/dt + (\lambda + \lambda_\theta)\tau_1 - \lambda_\theta \tau_\theta - P_1) / \lambda. \quad (4)$$

Подставим τ_2 во второе уравнение системы (3)

$$d\tau_2/dt = -\lambda[(C_1 d\tau_1/dt + (\lambda + \lambda_\theta)\tau_1 - \lambda_\theta \tau_\theta - P_1) / \lambda - \tau_1] / C_2. \quad (5)$$

Продифференцировав первое уравнение системы (3) по dt , подставив в него (5) и, произведя группировку относительно производных τ_1 , получим:

$$d^2\tau_1/dt^2 + (\lambda_1/c_1 + \lambda_\theta/c_1 + \lambda/c_2) d\tau_1/dt + (\lambda \lambda_\theta/c_1/c_2) \tau_1 = (\lambda/c_1/c_2)P_1 + (\lambda \lambda_\theta/c_1/c_2)\tau_\theta \quad (6)$$

при $\tau_1(0) = \tau_{10}$ и $d\tau_1/dt|_{t=0} = P_1/c_1 - \lambda_1/c_1(\tau_{10} - \tau_{20}) - \lambda_\theta/c_1(\tau_{10} - \tau_\theta)$.

Установившееся значение температуры охватывающей детали или ферромагнитного корпуса можно получить из (6), полагая в нем $\tau_{уст} = \tau_1 = \text{const}$

$$\text{т.е.} \quad \tau_{уст} = \tau_1 = P_1/\lambda_\theta + \tau_\theta. \quad (7)$$

Тогда полное решение (6) имеет вид:

$$\tau_1 = D_1 e^{a_1 t} + D_2 e^{a_2 t} + \tau_\theta + P_1/\lambda_\theta. \quad (8)$$

Показатели степени a_1 и a_2 находятся как корни характеристического уравнения (3)

$$a^2 + (\lambda/c_1 + \lambda_\theta/c_1 + \lambda/c_2)a + \lambda \lambda_\theta/c_1/c_2 = 0 \quad (9)$$

Постоянные интегрирования D_1 и D_2 определяются из системы уравнений для начальных условий:

$$\begin{aligned} \tau_{10} &= D_1 + D_2 + \tau_\theta + P_1/\lambda_\theta; \\ d\tau_1(0)/dt &= a_1 D_1 + a_2 D_2. \end{aligned} \quad (10)$$

Полученные решения позволяют, используя (8) и первое уравнение системы (3), найти τ_2 :

$$\tau_2 = c_1/[\lambda(a_1 D_1 e^{a_1 t} + a_2 D_2 e^{a_2 t})] + \tau_1 + \lambda_\theta/\lambda \tau_1 - \lambda_\theta/\lambda \tau_\theta - P_1/\lambda. \quad (11)$$

Вычитая из (8) уравнение (11), можно найти закономерность изменения разности средних температур τ_1 и τ_2 в функции времени:

$$\Delta\tau(t) = \tau_1(t) - \tau_2(t), \quad (12)$$

которая имеет экстремум при $d\Delta\tau/dt = 0$.

При максимуме $\Delta\tau$ обеспечиваются наилучшие условия для разъединения компонентов соединения, требующих для разборки образование теплового зазора. Зная требуемую величину зазора (а значит $\Delta\tau$) и температуру τ_1 , легко определить максимальную подводимую мощность P_1 .

Для случая выплавки наполнителя первый этап не является заключительным т.к. он позволяет, задавшись τ_1 и τ_2 , оптимально подобрать параметры нагревателя только до момента, когда τ_2 достигнет температуры плавления извлекаемого вещества τ_{nl} . Поэтому, второй этап решения задачи будет касаться только процесса выплавки наполнителя.

Баланс энергии до полного перехода вещества наполнителя из твердой фазы в жидкую имеет вид:

$$\begin{aligned} C_1 d\tau_1/dt + \lambda_n(\tau_1 - \tau_{nl}) + \lambda_\theta(\tau_1 - \tau_\theta) &= P_1; \\ q_{nl} dm_n/dt &= \lambda_n(\tau_1 - \tau_{nl}) \end{aligned} \quad (13)$$

При начальных $\tau_1(0) = \tau_{1n0}, \tau_2(0) = \tau_{2n0}, m_n(0) = 0$,

где τ_{1n0} - температура ферромагнитного корпуса, полученная на первом этапе расчетов; m_n - масса расплавленного наполнителя; q_{nl} - удельная теплота плавления вещества; λ_n -коэффициент теплопередачи между ферромагнитным корпусом и расплавленным наполнителем.

Решение системы уравнений (13) представляющей собой два взаимосвязанных, но независимо разрешаемых дифференциальных уравнения, имеет форму:

$$\tau_1 = D_{nl} e^{-t/T_{nl}} + (P_1 + \lambda_n \tau_{nl} + \lambda_\theta \tau_\theta) / (\lambda_n + \lambda_\theta), \quad (14)$$

где $T_{nl} = c_1/(\lambda_n + \lambda_\theta)$ - постоянная времени процесса плавления вещества-наполнителя; $D_{nl} = (\tau_{1n0} - \tau_{1nk})$ - постоянная, определяемая из начальных условий $\tau_1(0) = \tau_{1n0}$; $\tau_{1nk} = (P_1 + \lambda_n \tau_{nl} + \lambda_\theta \tau_\theta) / (\lambda_n + \lambda_\theta)$ - квазиустановившееся значение температуры ферромагнитного корпуса.

Подставив (14) во второе уравнение системы (13), найдем для заданной массы расплавленного вещества.

$$m = [\lambda_n/q_{nl}] [(\tau_{1nk} - \tau_{nl}) t - T_{nl}(\tau_{1nk} - \tau_{1n0})] + [\lambda_n/q_{nl}] T_{nl}(\tau_{1nk} - \tau_{1n0}) e^{-t/T_{nl}} \quad (15)$$

Для практического использования уравнение (15) целесообразно преобразовать, записав его в относи-

тельных единицах массы и времени, приняв в качестве базовых величин $m_0 = \lambda_n T_{nl} (\tau_{lnk} - \tau_{nl}) / q_{nl}$ – массу расплавленного вещества за время T_{nl} при мощности: $P_{nl} = \lambda_n (\tau_{lnk} - \tau_{nl})$; $T_0 = T_{nl}$

Тогда, разделив правую и левую части (15) на m_0 , получим:

$$M = T - [(\tau_{lnk} - \tau_{ln0}) / (\tau_{lnk} - \tau_{nl})] (1 - e^{-T}) \quad (16)$$

где M и T масса расплавленного вещества и время в относительных единицах.

Из уравнения (16) можно определить как время, необходимое для выплавки требуемого количества наполнителя, так и расходуемую при этом с учетом теплоотдачи в окружающую среду энергию.

Выводы. Предложенная математическая модель, которая представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка переменной структуры в зависимости от температуры наполнителя, может быть использована как для управления нагревом в процессах выплавки, так и для управления нагревом при тепловой разборке многоэлементных соединений с натягом.

Список литературы: 1. Арпентьев, Б. М. Новый метод определения составляющих тепловой проводимости [Текст] / Б. М. Арпентьев, А. К. Дука, А. Н. Куцын // Сб. научных трудов ХИСП - №2. - Харьков. - 1997. - С.186. 2. Новиков, М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов [Текст] / М. П. Новиков // М.: Машиностроение - 1980. - 592 с. 3. Калугин, М. Г. Монтаж и ремонт механизмов морских судов [Текст] / М. Г. Калугин // М.: Транспорт - 1971. - 432 с. 4. Морозов, А. Н. Индукционно тепловой метод съема шестерен с вала электровозных тяговых двигателей [Текст] / А. Н. Морозов, Н. М. Лактионов // Вестник машиностроения. - 1980. - № 4. - С. 25 - 28. 5. Корсакова, В. С. Сборка и монтаж изделий машиностроения. [Текст] Справочник / В. С. Корсакова, В. К. Замятин // М.: Машиностроение - Т.1 - 1983. - 480 с. 6. Андреев, Г. Я. Съем и насадка облицовок гребных валов индукционно – тепловым методом [Текст] / Г. Я. Андреев, Н. М. Лактионов, А. Н. Морозов, Е. С. Виглин // Судостроение. - 1978. - № 10. - С. 75-78. 7. Андреев, Г. Я. Тепловая сборка колесных пар [Текст] / Г. Я. Андреев // Харьков: ХГУ - 1965. - 227 с. 8. Андреев, Г. Я. Тепловая разборка соединений с натягом [Текст] / Г. Я. Андреев, Б. М. Арпентьев, Б. Г. Кокшнев // Тех-

нология и организация производства. - 1972. - № 1. - С. 96 –99. 9. Андреев, Г. Я. Расчет некоторых параметров тепловой разборки соединений [Текст] / Г. Я. Андреев, Н. М. Лактионов, Е. С. Виглин // Вестник машиностроения. - 1974. - № 7. - С. 31 – 34. 10. Андреев, Г. Я. Индукционно – тепловая разборка соединений с большими натягами при ремонте кузнечно – прессового оборудования [Текст] / Г. Я. Андреев, А. Н. Морозов, Н. М. Лактионов // Кузнечно – штамповочное производство. - 1978. - № 2. - С. 29 – 32. 11. Дука, А. К. Расчет теплового режима составных соединений, собираемых с нагревом. [Текст] / А. К. Дука, Б. М. Арпентьев // Известия ВУЗов. Машиностроение. - 1989. - № 2. - С. 115 – 120. 12. Зенкин, А. С. Сборка неподвижных соединений термическим методом. [Текст] / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. // Москва- «Машиностроение» - 1987 - 128 с. 13. Слухоцкий, А. Е. Индукторы для индукционного нагрева [Текст] / А. Е. Слухоцкий, С. Е. Рыскин. // Энергия - Ленинградское отделение – 1974 - 264 с.

Bibliography (transliterated): 1. Arpent'ev, B. M., Duka, A. K., Kucyn, A. N. (1997). Novyj metod opredelenija so-stavljajushhijh teplovoj provodimosti. *Sb.nauchnyh trudov HISP, №2, Har'kov*, 186. 2. Novikov, M. P. (1980). Osnovy tehnologii sborki mashin i mehanizmov. *Moscow: Mashinostroenie*, 592. 3. Kalugin, M. G. (1971). Montazh i remont mehanizmov morskikh sudov. *M. – Moscow: Transport*, 432. 4. Morozov, A. N., Laktionov, N. M. (1980). Indukcionno teplovoj metod sHEMA shesteren s vala jelektrovoznijh tJagovyh dvigatelej. *Vestnik mashinostroenija*, 4, 25 – 28. 5. Korsakova, V. S., Zamjatina, V. K. (1983). Sborka i montazh izdelij mashinostroenija. Pod red. T.I.: *Spravochnik M.: Mashinostroenie*, 480. 6. Andreev, G. Ja., Laktionov, N. M., Morozov, A. N., Viglin E. S. (1978). S'em i nasadka oblicovok grebnyh valov indukcionno – teplovym metodom *Sudostoenie*, 10, 75-78. 7. Andreev, G. Ja. (1965). Teplovaja sborka kolesnyh par. *Har'kov: HGU*, 227. 8. Andreev, G. Ja., Arpent'ev, B. M., Kokshenev, B. G. (1972). Teplovaja razborka soedinenij s natjagom *Tehnologija i organizacija proizvodstva*, 1, 96 –99. 9. Andreev, G. Ja., Laktionov, N. M., Viglin, E. S. (1974). Raschet nekotoryh parametrov tep-lovoj razborki soedinenij *Vestnik mashinostroenija*, 7, 31 – 34. 10. Andreev, G. Ja., Morozov, A. N., Laktionov, N. M. (1978). Indukcionno – teplovaja raz-borka soedinenij s bol'shimi natjagami pri remonte kuznechno – pressovogo oborudo-vanija *Kuznechno – shtampovochnoe proizvodstvo*, 2, 29 – 32. 11. Duka, A. K., Arpent'ev, B. M. (1989). Raschet teplovogo rezhima sostavnyh soedinenij, sobiraemyh s nagrevom. *Izvestija VUZov. Mashinostroenie*, 2, 115 – 120. 12. Zenkin, A. S., Arpent'ev, B. M. (1987). Sborka nepodviznyh soedinenij termicheskim metodom. *Moskva. «Mashinostroenie»*, 128. 13. Sluhockij, A. E., Ryskin, S. E. (1974). Induktory dlja indukcionnogo nagreva. *Jenergija. Leningradskoe otdelenie*, 264.

Поступила (received) 06.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Павлова Анна Алексеевна – кандидат технічних наук, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва;

Павлова Ганна Олексіївна – кандидат технічних наук, Українська ін-інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва;

Pavlova Anna – Ph.D., Ukrainian Institute zhenerno Pedagogical Academy, assistant professor of integrated technologies in mechanical engineering and welding production;

Романов Сергей Валерьевич – кандидат технічних наук, Українська інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва;

Романов Сергій Валерійович – кандидат технічних наук, Українська ін-інженерно-педагогічна академія, доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; **Romanov Sergey** – Ph.D., Ukrainian Institute zhenerno Pedagogical Academy, assistant professor of integrated technologies in mechanical engineering and welding production; tel. : 097-240-06-33; e-mail: svrom@rambler.ru

Лагода Анна Николаевна – асистент, Українська інженерно-педагогічна академія; Кафедра інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва.

Лагода Ганна Миколаївна – асистент, Українська інженерно-педагогічна академія; Кафедра інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва.

Lagoda Anna – Assistant, Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy; Chair of integrated technologies in mechanical engineering and welding production.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 614.8-053.2/5

И. В. МОСКАЛЮК, Н. Н. САКУН

ДЕТСКИЙ ТРАВМАТИЗМ – АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА

Проведен статистический анализ детского травматизма, проанализированы причины смертельных случаев. Был выполнен сравнительный анализ показателей дорожно-транспортных происшествий с участием детей за последние годы. Травмы являются главной причиной летальных случаев у детей возрастом от 3 лет. В статье приведены предложения по профилактике снижения детского травматизма.

Ключевые слова: детский травматизм, несчастные случаи, гигиена труда, статистика, профилактика, травма, летальность.

Введение. Травматизм занимает значительное место в структуре общей заболеваемости и смертности среди детей. Детский травматизм – повседневная проблема, но мало кто на самом деле представляет себе реальные масштабы данной проблемы. Проблема детского травматизма на протяжении многих лет остается актуальной проблемой. Это связано с тем, что среди всех видов травматизма, детский травматизм составляет около 15 % и не имеет тенденции к снижению. Ежедневно во всем мире в результате травм и несчастных случаев погибают около 2 тысяч детей. После достижения девятилетнего возраста неумышленные травмы становятся угрозой для жизни и причиной инвалидности детей. Также у детей бывают бытовые травмы (32,3 на 1 тыс. детей), реже – уличные (8,8), школьные (3,0) и дорожно-транспортные (0,45). Кроме того, травматизм у детей, в том числе и со смертельным исходом, является причиной значительного медицинского, морального и материального ущерба для общества [1 - 3]. Также следует отметить, что в теплый период года, по статистическим данным, количество травм у детей в быту увеличивается на 35 %. Явным лидером среди наиболее опасных занятий является велосипедный спорт. Для разработки и осуществления профилактических мероприятий проведено изучение причин и условий возникновения травм у детей.

Цель работы. Целью работы является проведение статистического анализа детского травматизма, изучение причин смертельных случаев и самых трамопасных объектов, а также анализ показателей дорожно-транспортных происшествий с участием детей за последние годы.

Методика экспериментов для определения, анализа и обработки статистических данных по детскому травматизму. При выполнении работы были использованы основные методические подходы, принятые в гигиене труда и профессиональной патологии. Оценка состояния здоровья у детей осуществлена на основе углубленного изучения заболеваемости с временной утратой трудоспособности, анализа результатов углубленных медицинских осмотров, периодических медицинских осмотров и анализа травм, летальных исходов по архивным данным [4 – 6]. Проведен литературный обзор школьного, бытового, уличного, спортивного, дорожно-транспортного травматизма у детей.

Обсуждение результатов по анализу и обработке статистических данных по детскому травма-

тизму. Характер и причины детского травматизма имеют возрастную специфику. Как показали исследования, травмы у детей дошкольного возраста - это в основном результат недосмотра взрослых. Школьники травмируются во время учебно-производственного процесса и спортивных мероприятий, в результате грубых шалостей, опасных игр, неумелого отношения с предметами быта и многих других причин [7].

Возрастные психофизиологические особенности детей (живость, подвижность, упрямство), а также их уровень воспитания и культуры (распущенность, хулиганство) имеют очень большое значение в возникновении травм. Результаты исследования частоты возникновения травм у детей приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Частота возникновения травм у детей

Наименование травмы	Частота возникновения травм, %
Удары, драки, ранения, раздавливание мягких тканей, посторонние предметы	62
Переломы костей	21
Переломы верхних конечностей	15,5
Вывихи, повреждения суставов и мышц	8,1
Ожоги	5,8
Черепно-мозговые травмы	2

Как видно из табл. 1, на первом месте у детей по частоте возникновения травм имеют место удары, драки, ранения, раздавливание мягких тканей, посторонние предметы и составляют 62 %. На переломы костей приходится 21 %, что соответствует второму месту. В 8,1 % случаев наблюдается возникновение травм у детей в виде вывихов, повреждений суставов и мышц, которые к ним прилегают [8,9]. Также имеют место ожоги в 5,8 % и черепно-мозговые травмы в 2 %.

По результатам статистических исследований, основное количество травм возникает у детей школьного возраста. На втором месте по возникновению травм в школе имеют место повреждения, связанные с уроками физкультуры. Большинство травм – это результат невнимательности преподавателей во время учебного процесса и уроков физкультуры, а также недисциплинированности детей (падения с лестниц, парт, подоконников, подножки). Также причиной несчастных случаев могут стать нарушения санитарно-гигиенических норм и правил эксплуатации школьных помещений [10 – 12].

© И. В. Москалюк, Н. Н. Сакун. 2015

Возникает вопрос: каковы масштабы детского травматизма? Ежедневно во всем мире в результате травм и несчастных случаев погибают около 2 тысяч детей. После достижения девятилетнего возраста неумышленные травмы становятся основной угрозой для жизни и причиной инвалидности детей. В табл. 2 приведены статистические данные (по состоянию на 2014 год) основных причин смертности от травм и несчастных случаев среди детей до 17 лет во всем мире [11 –12].

Таблица 2 – Основные причины смертности от травм и несчастных случаев среди детей до 17 лет во всем мире

Наименование травмы	Смертность детей до 17 лет, %
Дорожно-транспортные происшествия	22,3 (или 720 детей ежедневно)
Утопления	16,8
Ожоги	9,1
Убийства	5,8
Нанесение травм самому себе	4,4
Падение с высоты	4,2
Отравления	3,9
Войны	2,3
Прочие ситуации (в т. ч. удушения, укусы ядовитых животных, переохлаждение, перегревание, стихийные бедствия и др.)	31,1

Следует отметить, что мальчики погибают в результате травматизма в среднем чаще, чем девочки. И с возрастом это соотношение только увеличивается. Анализ большинства подобных ситуаций позволяет сделать важный вывод – большинство таких случаев можно было избежать. Об этом свидетельствуют статистические данные по странам (в основном развитым), где ведутся комплексные профилактические работы и разработаны специальные программы по защите детей. За прошедшие 30 лет страны с высоким уровнем доходов, благодаря реализации комплексных программ и мероприятий, су-

Таблица 3 – Общее количество обращений с детьми в травмпункты столицы

Общее количество обращений с детьми в травмпункты столицы					
2010 год (детей)		2011 год (детей)		2015 год (детей)	
за год	за сутки	за год	за сутки	за 8 месяцев	за сутки
37559	103	40283	110	27560	114

Данные табл. 3 показывают, что детский травматизм в г. Киев из года в год увеличивается. Как сообщил Пилипчук, общее количество обращений в травмпункты столицы в 2010 году составляло 37 тыс. 559 детей, в 2011-м - 40 тыс. 283, а за восемь месяцев текущего года - 27 тыс. 560. В среднем в травмпункты Киева в 2010 году обращались 103 ребенка в сутки, в 2011-м - 110, а в этом году – 114 [2 – 5].

По его информации, первое место среди причин детского травматизма за 2014 – 2015 годы, занимают бытовые травмы, которые составляют 63% от всех случаев; на втором - уличные травмы, далее идут школьный травматизм, спортивный, а замыкают "пятерку" дорожно-транспортные происшествия. Он

мели снизить уровень детской смертности от травм на 50 % [2 – 5].

Подавляющее большинство смертей после несчастных случаев и травм приходится на страны с низким и средним уровнем доходов – около 95 % из более 830 тысяч ежегодных смертельных случаев в мире. Смертельные случаи – это малая и самая печальная часть возможных последствий детского травматизма. Гораздо чаще дети получают серьезные повреждения, а в худшем случае остаются инвалидами на всю жизнь. Например, в результате падения с высоты на каждый смертельный случай приходится:

- 4 случая постоянной инвалидности;
- 13 случаев госпитализации детей на 10 и более дней;
- 24 случая госпитализации на срок до 10 дней;
- 690 случаев пропуска занятий в детском саду или школе.

Только за 6 месяцев 2015 года погибли 200 детей-пассажиров, травмированы 3342 детей. Количество погибших выросло на 7 процентов. Они пострадали в авариях, которые произошли по вине взрослых: управление в нетрезвом состоянии, превышение скорости, выезд на полосу встречного движения и другие нарушения правил дорожного движения [4].

В Киеве в последние годы увеличивается число случаев получения травм детьми в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Об этом заявил главный внештатный специалист Главного управления здравоохранения по детской ортопедии и травматологии О. Пилипчука.

"За последних несколько лет детский травматизм неперестанно увеличивается. Причины этого - невнимательность взрослых и увеличение количества детского населения в Киеве", - сказал он.

Полученные данные от главного внештатного специалиста Главного управления здравоохранения по детской ортопедии и травматологии по общему количеству обращений в травмпункты г. Киева приведены в табл. 3 [11, 12].

также констатировал, что, в последнее время увеличивается количество случаев получения травм детьми в состоянии алкогольного или наркотического опьянения. Наибольшее количество детского травматизма наблюдается в Днепропетровском, Деснянском, Дарницком и Святошинском районах столицы. Наименьшее количество обращений с детьми в травмпункты зафиксировано в Печерском, Голосеевском и Подольском районах.

Главный внештатный специалист Главного управления здравоохранения по детской нейрохирургии Сергей Синицкий, в свою очередь, акцентировал внимание на постоянном увеличении количества черепно-мозговых травм, составляющих около 30 % от

общего количества. Следует отметить, что даже легкие травмы, например, такие, как сотрясение мозга, могут стать причиной непредвиденных последствий, поэтому требуют врачебного наблюдения за ребенком в течение года.

Следует обратить внимание на то, что в летний период года наблюдается увеличение бытового травматизма среди детей на 35 %. По статистическим данным, в основном тонут дети в возрасте до 5 лет. Согласно информации по детской хирургии в 2010 году дети получили на багате 106 травм, а в 2011 – уже 157 травм. Явным лидером среди наиболее опасных занятий спортом является езда на велосипеде. При этом виде спорта дети получают раны, сотрясение мозга, а в более тяжелых случаях – переломы костей. Примерно 25 % травм у маленьких велосипедистов – это травмы головы [8–12].

Учитывая вышеизложенные цифры, можно с уверенностью утверждать, что борьба с детским травматизмом должна быть одним из главных социальных задач, решаемых каждым государством.

Основными государственными задачами для профилактики детского травматизма являются принятие всех необходимых законов и мер, в частности:

- введение стандартов безопасности для основных предметов потребления (в т. ч. изделий предназначенных для детей);
- создание безопасной транспортной инфраструктуры;
- адаптация окружающей среды под потребности детей;
- комплексная пропаганда средств и систем личной безопасности (велосипедные шлемы, домашние системы пожарной сигнализации);
- введение обязательных образовательных программ для детей;
- повышение качества неотложной медицинской помощи, увеличение количества травматологических пунктов и уровня их оснащенности.

Но чтобы добиться весомых результатов кроме принятия на государственном уровне всех перечисленных мер, необходимо также организовать строгий контроль за их выполнением.

Подсчитано, что благодаря принятию и практической реализации перечисленных мер, можно будет снизить количество смертей вдвое, а это более 1000 детей по всему миру ежедневно!

Выводы. Таким образом, проблема детского травматизма остается общегосударственной проблемой. Кроме решения таких проблем, как снижение уровня детской смертности, подсчитано, что принятие мер по повышению безопасности детей и профилактике детского травматизма позволит государству значительно снизить расходы на содержание и дальнейшую социальную реабилитацию детей-инвалидов, а сэкономленные средства направить на решение других социально-значимых государственных задач.

Список литературы: 1. Корнилов, Н. В. Травматология и ортопедия [Текст] / Н. В. Корнилов, Э. Г. Брезнухин // Руководство для

врачей. – Санкт-Петербург : 2004. – Т.1. – С. 9 – 66. 2. Батпенев, Н. Д. Организация и перспектива развития ортопедо-травматологической помощи населению [Текст] / Н. Д. Батпенев, Г. К. Джаксыбекова // Травматология и ортопедия. – Херсон : Южполіграфсервіс. - 2004. – № 2. – С. 5 – 9. 3. Султанбаева, С. Н. Современные проблемы детского травматизма и меры борьбы с ним [Текст] / С. Н. Султанбаева // Гигиена, эпидемиология и иммунология. – Алматы. - 2008. – № 4. – С. 61 – 65. 4. Султанбаева, С. Н. Особенности травматизма среди детей школьного возраста и основные пути его профилактики [Текст] / С. Н. Султанбаева // Гигиена, эпидемиология и иммунология. – Алматы. - 2008. – № 4. – С. 56 – 59. 5. Омарова, М. Н. Роль дорожно-транспортных происшествий в структуре детского травматизма [Текст] / М. Н. Омарова, Е. Ж. Жаркинов, М. М. Калимолдин, Г. Б. Отынбекова, А. С. Катчибаева, С. Н. Султанбаева // Материалы международной научно-практической конференции «NAUKA I INOWACJA». – Пшемьсь. - 2008. – № 1. – С. 6 – 11. 6. Омарова, М. Н. К проблеме детского травматизма на современном этапе [Текст] / М. Н. Омарова, Е. Ж. Жаркинов, С. Н. Султанбаева, И. И. Турманова // Материалы международной научно-практической конференции «NAUKA I INOWACJA». – Пшемьсь. - 2008. – № 1. – С. 15 – 17. 7. Конох, А. П. Профилактика травматизму у школярів 1 - 3 класів засобами фізичного виховання : Навчально-методичний посібник [Текст] / А. П. Конох. – Запоріжжя. - ЗДУ. - 2000. – 106 с. 8. Конох, А. П. Социально-педагогические аспекты профилактики детского травматизма средствами физической культуры [Текст] / А. П. Конох. // Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – Харьков : ХХПИ. - 1999. – № 12. – С. 28 – 32. 9. Конох, А. П. Обгрунтування методики профілактики травматизму в системі фізичного виховання молодших школярів [Текст] / А. П. Конох. // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту. – Харків : ХХПІ. - 1999. – № 21. – С. 11 – 17. 10. Калмакова, Ж. А. Детский травматизм как социальная проблема современного общества [Текст] / Ж. А. Калмакова // Успехи современного естествознания. – Кызыл-Орда : КГУ. - 2014. – № 14. – С. 10 – 14. 11. Калмакова, Ж. А. Детский травматизм как социальная проблема современного общества [Электронный ресурс] / Ж. А. Калмакова // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru/viewer_images/15539311/f/1.png 12. Health beauty [Electronic resource]. – Available at: <http://hnb.com.ua/>

Bibliography (transliterated): 1. Kornilov, N. V., Bresnahan, E. G. (2004). Traumatology and orthopedics. Manual for doctors. St. Petersburg, 1, 9 – 66. 2. Batanov, N. D., Dzhakysybekov, G. K. (2004). Organization and future development of orthopedic and trauma care to the population. Traumatology and orthopedics. Kherson : Wiport, № 2, 5 – 9. 3. Sultanbaeva, S. N. (2008). Modern problems of child injury and the measures against it. Hygiene, epidemiology and Immunobiology. Almaty, № 4, 61 – 65. 4. Sultanbaeva, S. N. (2008). Characteristics of injuries among school-age children and the main ways of its prevention. Hygiene, epidemiology and Immunobiology. Almaty, № 4, 56 – 59. 5. Omarova, M. N., Zharkinov, E. J., Kalimullin, M. M., Orynbekova, G. B., Calcinaia, A. S., Sultanbaeva, S. N. (2008). The role of traffic accidents in the structure of child injury. Materials of international scientific-practical conference "NAUKA I INOWACJA". Przemysł, № 1, 6 – 11. 6. Omarova, M. N., Zharkinov, E. J., Sultanbaeva, S. N., Turmanova, I. I. (2008). To the problem of child injury on the modern stage. Materials of international scientific-practical conference "NAUKA I INOWACJA". – Przemysł, № 1, 15 – 17. 7. Konoh, A. P. (2000). Prophylaxis to injury in scalars 1 - 3 classes zasobami fizichnoho education : Bohdan-program of lessons. Zaporizhzhya. SDU, 106. 8. Konoh, A. P. (1999). Socio-pedagogical aspects of child injury prevention by means of physical culture. Physical education of students of creative specialties. Kharkov : HHPI, №12, 28 – 32. 9. Konoh, A. P. (1999). Obgruntuvannya methods profilaktiki injury in the system fizichnoho education of primary school children by scholars. Pedagogics, psychology and mediko-biological problems fizichnoho education and sports. Kharkiv : HHP, №21, 11 – 17. 10. Kalmakova, J. A. (2014). Child injuries as a social problem of modern society. Successes of modern natural science. Kyzyl-Orda : KSU, № 14, 10 – 14. 11. Kalmakova, Zh. A. (2014). Detskij travmatizm kak social'naja problema sovremennogo obshhestva. Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya, 4. Available at: http://cyberleninka.ru/viewer_images/15539311/f/1.png 12. Health beauty. Available at: <http://hnb.com.ua/>

Поступила (received) 26.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Москалюк Інна Вікторівна – кандидат технічних наук, Одеський державний аграрний університет, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та фізичного виховання; тел.: 050-785-43-21; e-mail: inna-nova@ukr.net.

Москалюк Інна Вікторівна – кандидат технічних наук, Одеський державний аграрний університет, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та фізичного виховання; тел.: 050-785-43-21; e-mail: inna-nova@ukr.net.

Moskaliuk Inna – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Odessa State Agrarian University, Associate Professor at the department of Physical Education and life safety; tel.: 050-785-43-21; e-mail: inna-nova@ukr.net.

Сакун Николай Николаевич – кандидат технічних наук, завідувач кафедри, Одеський державний аграрний університет, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та фізичного виховання; тел.: 063-63-55-438.

Сакун Микола Миколайович – кандидат технічних наук, завідувач кафедри, Одеський державний аграрний університет, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та фізичного виховання; тел.: 063-63-55-438.

Sakun Nicholas – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Head of the Department, Odessa State Agrarian University, Associate Professor at the department of Physical Education and life safety; tel.: 063-63-55-438.

УДК 543.27; 533.2

Д. Г. КОРНІЄНКО

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ І ГАЗОАНАЛІТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ ДАХОВИМИ КОТЕЛЬНЯМИ

Проаналізовано особливості впливу роботи індивідуальних дахових котельних на прибудинкову територію. Розглянуті технологічні особливості роботи дахових котельні і методики визначення маси викидів компонентів димового газу. Визначені рівні концентрацій і склад димового газу, при різних експлуатаційних режимах котельні. Представлена розроблена розрахункова модель зони розповсюдження димового газу. Обґрунтовано вибір переносних засобів інструментального контролю: газоаналізаторів, пилосірів для моніторингу викидів дахових котельні.

Ключові слова: теплопостачання, котельня, дах, джерело, викид, маса, довкілля, розсіювання, розрахунок, модель, газоаналізатор, пилосірів.

Вступ. Україна постала перед нагальною необхідністю кардинально змінити своє ставлення до політики енергозбереження, яка повинна ґрунтуватися виключно на економічній основі при умові, що вирішення енергетичних питань не повинно зашкодити довкіллю і здоров'ю людей.

На даний час функціонують три види систем теплопостачання: централізована (ЦТ); децентралізована (ДЦТ); індивідуальна (будинкова). При централізованому відбувається подача теплоносія великим групам споживачів від однієї теплогенеруючої установки (ТЕЦ, ТЕС, котельні), розподільчі теплові пункти, теплові мережі та системи теплоспоживання з індивідуальними тепловими пунктами і інженерними системами всередині будівель [1, 2]. Системи децентралізованого або автономного теплопостачання забезпечують споживачів теплотою від місцевих (автономних) теплогенераторів без теплових пунктів і протяжних теплових мереж. В Україні працюють понад 360 комунальних теплопостачальних компаній. На них споживання сягає близько 10 млн. тонн умовного палива або це 8-9 млрд. метрів кубічних природного газу. Рівень втрат котельні – 10-15 %, теплових мереж – 16-23 %, через неефективне використання втрачається у споживачів – до 30 %. Потенціал енергозбереження в цьому секторі – 30-35 %. Фактично теплоцентралі обігрівають не будинки, а землю та повітря [1].

Індивідуальне теплопостачання повністю виключає теплові мережі, так як джерело теплоти знаходиться безпосередньо в приміщенні. Дахові котельні – один з можливих і ефективних варіантів вирішення задач децентралізованого (або автономного) теплопо-

стачання об'єктів цивільного і промислового призначення. Сьогодні дахові автономні джерела теплопостачання широко застосовуються і поступово, але впевнено завойовують ринок України [3,4].

Огляд літературних джерел і постановка задачі. Дослідження екологічного впливу дахових котельні на довкілля тільки почало розвиватись останнім часом [4, 5]. Ця проблема є актуальною тому, що котельні розташовуються безпосередньо в житловій забудові і працюють на різному паливі відповідно склад і концентрації димових газів різні і вплив їх довкілля, зелені насадження, здоров'я людини потребують ґрунтовних досліджень. В роботах [3,5] значна увага приділена економічній складовій використання дахових котельні, а зона їх впливу, засоби інструментального не досліджувались. В публікаціях [4,7] дано ґрунтовний аналіз теплотехнічних характеристик котлів, а дослідження яким чином перевіряти і контролювати рівні викидів і яка площа їх впливу відсутні.

Методики розрахунку викидів дахових котельні. Нормативною базою для розробки автономних котельні є СНиП 11-35-76 «Котельні установки», а також «Правила будови і безпечної експлуатації парових котлів з тиском пари не більше 0,07 МПа, водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115 °С». Ці нормативні документи передбачають вимоги, що стосуються безпеки функціонування котельних установок.

Використання даних установок особливо вигідно в районах нового елітного житлового будівництва, точкового будівництва і реконструкції. Такі райони

© Д. Г. Корнієнко. 2015

звичайно розташовуються в центрах найбільших міст. Теплові мережі, що тут існують не дозволяють забезпечити теплом будинки, що зводяться, а щільна забудова і висока вартість землі роблять будівництво наземних котельень об'єктивно неможливим.

Дані котельні застосовуються для забезпечення теплом і гарячою водою: виробничих будинків; адміністративних будинків; житлових будинків.

Норматив викидів котельень залежно від виду палива наведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Нормативи викидів котельень залежно від виду палива

Вид палива	Викиди	Норматив викиду мг/м ³
Природний газ	Оксид вуглецю	250
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	500
	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	0,2
Тверде паливо	Оксид вуглецю	250
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	500
	Діоксид сірки	500
	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційовані за складом	50/150
	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	0,2

Математичне моделювання процесів переносу газоподібних забруднюючих речовин (ЗР) в атмосфері та визначення їх просторового розподілу базується на використанні фізико-хімічних характеристик власне отруйних речовин, параметрів джерел їх викиду, а також напряму і швидкості вітру на момент викиду, характеру рельєфу і забудови місцевості.

Процес поширення викидів в атмосфері відбувається за рахунок адвентивного переносу повітряними масами та дифузії, зумовленої як фізичними властивостями отруйних викидів так і турбулентністю повітряних мас. Спостереження за хмарою викиду показують, що спочатку хмара на виході із джерела підхоплюється повітряними масами на певну висоту з поступовим його розширенням при віддаленні від джерела в наслідок дрібномасштабної турбулентності потоків. Потім поступово збільшуючись вона розпадається на ізольовані вихрові утворення, які переносяться на значні відстані від джерела. Газоподібні отруйні речовини, які попадають в атмосферу, можуть вступати у фотохімічні реакції.

Визначення впливу на стан забруднення проводиться за результатами розрахунку розсіювання парів викидів забруднюючих речовин від АЗС по методиці ОНД-86 [10]. Дана методика враховує данні про параметри джерел викиду і данні про характеристики розсіювання забруднюючих речовин в повітряному басейні міста. Користуючись формулою (1) визначається максимальне значення приземної концентрації

забруднюючої речовини C_M (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела із круглим устям досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані X_M .

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2\sqrt{V_1\Delta T}}; \quad (1)$$

Відстань X_M від точкового джерела забруднення, на якій досягається максимальна концентрація C_M при небезпечній швидкості вітру U_M , обчислюється за наступною формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH; \quad (2)$$

«Небезпечною» вважають таку швидкість вітру U_M , при якій за інших однакових умов приземна концентрація досягає свого максимуму C_M .

До метеорологічних характеристик і коефіцієнтам, які визначають умови розсіювання ЗР в атмосфері міста були віднесені: коефіцієнт A , що залежить від температурної стратифікації атмосфери; коефіцієнта рельєфу місцевості; середня максимальна температура навколишнього повітря найбільш жаркого місяця року, °С; середня температура повітря найбільш холодного місяця року, °С; швидкість вітру u' (м/с), повторюваність перевищення якої (по середнім багаторічним даних) не більше 5 %.

Для проведення детальної оцінки забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами розрахунок забруднення атмосферного повітря виконувався на розрахунковому прямокутнику з заданим шагом розрахункової сітки. В якості основних критеріїв якості атмосферного повітря приймалися гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в атмосферному повітрі, затверджених Міністерством охорони здоров'я. При цьому для кожної речовини, що викидається на АЗС, призначалося виконання співвідношення

$$q_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1; \quad (3)$$

де, C_i – розрахункова концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі повітря населеного місця.

Інструментальні засоби контролю викидів. На даний час в Україні серійно випускають прилади для інспекційного контролю викидів дахових котельень по усьому спектру компонентів, що викидаються котлами. В табл. 2 наведені технічні характеристики переносного газоаналізатора типу ОКСИ.

Прилади серії ОКСИ призначені для еколого-теплотехнічних вимірювань об'ємної концентрації кисню O_2 , CO , NO , NO_2 і SO_2 в димових газах і в повітрі, температури димових газів (T) а також отримання розрахунковим шляхом концентрації діоксиду вуглецю CO_2 , коефіцієнта надлишку повітря і до коефіцієнта корисної дії з попередньою установкою CO_{2max} для обраного виду палива, з буквеної і цифровою індикацією величини вимірюваних параметрів на рідкокристалічному індикаторі (РКІ), з можливістю запам'ятовування до 250 результатів вимірювань. Зв'язок з комп'ютером по RS 232, програмне забезпечення. Газоаналізатори являють собою переносні ав-

томатичні мікропроцесорні прилади безперервної дії і виготовляються для потреб народного господарства.

Область застосування: газоаналізатори необхідні для фахівців при технічному обслуговуванні, ремонті і налагодженні паливоспалюючих обладнання.

Таблиця 2 – Технічні характеристики газоаналізатора ОКСИ-5М

Вимірювана величина	Діапазон вимірювань	Інтервал діапазону вимірювань	Межа допустимих похибок	
			абсолютна	відносна
O ₂	0 – 21 %	-	± 0,2 %	-
CO	0 – 5000 млн ⁻¹	0 – 200 млн ⁻¹	± 10 млн ⁻¹	-
		200 – 5000 млн ⁻¹	-	± 5 %
NO	0 – 2000 млн ⁻¹	0 – 200 млн ⁻¹	± 20 млн ⁻¹	-
		200 – 2000 млн ⁻¹	-	± 10 %
NO ₂	0 – 300 млн ⁻¹	-	± 10 млн ⁻¹	-
SO ₂	0 – 5000 млн ⁻¹	0 – 200 млн ⁻¹	± 10 млн ⁻¹	-
		200 – 5000 млн ⁻¹	-	± 5 %
Температура газу	0 – 1000°	0 – 100°	± 1°	-
		100 – 1000 °	-	± 0,5 %
Тиск газу P*)	- 1000 – 7000 Па	шкала - 1 Па	-	0,5 % (привед.)

Час виходу газоаналізатора на робочий режим не більше 60 с

Експериментально-розрахункові дослідження типової котельні. Результат експериментального-розрахункового дослідження забруднення атмосфери у зоні впливу викидів від котельні. Для проведення дослідження була вибрана типова котельня, яка розташована у місті Києві за адресою вул. Предславинська, 35Д – офісний центр. Джерелом викиду котельні є труба діаметром 0,5 м та висотою 34,3 м.

Вихідні дані, прийняті для розрахунку викидів ЗР базуються на даних про номінальну продуктивність котельні, наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Річний обсяг природного газу що спалюється котельнею

Найменування	Кількість	Документації, що регламентує вимоги до сировини
Природний газ	313592 м ³	Протокол якості газу №06-4, від 23.07.14

На основі діючих методик були проведені розрахунки масових викидів забруднюючих речовин при проведенні різних технологічних процесів. Результати розрахунку представлені в табл. 4.

Таблиця 4 – Викиди від котельні

Тип процесу	Найменування ЗР	Викид, г/с	Викид, т/р
Спалювання природного газу	Оксид вуглецю	0,004062	0,03957079
	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) у перерахунку на діоксид азоту	0,0004616	0,0044978
	Метан	-	0,01089
	Вуглецю діоксид	-	612,47032
	Азоту (1) оксид [N ₂ O]	-	0,001082
	Ртуть та її сполуки в перерахунку на ртуть	-	0,000001102

Розрахунки приземних максимальних концентрацій ЗР були виконані на основі розрахункової схеми нормативної методики ОНД-86 за допомогою програми «ЕОЛ+» (версія 5.23) погодженої Мінприроди та рекомендованої для використання в Україні [11].

Для розрахунку викидів ЗР було проведено визначення джерел забруднення від котельні та їх параметри. Труба відноситься до організованих джерел викидів з висотою h – 34,3 м, діаметром d – 0,5 м, швидкість – 2,5 м/с, об'єм витрат газоповітряної суміші - 0,354 м³/с.

Розрахунок розсіювання приземних концентрацій для дахової котельні варто визначати з врахування фонових концентрацій наданих Центральною Геофізичною Обсерваторією та ДП «Центр екологічних ініціатив».

Значення фонових концентрацій для дахової котельні представлені в довідці від ЦГО в додатках.

Метеорологічні характеристики і коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих ре-

човин в атмосферному повітрі населеного пункту м. Києва для дахової котельні наведені в табл. 5.

Відомості, щодо стану забруднення атмосферного повітря надані ЦГО наведені в табл. 6.

Розподіл концентрацій забруднюючих речовин за допомогою програми «ЕОЛ+» (версія 5.23) зображено на рис. 1 – 4.

Розрахунки показали, що при несприятливих метеорологічних умовах відсутнє перевищення концентрацій досліджуваних ЗР.

За даними Центральної Геофізичною Обсерваторії м. Київ, показник фонові концентрації оксидів азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту в районі розміщення котельні становить 0,915 ГДК, а показник для фонові концентрації оксиду вуглецю в районі розміщення котельні 0,578 ГДК. Величина фонові концентрації визначена як усереднена, в цілому по місту, при цьому на її формування значно впливає діяльність міського

транспорту, навколишніх підприємств та інших джерел забруднення атмосфери.

Аналіз результатів розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин, які створені стаціонарними джерелами викидів показав, що в зоні впливу за існуючим станом спостерігається наступні значення концентрацій забруднюючих речовин, представлених в табл. 6.

Слід відмітити, що розрахунок проводився для максимального навантаження обладнання та небезпечної швидкості вітру, а фактичні умови здійснення діяльності, як правило, не передбачають повне і одночасне навантаження всіх джерел забруднень.

Крім цього, за наявності небезпечних параметрів навколишнього середовища, в тому числі швидкості вітру, передбачається виконання заходів відповідно до вимог Методичних вказівок «Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях» (РД 52.04.52-85), які включають відповідні зміни до технологічного процесу, що впливають на інтенсивність викидів у зазначеному періоді часу

Таблиця 5 – Метрологічні характеристики і коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населеного пункту м. Києва

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, який залежить від стратифікації атмосфери, А	180,0
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1,0
Середня максимальна температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року, Т, град.С	25,0
Середня температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця (для котельних, які працюють за опалювальним графіком), Т, град. С;	4,7
Середньорічна роза вітрів, %	-
Пн (північ)	13,6
ПнС (північний схід)	9,1
С (схід)	8,8
ПдС (південь-схід)	12,8
Пд (південь)	13,0
ПдЗ (південний захід)	11,5
З (захід)	17,7
ПнЗ (північний захід)	13,5
Швидкість вітру (N)(за середніми багаторічними даними), повторення перевищення якої складає 5%, U*, м/с	7-8

Таблиця 6 – Відомості, щодо стану забруднення атмосферного повітря

№ з/п	Забруднююча речовина		Нормативи якості атмосферного повітря (мг/м ³)	Гігієнічні нормативи		Фонова концентрація (мг/м ³)	Середньорічні концентрації (мг/м ³)	Максимальна з разових концентрація (мг/м ³)
	Код	Найменування		ГДК (мг/м ³)	ОБРД (мг/м ³)			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	337	Оксид вуглецю	-	5	-	2,8829	2,0	0,19
2	301	Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	-	0,2	-	0,183	0,12	0,39

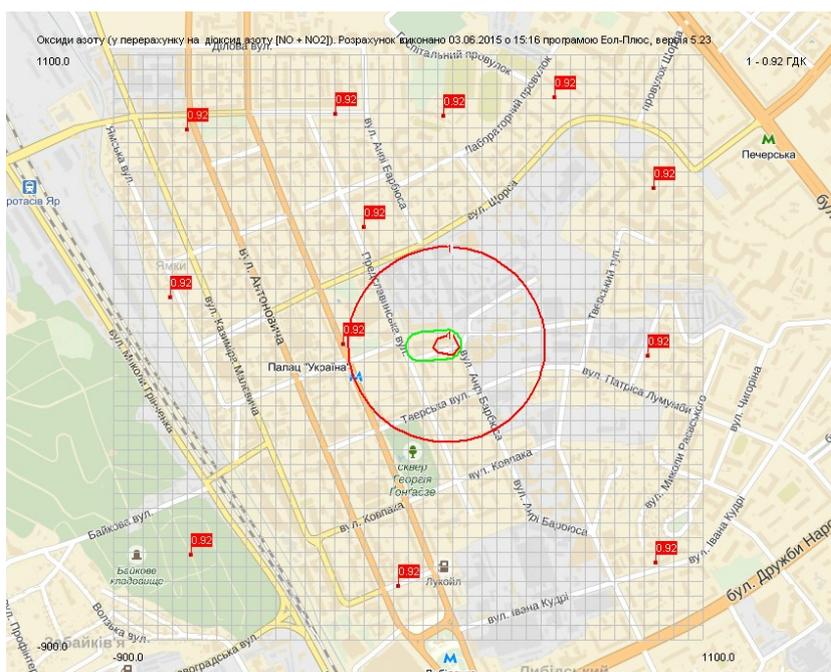


Рис. 1 – Розподіл концентрацій забруднюючої речовини оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO + NO2]) з урахування фонових концентрацій

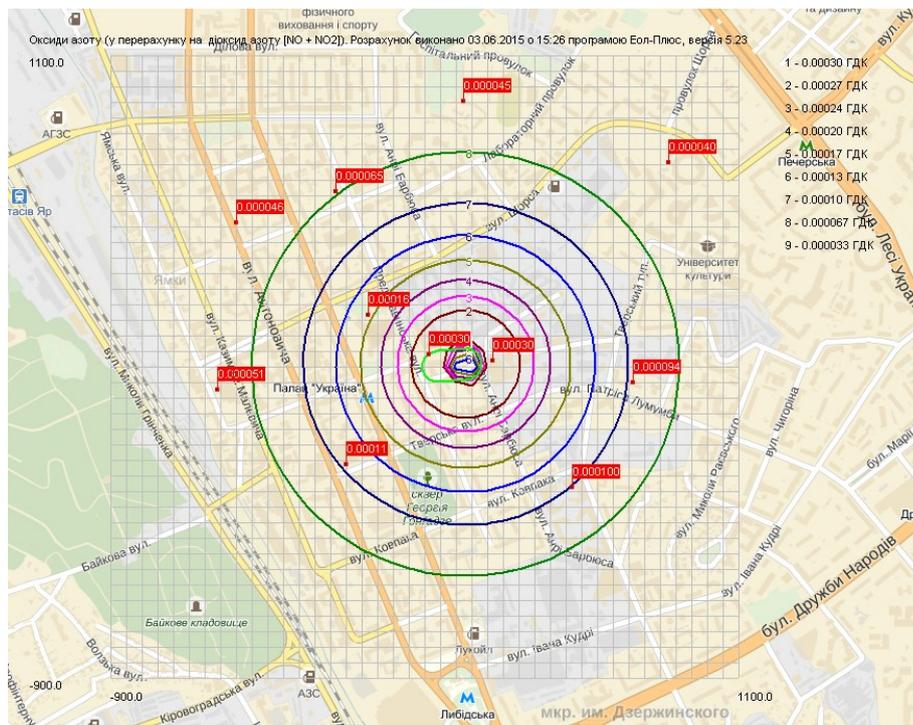


Рис. 2 – Розподіл концентрацій забруднюючої речовини (Оксиди азоту (у перерахунку на діоксид азоту [NO + NO₂]) без урахування фонових концентрацій

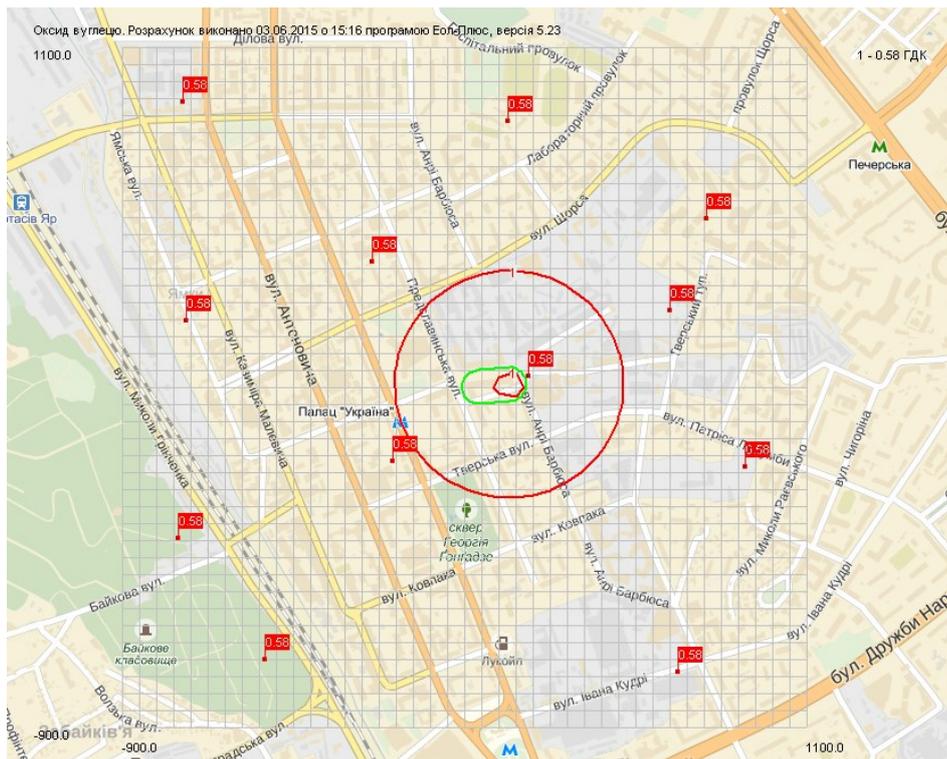


Рис. 3 – Розподіл концентрацій забруднюючої речовини оксид вуглецю з урахуванням фонових концентрацій

Таблиця 7 – Значення концентрацій забруднюючих речовин в долях ГДК

Назва забруднюючої речовини	без врахування рівнів фону, в долях ГДК		при врахуванні рівня фону, в долях ГДК	
	max	min	max	min
Оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту	0,0003	0,000033	0,92	0,92
Оксиди вуглецю	0,00011	0,000012	0,58	0,58

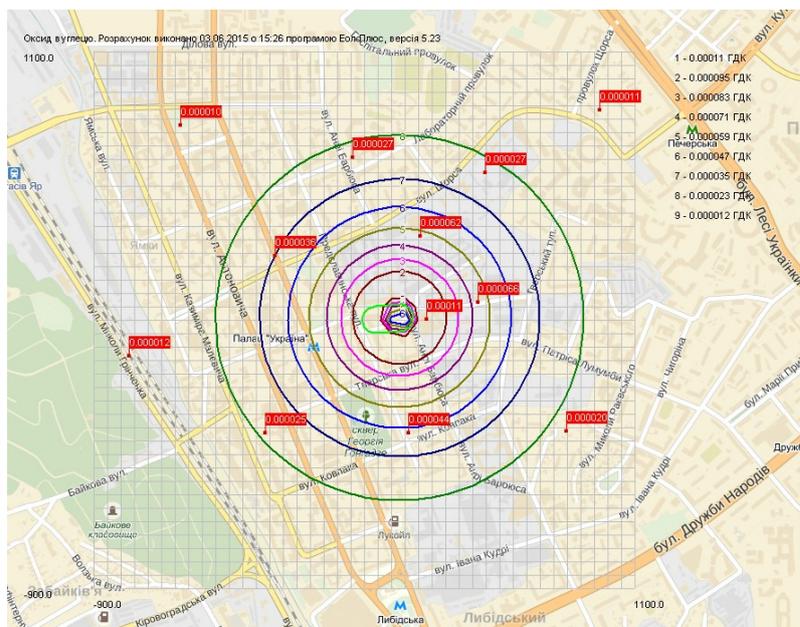


Рис. 4 – Розподіл концентрацій забруднюючої речовини оксид вуглецю без урахування фонових концентрацій

Висновки. Якщо приватне підприємство збудує дахову котельню, то навіть у разі підвищення цін на газ (якщо, звичайно, населення вчасно сплачуватиме за послуги за встановленими владою тарифами) окупність становитиме 3-4 роки. При цьому якість надання послуг значно зросте. Відтак, це велика перспектива, і тому нові будинки споруджуються саме за таким принципом.

Щодо використання альтернативних джерел енергії, то наша країна, на жаль, навіть не зрушила з мертвої точки, хоча має доволі потужний науковий та ресурсний потенціал. Наприклад, Австрія, Німеччина і багато інших європейських країн ефективно використовують для виробництва електроенергії вітряні електростанції. Україна має достатньо площі для їх розміщення та ефективного використання. Однак така програма потребує відповідної державної підтримки. Не використано повністю також потенціал наших гідроресурсів. Ми не можемо спалювати величезну масу вугілля для вироблення електроенергії та тепла, як це практикується сьогодні. Звичайно, проблема більш ніж глобальна і потребує вливання не лише державних коштів а й залучення інвестицій.

Значно поліпшуються екологічні умови проживання мешканців, оскільки розсіювання продуктів згоряння на даху більш сприятливе, ніж при розташуванні котельні внизу. Завдяки підтримці необхідного температурного режиму для опалення будинку забезпечуються комфортні умови проживання мешканців.

В результаті проведених розрахунків встановлено, що валові викиди від дахової котельні становлять: 0,03957079 т/рік оксиду вуглецю, 0,0044978 т/рік оксиду азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту та 612,47032 т/рік діоксиду вуглецю. Причому порогове значення викиду діоксиду вуглецю становить 500 т/рік.

Потенційні значення викидів, що визначені за відомими методиками становить: оксиду вуглецю - 0,004062 г/с, оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту – 0,0004616 г/с. Дане

значення необхідно для побудови моделі розсіювання викидів.

Викиди в атмосферу вуглекислого газу в основному залежать від об'єму використаного палива в рік при однаковому коефіцієнті емісії і, відповідно, однаковому виді палива.

Для порівняльної характеристики впливу на навколишнє середовище необхідно розрахувати і побудувати розсіювання викидів від стаціонарних джерел в атмосферне повітря.

Список літератури: 1. Плячков, І. В. Підвищення ефективності систем централізованого тепlopостачання з комбінованим виробництвом тепла та електроенергії. [Текст] / І. В. Плячков, М. М. Кулик, В. О. Гінайло, Ю. І. Трофименко // Энергетика и электрификация. – 1999. - № 4. - С. 1-8. 2. Плячков, І. В. Застосування парогазових технологій у разі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії. [Текст] / І. В. Плячков, Л. О. Кесова // Энергетика и электрификация. – 2002. - № 1. - С. 2-7. 3. Мхитарян, Н. М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. [Текст] / Н. М. Мхитарян // Наукова думка – 2000. - С. 420. 4. Мороз, П. М. Теплотехнічні випробування котлів малої і середньої потужності для систем тепlopостачання будинків [Текст] / П. М. Мороз, А. П. Дудніков, М. В. Степанов // Вентиляція, освітлення та теплогоспостачання: науково-технічний збірник. -2010. - Вип. 14. – С. 170-179. 5. Авраменко, С. Л. Перспектива екологічних чистих систем тепlopостачання міста Дніпродзержинська [Текст] / С. Л. Авраменко, О. М. Лебедев, О. Г. Левицька // Екологічна безпека. - 2010. - №1 (9). - С. 47-51. 6. Андрійчук, Н. Д. Снижение загрязнения окружающей среды теплогенерирующими установками [Текст] / Н. Д. Андрійчук // Коммунальное хозяйство городов. - 2004. - №57.- С. 216-220. 7. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 [Текст]. - Ленинград: Госпомгидромет, 1987. - 68 с. 8. Росляков, П. В. Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу. [Текст] / П. В. Росляков, И. Л. Ионкин, И. А. Закиров // Москва, Изд-во МЭИ, 2004. - С. 228. 9. Абрамов, А. И. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. [Текст] / А. И. Абрамов, Д. П. Елизаров, А. Н. Ремезов // Учебное пособие. Москва: Изд-во МЭИ, 2001. - С. 378. 10. Общесоюзный нормативный документ Госкомгидромета СССР (ОНД-86). Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий [Текст]: Ленинград: Гидрометеоздат, 1987. – С. 93. 11. Корнієнко, Д. Г. Моніторинг викидів дахових котельнь [Текст] / Д. Г. Корнієнко // Всеукраїнська наукова інтернет-конференція на тему «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення». - 20-21 травня, 2015.

Bibliography (transliterated): 1. Plachkov, I. V., Kulik, M. M., Ginyaylo, V. O., Trofimenko, Yu. I. (1999). Pidvishchennya effektivnosti sistem tsentralizovanogo teplopостachannya z kombinovanim virobnitstvom tepla ta elektroenergiyi. *Energetika i elektrifikatsiya*, 4, 1-8. 2. Plachkov, I. V., Kesova, L. O. (2002). Zastosuvannya parogazovih tehnologiy u razi kombinovanogo virobnitstva teplovoyi ta elektrichnoyi energiyi. *Energetika i elektrifikatsiya*, 1, 2-7. 3. Mhityan, N. M. (2000). Energoberegayushchie tehnologii v zhilishchnom i grahdanskom stroitelstve. *Naukova dumka*, 420. 4. Moroz, P. M., Dudnikov, A. P., Stepanov, M. V. (2010). Teplotekhnichni viprobuvannya kotliv maloyi i serednoyi potuzhnosti dlya sistem teplopостachannya budinkiv. *Ventilyatsiya, osvishlennya ta teplogazopostachannya: nauko-vo-tehnichniy zbirnik*, 14, 170-179. 5. Avramenko, S. L., Lebedev, O. M., Levitska, O. G. (2010). Perspektiva ekologichnih chistih sistem teplopостachannya mista Dniprodzerzhinska. *Ekologichna bezpeka*, 1 (9), 47-51. 6. Andriychuk, N. D. (2004). Snizhenie zagryazneniya okruzhay-

ushchey sreydy teplogeneriruyushchimi ustanovkami. *Kommunalnoe hozyaystvo gorodov*, 57, 216-220. 7. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduhe vrednyh veshchestv. *S.L.soderzhashchihsya v vybrosah predpriyatiy. OND-86*. Leningrad: Gospomgidromet, 1987, 68. 8. Roslyakov, P. V., Ionkin, I. L., Zakirov, I. A. (2004). Kontrol vrednyh vybrosov TES v atmosferu. *Moskva, Izd-vo MEI*, 228. 9. Abramov, A. I., Elizarov, D. P., Remezov, A. N. (2011). Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti teplovyh elektrostantsiy. *Uchebnoe posobie*. Moskva: Izd-vo MEI, 378. 10. Obshchesoyuznyy normativnyy dokument Goskomgidrometa SSSR (1987). Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozduhe vrednyh veshchestv soderzhashchihsya v vybrosah predpriyatiy. Leningrad: Gidrometeoizdat, 93. 11. Kornienko, D. G. (2015). Monitoring vikidiv dahovih kotelen. *Vseukrayinska naukova internet-konferentsiya na temu «Informatsiynе suspilstvo: tehnologichni, ekonomichni ta tehnichni aspekti stanovlennya»*. 20-21 travnya, 2015.

Nadiiшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Корнієнко Дмитро Григорович – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра наукових, аналітичних та екологічних приладів і систем; тел.: 096-213-57-12; e-mail: dimoonas@bigmir.net.

Корнієнко Дмитрій Григорьевич – аспірант, Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут», кафедра научных, аналитических и экологических приборов и систем; тел.: 096-213-57-12; e-mail: dimoonas@bigmir.net.

Kornienko Dmytro – graduate, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», scientific, analytic and ecological instrumensts and systems department, tel.: 096-213-57-12 ; e-mail: dimoonas@bigmir.net.

УДК 006.91

Е. Д. ПОПЕРЕКА, В. Л. КОСТЕНКО

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

В работе проведены исследования по комплексному контролю санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны. Особое внимание уделено созданию устройства контроля, позволяющего в автоматическом режиме исследовать нормированные параметры, а также ускорить процесс измерения. Для этого проведено исследование выбранных комплектующих компонентов устройства, датчиков и их измерительных цепей с целью оптимизации контроля. Приведены результаты комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны.

Ключевые слова: комплексный, исследования, устройство, средства измерения, датчики, нормированные параметры.

Введение. При обеспечении высокого уровня безопасности условий труда, важным является контроль параметров санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны. Воздействие вредных факторов таких, как вибрация, шум, повышенная температура и т.п., ведут к снижению работоспособности, недомоганию и травмам оказывает негативное влияние на производительность труда, безопасность и физиологическое состояние персонала. Поэтому важной проблемой является исследования комплексного контроля параметров в режиме реального времени на основе комплексных показателей воздействия факторов на человека. Особое место при обеспечении комплексного контроля отводится измерительной технике. В настоящее время в эксплуатации лабораторий охраны окружающей среды и промсанитарии находится значительное количество соответствующей измерительной техники. Вместе с тем использование этих приборов не всегда позволяет оперативно получить комплексные показатели санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны.

Известные публикации по разработке устройства контроля нормированных параметров производственных факторов показывают, что проблема комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны рассматривается недостаточно полно. Для

иллюстрации этого положения в табл. 1 приведены некоторые из наиболее востребованных современных моделей и функций приборов контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны [1–3]. На основе анализа установлено, что исследованные нами приборы, такие, как РАТ-2П-Кварц-41, Октава-110А, НМР 230, УПГК-ЛИМБ, ИС-2 имеют высокие эксплуатационные показатели, имеют дополнительный цифровой порт для передачи данных, однако не позволяют осуществлять комплексную обработку результатов контроля. Это связано с ограниченным набором измерительных преобразователей в них.

Поэтому актуальным является исследования комплексного контроля параметров микроклимата, шума, вибрации и других производственных факторов в режиме реального времени на основе комплексных показателей воздействия факторов на человека, с обеспечением минимизации возможных субъективных ошибок оператора, а также решение практических задач по созданию устройств комплексного контроля.

© Е. Д. Поперека, В. Л. Костенко. 2015

Таблица 1 – Функции приборов контроля санитарно-гигиенических факторов

Модель прибора / Функции прибора	Радиометр РАТ-2П-Кварц-41	Термогигрометр НМР 230	Шумомер Октава-110А	Универсальный прибор газового контроля УПГК-ЛИМБ	Измеритель скорости газовых потоков ИС-2
Микроклимат	+	+	-	-	+
Измерения вибрации	-	-	+	-	-
Измерения шума	-	-	+	-	-
Вредные вещества	-	-	-	+	-
Наличие автоматизации контроля	-	-	-	+	-

Цель работы. С учетом изложенного целью данной статьи является исследование комплексного контроля параметров в режиме реального времени на основе комплексных показателей воздействия вредных факторов на человека за счет расширения базы измерительных преобразователей и возможности подключения цифровых измерительных приборов для дальнейшей обработки результатов измерения

Методика экспериментов. Для аппаратного обеспечения измерений нами проведены исследования [4 – 6] по созданию устройства, новизной которого является возможность комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны. Общая блок-схема устройства представлена на рис. 1. Блок-схема состоит из компьютера с специализированным программным обеспечением, интерфейсной части, АЦП, СУ, средств измерений и датчиков. Применение компьютера в комплексе с специализированным ПО дает возможность автоматизировать процесс измерения и обработки результатов [7, 8], упростить условия использования разных измерительных приборов.

В блок-схему разработанного устройства введены также такие цифровые приборы, как: измеритель скорости газовых потоков ИС-2, предназначенный для измерения скорости газовых потоков, радиометр энергетической освещенности переносной РАТ-2П, предназначен для измерения энергетической освещенности объектов, универсальный прибор газового контроля, УПГК-ЛИМБ предназначен для обнаружения и локализации места или зоны утечек вредных веществ, сигнализируя об этом звуковым сигналом.

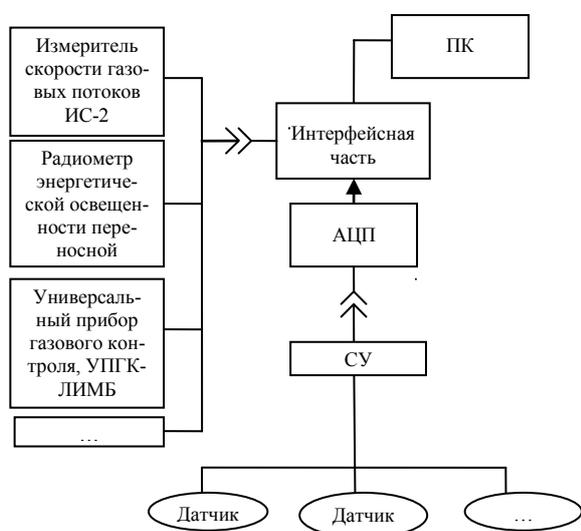


Рис. 1 – Общая блок-схема устройства комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны
Для оптимизации комплексного контроля в раз-

работанном устройстве предусмотрено использование цифровых приборов и датчиков. В качестве датчиков нами выбраны: виброизмерительный пьезоэлектрический преобразователь ДН-4-М1 и капсуль микрофонный М-101 предназначены для измерения параметров шума и вибрации в ходе научных работ при исследованиях, и в целях борьбы с постоянным шумом по ГОСТ 12.1.003-83 и вибрацией в жилых и производственных помещениях, а также для измерения и анализа шума и вибрации в промышленности при разработке и контроле качества изделий. Канальный датчик влажности и температуры [KFTF-20](#) [9] предназначен для определения относительной влажности и температуры воздуха в наземных условиях (в помещении и на открытом воздухе). Датчик подключаются к согласующему устройству (СУ).

При считывании информации с приведенных в блок-схеме приборов при их погрешности 6-15 % достаточно применения 10-12 разрядного АЦП. Вместе с тем, для обеспечения возможности дальнейшего структурного и функционального развития устройства в качестве аналого-цифровым преобразователем на общей блок-схеме нами использована сигма-дельта АЦП ADS1259 [10]. Структурная схема (рис. 2) представляет собой высоколинейный 24-битный аналого-цифровой преобразователь с низким дрейфом параметров. Используемый в нашем устройстве комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны, которое требует высокой точности. Совместно с усилителем, таким как PGA280, ADS1259 позволяет создать измерительную систему с высоким разрешением и точностью, способную обрабатывать разнообразные сигналы.

На каждом из входов установлен интегратор с двойной коммутацией, обеспечивающий непрерывное накопление сигнала: в течение цикла оцифровки текущей порции сигнала происходит накопление следующей. Настраиваемое время интегрирования может меняться от 160 мкс до 1с, что позволяет измерять с заданной погрешностью токи порядка мА и фА.

В микросхеме используется внешний источник опорного напряжения (ИОН), величина которого может составлять 2...AVDD + 0,3 В; величина AVDD – 0.3...+ 6В.

Интерфейсной частью выбран, последовательный интерфейс SPI. Главным составным блоком интерфейса SPI является обычный сдвиговый регистр, сигналы синхронизации и ввода/вывода битового потока которого и образуют интерфейсные сигналы.

Предельная простота протокола передачи на физическом уровне обуславливает высокую надежность и быстродействие передачи. Предельное быстродей-

стве шины SPI измеряется десятками мегагерц и, поэтому, она идеальна для потоковой передачи больших объемов данных и используется в высокоскоростном АЦП ADS1259.

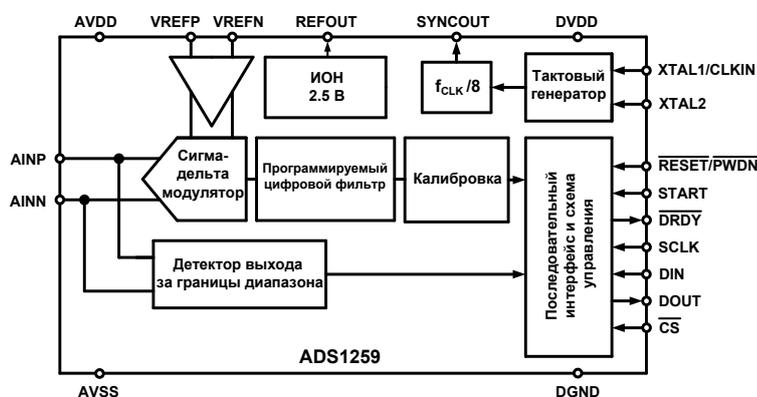


Рис. 2 – Структурная схема ADS1259

Все линии шины SPI являются однонаправлен-

ными, что существенно упрощает решение задачи преобразования уровней и гальванической изоляции микросхем.

Сигналы с датчиков преобразовываются АЦП и в цифровом виде передается в компьютер, где программно производится оценка каждого параметра и определяется комплексный показатель санитарно-гигиенического состояния раб очей зоны, что позволяет оперативно получить результаты измерений.

Обсуждение результатов комплексного контроля

Комплексный контроль санитарно-гигиенического состояния рабочего места водителя автотранспортного средства проводился в течении холодного время года. Исследования проводились за участием лаборатории промсанитарии.

Результаты комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты комплексного контроля

Рабочее место	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Уровень шума, дБА	Общая вибрация			Комплексный показатель отклонения от санитарно-гигиенических норм, %
					Виброскорость, дБ	Ось Z	Ось X	
Водителя автотранспортного средства	18,2	62	0,2	57	85	88	89	10,6

Комплексный показатель отклонения от санитарно-гигиенических норм К определялся как функция от следующих переменных:

$$K = f(T, RH, V, L, v), \quad (1)$$

де Т – температура воздуха, °С; RH – относительная влажность, %; V – скорость движения воздуха, м/с; L – уровень шума, дБА; v – виброскорость, дБ, и отражает степени отклонения каждого параметра от нормам. К определяется множеством коэффициентов: K_T , K_{RH} , K_V , K_L , K_v , которые представляют из себя отношения абсолютного значения отклонения измеренного значения параметра от нормированного значения, приведенные к соответствующему значению нормированного параметра.

Степень отклонения санитарно-гигиеническим нормам К существующим требованиям нами оценивалось следующим образом:

$$K = 1/5[(K_T + K_{RH} + K_V + K_L + K_v)] \times 100 \%, \quad (2)$$

где 5 – это количество параметров (в нашем случае), которые определяют надлежащее санитарно-гигиеническое состояние рабочей зоны.

С учетом сказанного, числовое значение степени отклонения параметров рабочей зоны санитарно-гигиеническим нормам находится в пределах [0 – 100].

Выводы. Анализ проведенных в данной работе исследований комплексного контроля санитарно-гигиенических факторов с помощью макета разработанного устройства в производственных условиях позволили

на основе контроля шума в диапазоне $-22 \div 140$ с погрешностью $\pm 0,7$ дБА, $2 \div 18000$ Гц; вибрации (виброскорость, мм/с в диапазоне $3 \cdot 10^{-2} \div 5 \cdot 10^4$ с погрешностью $\pm 10 \%$ $1 \div 10000$ Гц); (виброускорение, m/s^2 в диапазоне $3 \cdot 10^{-3} \div 10^3$ с погрешностью $\pm 10 \%$, $1 \div 10000$ Гц); микроклимата (температура воздуха, °С в диапазоне $-40 \div +85$ с погрешностью $\pm 0,2$); (измерения относительной влажности воздуха, % в диапазоне $0 \div 100$ с погрешностью ± 1); (измерения скорости движения воздуха, м/с в диапазоне $0 \div 20 \pm 1\%$); (измерения теплового облучения, $Вт/м^2$ в диапазоне $10 \div 2000$ с погрешностью ± 6) оценить комплексный показатель отклонения санитарно-гигиенических норм на контролируемых рабочих местах.

Полученные результаты подтверждают перспективы комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны и могут быть использованы для обеспечения безопасности условий труда.

Список литературы: 1. Радиометр энергетической освещенности переносной РАТ-2П-Кварц-41. Паспорт ИДНМ 3.004.000.00 ПС. – НПФ ТЕНЗОР, – 2006. – С. 15. 2. NMP 230 Series Transmitters Operating Manual [Текст] Vaisala. Finland.—1995.—Р. 59. 3. Измеритель скорости газовых потоков ИС-2. Руководство по эксплуатации ПР 2.601.010РЭ. –2000, – С. 20. 4. Информационно-измерительная система контроля нормируемых параметров промышленных факторов [Текст] / В. Л. Костенко, А. А. Николенко, Е. Д. Поперека, М. В. Ядрова, К. С. Тыманюк // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №3. – С. 51–56. 5. Поперека, К. Метод контролю санітарно-гігієнічного стану народногосподарських об'єктів [Текст] / К. Д. Поперека, В. Л. Костенко // тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, 28–30 травня 2015 р., м. Львів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – С. 103. 6. Поперека, К. Питання вдосконалення нормативно-технічної

базы автоматизации контролю микроклимата [Текст] / К. Д. Поперека, В. Л. Костенко // тезы доповідей 16-й Международной научно-практической конференции. «Современные информационные и электронные технологии» СИЭТ-2015, 25 -29 мая 2015 г., Одесса. – Одесса: ОНПУ, 2015. – С. 80–81. 7. Поперека, К. Розробка програмного забезпечення для автоматизованого контролю санітарно-гігієнічних факторів [Текст] / К. Д. Поперека, В. Л. Костенко // тезы доповідей V міжнародної науково-практичної конференції, 19–22 травня 2015 р., Чернігів. – Чернігів: ЧНТУ, 2015. – С. 226. 8. Приборостроение и средства автоматизации [Текст] Энциклопедический справочник: – М.: Научтехлитиздат, 2004 – №2. – С. 2–9. 9. Канальные датчики влажности и температуры. [Электронный ресурс] // Загл. с экрана. – 2015. – Режим доступа: <http://www.spluss.eu/2-humidity-sensor/11-humidity-sensor-humidity-transmitter/44-duct-humidity-sensor-relative-humidity/ru> <http://www.ti.com/> 10. Руководство по выбору компонентов для аналоговых схем. [Электронный ресурс] // Загл. с экрана. – 2015. – Режим доступа/www/URL:<http://www.ti.com/>.

Bibliography (transliterated): 1. Radiometr energeticheskoy osveschenosti perenosnoy RAT-2P-Kvarts-41. Pasport IDNM 3.004.000.00

PS.(2006), 15. 2. HMP 230 Series Transmitters Operating Manual (1995), Vaisala. Finland, 59. 3. Gas flow rate meter IS-2. Operating Manual. Pasport IDNM 2.601.010 PS. (2000), 20. 4. Kostenko, V, Nikolenko, A., Popereka, K, Yadrova, M., Tymaniuk, K. (2014). Information-measuring system of control of the normalized parameters of industrial factors. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3, 51–56. 5. Popereka, K, Kostenko, V. (2015) Control method sanitary state of economic projects. Report theses the Second International Scientific Conference, 103. 6. Popereka, K, Kostenko, V. (2015) The question of improving the legal and technical basis for automating climate control. Report theses XVI International scientific-practical conference "Modern information and electronic technologies", 80-81. 7. Popereka, K, Kostenko, V. (2015). Development of software for automated control of hygiene factors. Report theses V International Scientific Conference, 226. 8. Priborostroenie i sredstva avtomatizatsii. Entsiklopedicheskiy spravochnik (2004). M. – Moscow: Nauchtehlitizdat, 2, 2 – 9. 9. Ducted humidity and temperature sensors. URL: <http://www.spluss.eu/2-humidity-sensor/11-humidity-sensor-humidity-transmitter/44-duct-humidity-sensor-relative-humidity/ru>. 10. Guidance on the selection of components for analog circuits. URL: <http://www.ti.com/>.

Поступила (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Поперека Катерина Дмитрівна – аспірант, Одеський національний політехнічний університет, кафедра металорежущих станків, метрології та сертифікації; тел.: 063-169-62-49; e-mail: popereka2013.prof@mail.ru

Поперека Катерина Дмитрівна – аспірант, Одеський національний політехнічний університет, кафедра металорізальних верстатів, метрології та сертифікації; тел.: 063-169-62-49; e-mail: popereka2013.prof@mail.ru.

Popereka Kateryna – graduate student, Odessa National Polytechnic University, Department of machine tools, metrology and certification; tel.: 063-169-62-49; e-mail: popereka2013.prof@mail.ru.

Костенко Віталій Леонідович – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, професор кафедри металорежущих станків, метрології та сертифікації; тел.: 063-169-62-49; e-mail: kvl777@ukr.net

Костенко Віталій Леонідович – доктор технічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет, професор кафедри металорізальних верстатів, метрології та сертифікації; тел.: 063-169-62-49;

Kostenko Vitaliy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Polytechnic University, Department of machine tools, metrology and certification; tel.: 063-169-62-49; e-mail: kvl777@ukr.net.

УДК 504.3.054

И. И. ХОНДАК

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Компьютерные моделирующие программы - это визуальный инструмент в изучении влияния различных видов загрязнений на состояние здоровья человека и окружающей среды. Использование подобных лабораторных работ при дистанционной форме обучения очень важно и необходимо в современных условиях. Они позволяют проиллюстрировать действие различных ситуаций, связанных с экологической безопасностью, а также проверить знания в игровой форме.

Ключевые слова: компьютерные моделирующие программы, загрязнения, окружающая среда, дистанционная форма обучения.

Введение. В настоящее время во всем мире широко используется дистанционная форма обучения. При дистанционной форме обучения, где практически отсутствует «живое» общение с преподавателем, возникают дополнительные нюансы изложения теоретического материала и особенного подхода к созданию практических заданий и лабораторных работ. В связи с этим на кафедре «Охрана труда» Харьковского национального университета радиоэлектроники ежегодно разрабатываются и внедряются в учебный процесс новые компьютерные моделирующие программы, которые дают возможность наглядно рассматривать влияние различных факторов на человека и окружающую среду, знакомят с методами и способами защиты от их негативного воздействия.

Цель работы. Целью создания компьютерных моделей лабораторных работ по дисциплинам «Экология», «Безопасность жизнедеятельности человека» является закрепление теоретических знаний при помощи различных визуальных компонентов и средств информационных технологий. Компьютерные модели адекватно отражают все физические процессы, исследуемые при выполнении лабораторных работ.

Исследование компьютерных моделей мониторинга деятельности предприятий. В современных условиях вопрос экологической безопасности и поиск средств защиты человека от негативных последствий, связанным с антропогенным воздействием на окружающую среду, является актуальным. На сегодняшний день человек в повседневной жизни и в процессе

© И. И. Хондак. 2015

трудовой деятельности подвергается воздействию множества факторов, негативно сказывающихся на его здоровье. Загрязнение окружающей среды происходит в результате активной хозяйственной деятельности. Поэтому очень важным является согласование личных и общественных интересов человека.

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из наиболее важных мировых проблем. На фоне такого беспокойства о состоянии нашей планеты, с новой силой встает вопрос обучения молодых специалистов, студентов основам использования природных ресурсов.

Чрезвычайно интересным является вопрос создания обучающего комплекса, который позволяет просимулировать функционирование окружающей среды под влиянием техногенных факторов.

Кроме того, учитывая реалии положения в стране и в мире, в такой комплекс стоит включить некую экономическую составляющую. Это вызвано тем, что, как правило, в решении подобных проблем, ответственные лица вынуждены принимать такие решения, которые должны не только вписываться в установленные законодательством нормы на выбросы вредных веществ, но и оптимизировать прибыль предприятия в зависимости от этих решений.

В частности в работе «Анализ влияния промышленных объектов на окружающую среду» «EcoCity 3000» предлагается реализация подобного решения, а именно экономически-экологической пошаговой стратегии, которая позволяет студентам с достаточным набором базовых знаний по дисциплине «Экология» в непринужденной форме проверить их на конкретных примерах. В ходе игрового процесса студенту предлагается построить свой комплекс, в который входят разного рода предприятия, начиная от электростанций и заканчивая заводом по переработке урана (рис. 1).



Рис. 1 – Пример размещения различного рода предприятий

Стоит заметить, что постройка предприятий является не спонтанным решением студента, он должен предварительно подумать и рассчитать, какие типы предприятий строить вначале, а какие уже основываясь на полученных доходах от заводов построенных ранее. Кроме того, для успешного завершения игры, и

получения максимальной оценки, он должен рассчитать количество вредных веществ, выбрасываемых каждым конкретным предприятием (рис. 2), и выбрать оптимальную стратегию постройки.

Но и не стоит забывать о главной цели – минимизации выбросов. Сначала нужно определить оптимальные здания для постройки на основе расчета ПДВ и мощности выброса.

Поэтому студент не только должен дойти до конца, построив всю цепочку объектов, но, и обязан получить достойный результат – достаточно чистой окружающей среду.

Данный подход должен помочь развить не только память студента, которая, как правило, проверяется чаще всего при использовании традиционных подходов к обучению, но и выработать понимание как экологических процессов вообще, так и в частности, на примере конкретного построенного комплекса.

Рис. 2 - Расчет мощности выброса предприятия по пяти ингредиентам

При реализации данной разработки были использованы новейшие технологии, которые позволяют эффективно использовать все доступные ресурсы персонального компьютера. Также в игре присутствует современная компьютерная графика, так как для современных пользователей просто необходимо преподнести не только интересный сюжет, но и красивый программный интерфейс. Использовалась технология DirectX от компании Microsoft, для обработки графики, что позволяет снизить нагрузку на центральный процессор.

Целью проекта «Экологический мониторинг деятельности предприятия» является разработка программного обеспечения, которое позволит современным предприятиям на базе полученной информации о состоянии окружающей среды, производственных показателях, экономической прибыли и затрат сформировать технологические циклы для создания экологически безопасных, безотходных, экономически выгодных производств. Также данная разработка может использоваться в учебном процессе при изучении дисциплин как естественного направления, так и экономического.

Программа разработана в виде игры на примере украинского предприятия по добыче и транзиту нефти и газа. Использован фактический материал о экологических, производственных и экономических проблемах предприятия: предупреждение аварий на трубопроводах; ликвидация последствий нефтяных загряз-

нений; рекультивация земель; охрана воздуха; рациональное использование водных ресурсов; использование производственных отходов; экологический мониторинг; экологическое страхование (рис. 3).

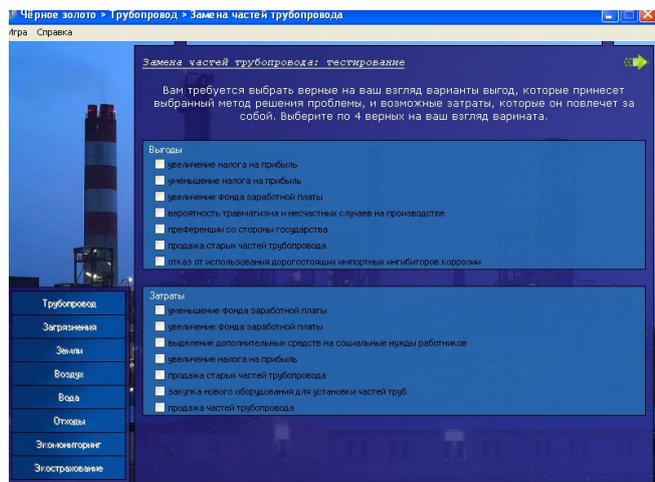


Рис. 3 – Экологические, производственные и экономические проблемы на предприятии

Пользователь получает предприятие в свое управление сроком на 10 игровых лет. Требуется досконально и всесторонне изучить деятельность предприятия и выбрать оптимальные методы из всех предложенных программой, тщательно подсчитать выгоды и затраты в экономическом плане (рис. 4).

Наиболее удачный проект набирает наибольшее количество баллов. Как программный продукт данная разработка имеет следующие преимущества: интуитивно понятный графический интерфейс, тщательно разработана справочная информация, минимальные системные требования, наличие начальных навыков работы с программным обеспечением.

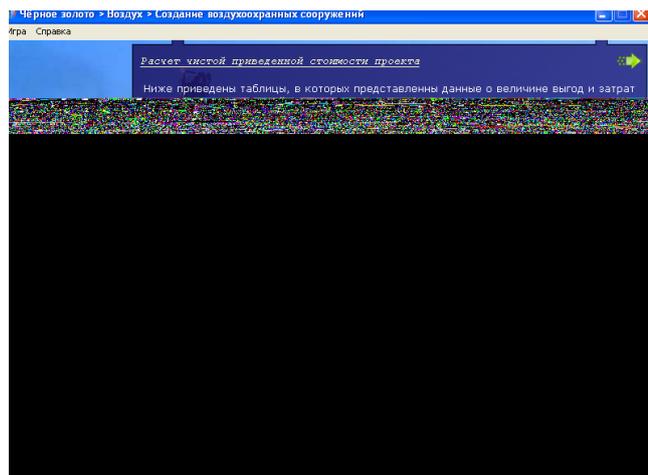


Рис. 4 - Расчет выгод и затрат при выборе различных методов решения проблем

Создание менеджера предприятий позволяет настраивать процесс игры для симуляции различных предприятий. То есть возможность создания симулятора экологических проблем на предприятии для дальнейшего поиска наиболее удачного решения данных проблем.

Данная разработка работает под операционной системой Microsoft Windows. Поскольку использование Microsoft Windows может быть достаточно накладным в финансовом и техническом плане, было использовано библиотеку классов Qt. Это позволило обеспечить независимость от используемой платформы - Microsoft Windows, Linux, MacOS.

Qt - кросс-платформенный инструментальный разработчик ПО на языке программирования C++. Кроме того, есть «привязки» ко многим другим языкам программирования: Python - PyQt, Ruby - QtRuby, Java - Qt Jambi, PHP - PHP-Qt и др.

Qt имеет следующие преимущества: позволяет запускать написанное с его помощью ПО в большинстве современных операционных систем путём простой компиляции программы для каждой ОС без изменения исходного кода; включает все основные классы, которые могут потребоваться при разработке прикладного программного обеспечения, начиная с элементов графического интерфейса и заканчивая классами для работы с сетью, базами данных и XML. Qt является полностью объектно-ориентированным, легко расширяемым и поддерживающим технику компонентного программирования.

Все данные, необходимые для работы программы, хранятся в реляционной базе данных. Программа использует трехуровневую архитектуру организации программного обеспечения. Был реализован паттерн проектирования "Data Access Object", который позволил разработать универсальный механизм работы с данными и сохранением данных.

Выводы

1. В основе замысла было создание учебных программ по дисциплине «Экология» и «Безопасность жизнедеятельности» для студентов высших учебных заведений. Но было расширено рамки сугубо двух дисциплин, и эти программы могут быть использованы как учебные и студентами, которые изучают экологию и менеджмент предприятия.

2. Кроме того, по результатам экспертной оценки, программы носят прикладной, универсальный характер и могут быть важной помощью в деятельности предприятий, занимающихся экологически опасным производством.

3. Представленные компьютерные модели лабораторных работ могут получить широкое применение в различных ВУЗах и использоваться в учебном процессе всех форм обучения, включая заочную и дистанционную. Их можно загрузить по сети, ознакомиться со справочной информацией и использовать самостоятельно, не обладая специальными техническими навыками.

Список литературы: 1. Реймерс, Н. Ф. Природопользование [Текст] / Н. Ф. Реймерс //Словарь-справочник. - М., 1990. – 640 с. 2. Блявский, Г. та інші. Основи екологічних знань [Текст] / Г. Блявський, та інші. - К.:«Либідь», 2000. - 334 с. 3. Экология. Юридический энциклопедический словарь [Текст] / Под ред. С. А. Боголюбова. - М., 2001. - 448 с. 4.«Экология города» [Текст] / Под ред. д. т. н., проф. Стольберга Ф.В. Киев: «Либра», 2000. – 464с. 5. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? Под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. 6. Thelin, Johan. Foundations of Qt Development [Text] / Johan Thelin. – Berkeley: Apress, 2007. – 535 p. 7. Александреску, А. Современное

проектирование на C++ [Текст] / А. Александреску. – СПб.: Вильямс, 2002. – 336 с. **8.** Христофорова, Н. К. Основы экологии [Текст] / Н. К. Христофорова. - Владивосток: Даль-наука, 1999. – 494 с. **9.** Clarke, G. L. Elements of Ecology [Text] / G. L. Clarke // New York:Hafner, 2004. - 560 p. **10.** Кучерявий, В. П. Загальна екологія [Текст] / В. П. Кучерявий. - Львів: Світ, 2010. – 520 с.

Bibliography (transliterated): 1. Rejmers, N. F. (1990). Pririodopolzovanie. Slovar-spravochnik. Moscow, 640. 2. Bilyavskij, G. ta insh. (2000). Osnovi ekolopchnix znan. Kiev:«Libid», 334. 3. Ekologiya. (2001). Yuridicheskij enciklopedicheskij slovar. Pod red. S. A. Bogolyu-

bova. Moscow, 448. 4. «Ekologiya goroda». (2000). Pod red. d. t. n., prof. Stolberga F.V. Kiev: «Libra», 464. 5. Ekologicheskie problemy: chto proisxodit, kto vinovat i chto delat? (1997). Pod red. prof. V. I. Danilova-Danilyana. Moscow, Izd-vo MNEPU. 6. Thelin, Johan. (2007). Foundations of Qt Development. Berkeley: Apress, 535. 7. Aleksandresku, A. (2002). Sovremennoe proektirovanie na S++. SPb.: Vilyams, 336. 8. Xristoforova, N. K. (1999). Osnovy ekologii. Vladivostok: Dalnauka, 494. 9. Clarke, G. L. (2004). Elements of Ecology. New York:Hafner, 560. 10. Kucheryavij, V. P. (2010). Zagalna ekologiya. Lviv: Svit, 520.

Поступила (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Хондак Інна Івановна – старший преподаватель, Национальный университет радиоэлектроники, кафедра «Охрана труда»; тел.: (057) 702-13-60, 0997784435; e--mail: op@kture.kharkov.ua.

Хондак Інна Іванівна – старший викладач, Національний університет радіоелектроніки, кафедра «Охорона праці»; тел.: 099-778-44-35, e-mail: op@kture.kharkov.ua.

Hondak Inna – teacher, National university of radio electronics, department «Labour Protection»; tel.: 099-778-44-35, e-mail: op@kture.kharkov.ua

УДК 621.3:622:519.24

Б. Б. КОБЫЛЯНСКИЙ, А. Г. МНУХИН

ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ ТРАВМАТИЗМА В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УКРАИНЫ

Показано, что подходить к угольной шахте, как к эргатическому объекту типа «человек-машина-среда», становится возможным наметить оптимальные пути снижения промышленного травматизма. В работе на основании анализа статистическими методами условий безопасной работы и причин производственного травматизма крупного угледобывающего предприятия, выполнен прогноз этих факторов в зависимости от времени, объема добычи и иных определяющих промышленный процесс явлений. Предлагаемые расчеты позволяют определить пути снижения аварийности и тем самым сократить расходы на ее ликвидацию.

Ключевые слова: анализ травматизма, угольная промышленность, статистика, подземный травматизм, эргатический объект, прогнозирование травматизма.

Введение. Планирование работы, как всей угольной промышленности, так и непосредственно ее отдельных предприятий, в частности, угольных шахт и, в первую очередь, опасных по газу или пыли, требует обращения самого пристального внимания, как на сам негативный процесс подземного травматизма, так и на причины непосредственно его определяющие.

Цель работы. Итак, подходить к угольной шахте, как к эргатическому объекту типа «человек-машина-среда» [1, 2], становится возможным методами параметрической и непараметрической статистики, и, в частности, корреляционного и регрессионного анализа [3-10], вывести и проанализировать ряд зависимостей, позволяющих, впоследствии на их основе, выполнить всестороннюю проверку и оценку процесса промышленного травматизма на объекте и наметить оптимальные пути его снижения.

Методика определения факторов влияющих на травматизм. Расчеты выполнялись на основании данных по травматизму за 1999-2009 годы, представленные одной из крупнейших угольных шахт Донецкого региона.

В качестве анализируемых факторов в расчетах принимались: добыча угля (тонн /сутки); численность трудящихся (чел.); производственный травматизм (несчастный случай).

Среди травмирующих факторов рассматривались: обрушение пород кровли, вываливание угля; машины (механизмы, приспособления, инструменты);

транспортные средства; перемещаемые грузы и другие предметы; падения людей; электричество.

По месту травмирования данные разделялись, как полученные: в очистных забоях; в проходческих забоях; на протяжении горных выработок; в подземных выработках; на поверхности шахты; всего на шахте.

Кроме того, данные разделялись по профессиям: горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ); машинист горно-выемочной машины (МГВМ); проходчик; крепильщик; электрослесарь; машинист электровоза; мастер-взрывник; инженерно-технический работник; другие специальности.

Обсуждение полученных результатов при определении факторов влияющих на травматизм. Полученные уравнения и критерии их статистической оценки приведены в табл. 1, анализируя которую можно отметить, что большинство зависимостей различных факторов от времени имеют линейный или квадратичный характер, но с различными тенденциями, как к возрастанию, так и к снижению от времени. Все представленные зависимости имеют, как правило, достаточно высокие значения коэффициентов парной или множественной корреляции и детерминации, а также соответственно узкие значения доверительных интервалов, определенных при 95 % уровне значимости.

© Б. Б. Кобылянский, А. Г. Мнухин, 2015

Таблица 1 – Регрессионная зависимость и критерии их оценки

№ п/п	Зависимость	Уравнение $y=a_1x_1+a_2x_2+b$	Коэф. корреля- ции, r	X_1 min	X_1 max	X_2 min	X_2 max	Доверительный интервал для:			Прогноз	Доверитель- ный интер- вал для про- гноза, Δ
								a_1	a_2	b		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Производ- ственного травматиз- ма от объ- ема добы- чи	$y = -0,024x_1 + 0,034x_2 - 66,29$	0,825	1972	6750	5071	7832	-0,037; -0,01	0,004 0,014	-143,14 10,56	46,0	7; 85
2	Численно- сти рабо- чих от времени	$y = 288,33x - 571606,31$	0,967	1999	2009	-	-	230,89; 345,76	-	-686707,49 -456505,13	7937	7227; 86,47
3	Объема добычи от времени	$y = 411x - 819023,67$	0,930	1999	2009	-	-	288,254;	-	-1065025,65 -573021,7	7086,38	5568,34 8604,32
4	Травма- тизма от числен- ности ра- бочих	$y = -0,2914x + 944,555$ $y = 0,299\left(\frac{x}{100}\right)^2 - 29,136\left(\frac{x}{100}\right) + 944,555$	0,180	5071	7832	-	-	-0,012; 0,02	-	-686707,49 -456505,13	7937	7227; 8647
5	Травма- тизма, свя- занного с обрушени- ем пород и обвалов угля от времени	$y = -1,355(x - 1998) + 2721,236$ $y = 0,383(x - 1998)^2 - 5,956(x - 1998) + 24,824$	0,71	1999	2009	-	-	-2,367; -0,342	-	629,04; 4750,44	0	0,11
6	Числа травм ма- шинами и механиз- мами от времени	$y = -0,536(x - 1998) + 5,036$ $y = 0,122(x - 1998)^2 - 2,005(x - 1998) + 8,218$	0,72	1999	2009	-	-	-0,93; -0,142	-	2,366; 7,707	0	0; 3
7	Числа травм гру- зами и предмета- ми от вре- мени	$y = -0,791(x - 1998) + 7,745$	0,78	1999	2009	-	-	-1,263; -0,318	-	4,541; 10,95	0	0; 4
8	Числа травм при падении людей от времени	$y = 0,223(x - 1998)^2 - 2,862(x - 1998) + 10,206$	0,21	1999	2009	-	-	-5,076; -0,649	0,043; 0,402	4,427; 15,985	8	0; 15
9	Числа травм в очистных забоях от времени	$y = 0,839(x - 1998)^2 - 9,852(x - 1998) + 34,509$	0,08	1999	2009	-	-	-15,215; -4,489	0,403; 1,274	20,507; 48,511	37	22; 52
10	Числа травм в проходке от времени	$y = -0,373(x - 1998) + 8,6$	0,33	1999	2009	-	-	-	-	-	4	0; 14
11	Числа травм на протяже- нии выра- ботки от времени	$y = 0,622(x - 1998)^2 - 7,014(x - 1998) + 26,091$	0,18	1999	2009	-	-	-13,163; -0,853	0,123; 1,121	10,037; 42,144	31	16; 47
12	Числа травм в подзем- ных выра- ботках от времени	$y = -2,536(x - 1998) + 59,036$	0,49	1999	2009	-	-	-	-	-	39	0; 114

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	Числа травм на поверхности от времени	$y = -0,273(x - 1998) + 6,364$ $y = 0,291(x - 1998)^2 - 3,769(x - 1998) + 17,939$	0,28	1999	2009	-	-	-	-	-	3	0; 96
				1999	2009	-	-	-5,419; -2,119	0,157; 0,425	9,631; 18,248	93	+67; 119
14	Общего числа травм от времени	$y = 2,076(x - 1998)^2 - 24,627(x - 1998) + 89,461$	0,04	1999	2009	-	-	-34,483; -14,771	1,276; 2,876	63,728; 115,193	93	67; 119
15	Числа травм ГРОЗ от времени	$y = 0,721(x - 1998)^2 - 8,466(x - 1998) + 29,067$	0,09	1999	2009	-	-	-11,794; -5,139	0,451; 0,992	20,379; 37,754	33	0; 76
16	Числа травм МГВМ от времени	$y = 0,184(x - 1998)^2 - 2,264(x - 1998) + 8,388$	0,08	1999	2009	-	-	-4,038; -0,49	0,04; 0,328	3,756; 13,02	33	0; 76
17	Числа травм проходчиков от времени	$y = -0,7(x - 1998) + 9,473$ $y = 0,146(x - 1998)^2 - 2,448(x - 1998) + 13,261$	0,65	1999	2009	-	-	-1,32; -0,08	-	5,27; 13,675	1	0; 9
				1999	2009	-	-	-5,016; 0,12	0,063; 0,354	6,556; 19,965	5	0; 12
18	Числа травм электрослесарей от времени	$y = 0,198(x - 1998)^2 - 2,45(x - 1998) + 9,406$	0,11	1999	2009	-	-	-3,704; -1,196	0,096; 0,3	6,131; 12,68	9	5; 12
19	Числа травм машинистов от времени	$y = -0,127(x - 1998) + 1,218$	0,61	1999	2009	-	-	-0,251; -0,004	-	0,381; 2,055	0	0; 1
20	Числа травм ИТР от времени	$y = 0,214(x - 1998)^2 - 2,828(x - 1998) + 9,739$	0,24	1999	2009	-	-	-5,817; 0,161	-0,028; 0,457	1,936; 17,543	7	0, 15
21	Числа травм других специальностей от времени	$y = 0,864(x - 1998) + 5$ $y = 0,547(x - 1998)^2 - 5,696(x - 1998) + 19,212$	0,62	1999	2009	-	-	-0,721; 2,448	-	-5,745; 15,745	15	0; 34
				1999	2009	-	-	-10,888; 0,504	0,125; 0,968	5,656; 32,768	30	15; 44

Графическая интерпретация первых полученных уравнений представлена на рис. 1 а, б, из которого следует, что, как численность рабочих, так и объем добычи угля имеют устойчивую тенденцию к увеличению, причем динамика объема добычи товарной продукции – 159,6 % явно превышает аналогичную тенденцию роста численности персонала – 42,7 %, что может объясняться только увеличением интенсивности работы – 540 % и налаживанием процесса производства на конкретном рассматриваемом предприятии (рис. 1, в).

Кривые общего травматизма, как в зависимости от времени, так и от численности персонала, имеют уже нелинейный параболический характер и могут быть описаны, как уже упоминалось, методами непараметрической статистики. Причем, можно отметить, что нижние точки параболы находятся в середине, как отрезка временной оси абсцисс (2004г.), так и непосредственно среди значений численности трудящихся (6420 чел.). Зависимости же, описывающие травматизм в угольной промышленности Донецкого региона, связанный с обрушением и обвалами, транспортными средствами, а также иными грузами и предметами (рис. 1 г, ж, з) имеют тенденцию к снижению в 2006-2008 гг. вплоть до нуля.

Из представленных далее зависимостей обращают на себя внимание зависимости 1 л и 1 у, которые могут быть интерпретированы как линейные, которые

характеризуют травмирование горнорабочих при проходке и машинистов шахтного транспорта. Характеризуя травматизм, связанный с динамикой (перемещением) рабочего места горнорабочего вдоль шахтных выработок, можно сделать вывод, что именно это явление наилучшим образом поддается коррекции в сторону уменьшения, снижаясь соответственно в рассматриваемом периоде на 42,7 % и вплоть до нуля. Так как ни увеличение общей численности горнорабочих, ни увеличение добычи угля не приводят к росту травматизма этого вида, то можно сделать вывод, что предпринимаемые в этом направлении усилия являются адекватными производственному процессу и вряд ли будут нуждаться в существенной коррекции в ближайшем будущем.

Травмирование же рабочих других специальностей, независимо от места их основной работы, описывается посредством уравнения второго порядка (параболы) с нижней точкой, примерно на уровне 2004 года (рис. 1, и, к, м, н, о, п, р, с, т, ф, х), начиная с которого возникает рост всех видов травм у рабочих и инженерно-технического персонала, как в подземных условиях (рис. 1, н), так и непосредственно на поверхности (рис. 1, о), что отнюдь не определяется изменением горно-геологических условий действующего предприятия, а вытекает из организации трудового процесса на конкретном предприятии.

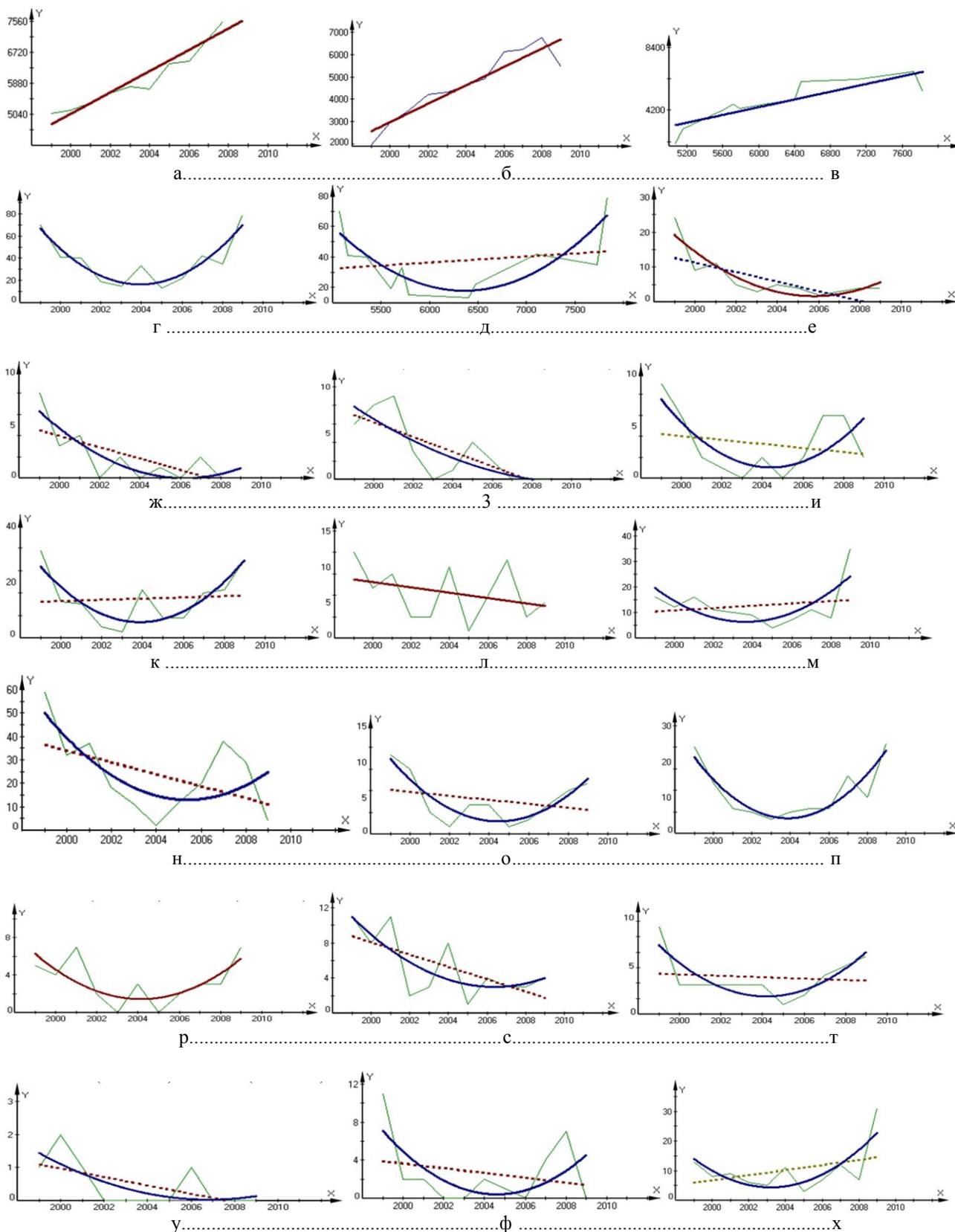


Рис. 1 – Графики зависимости: а - численность рабочих (у) от времени (х); б - добыча (у) от времени (х); в - добыча (у) от численности трудящихся (х); г - травматизм (у) от времени (х); д - травматизм (у) от численности трудящихся (х); е - травматизм из-за обрушения пород кровли и обвалов угля (у) от времени (х); ж - травмы транспортными средствами (у) от времени (х); з - травмы грузами и предметами (у) от времени (х); и - травмы при падении людей (у) от времени (х); к - травмы в очистных забоях (у) от времени (х); л - травмы в проходке (у) от времени(х); м - травмы на протяжении выработки (у) от времени (х); н - травмы в подземных выработках (у) от времени (х); о - травмы на поверхности (у) от времени (х); п - травмы ГРОЗ (у) от времени (х); р - травмы МГВМ (у) от времени (х); с - травмы проходчиков (у) от времени (х); т - травмы электрослесарей (у) от времени (х); у - травмы машинистов (у) от времени (х); ф - травмы ИТР (у) от времени (х); х - травмы других специальностей (у) от времени(х)

Выводы. Обобщая изложенное, можно сделать вывод о том, что, как подготовка персонала, так и техническое оснащение шахты (его состояние, режим обслуживания и т.д.) наиболее полно соответствовали задачам, решаемым данным предприятием в 2004-2005 годах. В этом случае добыча до 5000 тыс. тонн в сутки являлась видимо оптимальной. Дальнейшее же увеличение производственных мощностей требует подготовки, как персонала, в части обучения его безопасным методам работы, так введением новой техники с повышенным уровнем безопасности. В этом случае уровень травматизма останется, как минимум, соответствующим уровню 2004 года с реальными возможностями его дальнейшего снижения в последующие годы.

Список литературы: 1. Хенли, Э. Д. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Э. Д. Хенли. - М.: Машиностроение, 1984. - 528 с. 2. Открытие, диплом № 26-S. Закономерная аналитическая связь между вероятностью возникновения аварий на промышленных объектах и их эргатичностью: Открытие, диплом № 26-S Брюханов А. М., Мнухин А. Г., Радченко В. В., Хохлов Л. Г. - № А -361, Заявл. 21.07.04; Зарегистр. 12.12.05. 3. Химмельблау, Д. Анализ процессов статистическими методами [Текст] / Д. Химмельблау. - М.: Мир, 1973. - 959 с. 4. Сремеев, В. С. Теория ймовірностей та математична статистика [Текст] / В. С. Сремеев, Д. О. Сосновских, О. В. Тітова. - Мелітополь:ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2009. - 188 с. 5. Кендалл, М. Теория распределений [Текст] / М. Кендалл, А.Стюарт. - М.: Наука, 1966. - 588 с. 6. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для студентов вузов, обучающихся по экономическим спе-

циальностям [Текст] / Н. Ш. Кремер. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. - 551 с. 7. Мостеллер, Ф. Анализ данных и регрессия: в 2-х вып. Вып.1 / Пер. с англ. Ю. Н. Благовещенского; Под ред. Ю. П. Адлера [Текст] / Ф. Мостеллер, Дж. Тьюки. - М.: Финансы и статистика, 1982 - 317 с. 8. Орлова, И. В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в Excel [Текст] / И. В. Орлова. - М., ЗАО «Финстатинформ», 2000. - 135 с. 9. Тумасян, А. А. Статистика промышленности: учебное пособие [Текст] / А. А. Тумасян, Л. И. Василевская. - Минск: Новое знание. - Москва: Инфра-М, 2012. - 429 с. 10. Холлендер, М. Непараметрические методы статистики [Текст] / М. Холлендер, Д. Вульф. - М.: Мир, 1983. - 518 с.

Bibliography (transliterated): 1. Xenli, E. D. (1984). Nadezhnost texnicheskix sistem i ocenka riska. Moscow: Mashinostroenie, 528. 2. Otkrytie, diplom № 26-S. Zakonomernaya analiticheskaya svyaz mezhdru veroyatnostyu vozniknoveniya avarij na promyshlennyx obektax i ix ergatichnostyu: Otkrytie, diplom № 26-S Bryuxanov A. M., Mnuxin A. G., Radchenko V. V., Xoxlov L. G. № A -361, Zayavl. 21.07.04; Zaregistr. 12.12.05. 3. Ximmelblau, D. (1973). Analiz processov statisticheskimi metodami. D. Ximmelblau. Moscow: Mir, 959. 4. Eremeev, V. S., Sosnovskix, D. O., Titova, O. V. (2009). Teoriya jmovirnostej ta matematichna statistika. Melitopol:TOV «Vidavnichij budinok MMD», 188. 5. Kendall, M., Styuart, A. (1966). Teoriya raspredelenij. Moscow: Nauka, 588. 6. Kremer, N. S. (2007). Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushixsya po ekonomicheskim special-nostyam. Moscow: YuNITI-DANA, 551. 7. Mosteller, F., Tyuki, D. (1982). Analiz dannyx i regressiya: v 2-x vyp. Vyp.1 / Per. s angl. Yu. N. Blagoveshenskogo; Pod red. Yu. P. Adlera. Moscow: Finansy i statistika, 317. 8. Orlova, I. V. (2000). Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli. Vypolnenie raschetov v Excel. Moscow, ZAO «Finstatinform», 135. 9. Tumasyan, A. A., Vasilevskaya, L. I. (2012). Statistika promyshlennosti: uchebnoe posobie. Minsk: Novoe znanie. Moscow: Infra-M, 429. 10. Xollender, M., Vulf, D. (1983). Neparametricheskie metody statistiki. Moscow: Mir, 518.

Поступила (received) 06.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кобылянский Борис Борисович – Кандидат технических наук, Учебно-научный профессионально-педагогический институт Украинской инженерно-педагогической академии, доцент кафедры охраны труда и экологической безопасности; тел.: 050-025-29-06; e-mail: b.kobiliansky@yandex.ua.

Кобыляньський Борис Борисович – Кандидат технічних наук, Навчально-науковий професійно-педагогічний інститут Української інженерно-педагогічної академії, доцент кафедри охорони праці та екологічної безпеки; тел.: 050-025-29-06; e-mail: b.kobiliansky@yandex.ua.

Kobilyansky Boris – PhD tehnycheskyh Sciences, Teaching and Research Professional Pedagogical Institute Ukrainian engi-neering and Pedagogical Academy, assistant professor of occupational and environmental safety; tel.: 050-025-29-06; e-mail: b.kobiliansky@yandex.ua.

Мнухин Анатолий Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий научно-исследовательской лабораторией; Запорожская государственная инженерная академия; тел.: 050-501-68-27; e-mail: anatoly.mnukhin@gmail.com.

Мнухін Анатолій Григорієвич – доктор технічних наук, професор завідуючий науково-дослідної лабораторії, Запорізька державна інженерна академія; тел.: 050-501-68-27; e-mail: anatoly.mnukhin@gmail.com.

Mnukhin Anatoly – Dr. Eng., Head of the research laboratory of the Zaporozhye State Engineering Academy; tel.: 050-501-68-27; e-mail: anatoly.mnukhin@gmail.com.

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИЙ ДИЗАЙН

УДК 519.859+514.1

Л. Г. ЕВСЕЕВА

ПОСТРОЕНИЕ АКСИОМ ЕВКЛИДОВОЙ ГЕОМЕТРИИ В ТРЕХМЕРНОМ ИНТЕРВАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Проведены исследования выполнимости аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве на основе введенных понятий, операций в интервальных пространствах, свойствах интервальных отображений. Результаты исследования могут быть использованы как средства математического моделирования геометрических объектов и их взаимодействий с учетом погрешностей исходных данных.

Ключевые слова: интервальная геометрия, аксиомы евклидовой геометрии, интервальная псевдопрямая, интервальная псевдопрямая, интервальное движение.

Введение. Теория геометрического проектирования [1] охватывает широкий круг фундаментальных и прикладных задач, связанных с математическим моделированием процесса размещения реальных объектов и созданием эффективных методов оптимизации этого процесса. При решении задач данного класса, как правило, используются идеализированные математические модели материальных объектов и их взаимодействий, когда погрешности задания исходных данных не учитываются. А так как речь идет об оптимизационных задачах, возникает проблема устойчивости, точности и достоверности получаемых результатов.

В силу сложности математических моделей задач геометрического проектирования, в дальнейшем, возникла необходимость привлечения к ее решению активно развивающегося с начала 60-х годов перспективного направления вычислительной математики интервального анализа [2 – 9], основная идея которого чрезвычайно проста: вещественное число представляется не одним, а двумя числами – оценкой снизу и оценкой сверху, образующими интервальное число. Таким образом, интервальный анализ дает возможность автоматически учитывать погрешности при задании исходных данных и погрешности, вызываемые округлениями.

Первой монографией по интервальному анализу считается вышедшая в 1966 году книга Мура [2]. На данный момент построены и используются интервальные арифметики, а именно: арифметика Мура [2], арифметика Каухера [3], «разширенная интервальная арифметика» Маркова [4], интервальная арифметика Кахана, допускающая действия с бесконечными интервалами и получившая дальнейшее развитие в работе [5], сегментная арифметика Сендова [6], арифметика Ортольфа [7], модифицированная интервальная арифметика [8], интервальная арифметика на случай комплексных чисел [9]. С современными исследованиями в области интервального анализа можно ознакомиться, например, в работах [10, 11].

Что касается задач геометрического проектирования, то для учета погрешностей исходных данных (погрешностей метрических характеристик и параметров размещения) методы интервального анализа, к сожалению, не могут быть применены непосредственно в силу сложности соответствующих математических моделей.

Для осуществления единого подхода к разрешению проблемы учета погрешностей при решении указанного класса задач в 1992 году на основе двух параллельно развивающихся научных направлений – геометрического проектирования и интервального анализа Стояном Ю.Г. предложено новое приложение интервального анализа в геометрическом проектировании: интервальная геометрия [12 – 14], которое получило широкое применение при моделировании и решении широкого класса прикладных задач.

Для построения математических моделей материальных объектов и их взаимодействий в классе задач геометрического проектирования используются методы евклидовой геометрии.

Цель работы. Целью работы является проверка выполнимости аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве как дальнейшее развитие теории интервальной геометрии в геометрическом проектировании и использование положений и методов евклидовой геометрии для разработки конструктивных средств математического моделирования и эффективных методов решения оптимизационных задач размещения в интервальных пространствах.

Обсуждение результатов. Рассмотрим интервальное пространство

$$\mathbf{I}_s^3\mathbf{R} = \mathbf{I}_s\mathbf{R} \times \mathbf{I}_s\mathbf{R} \times \mathbf{I}_s\mathbf{R},$$

где $\mathbf{I}_s\mathbf{R}$ – расширенное пространство централизованных интервалов,

$$U = (\langle X \rangle, \langle Y \rangle, \langle Z \rangle) \in \mathbf{I}_s^3\mathbf{R},$$

$$\langle X \rangle = \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}, \quad \langle Y \rangle = \langle y, v_y \rangle \in \mathbf{I}_s\mathbf{R},$$

$$\langle Z \rangle = \langle z, v_z \rangle \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}.$$

В пространстве $\mathbf{I}_s^3\mathbf{R}$ определена метрика [12] и арифметические операции.

В работах [15, 16] введены такие понятия интервальной геометрии как интервальная квазилинейная поверхность, интервальная псевдоплоскость, а также интервальная ломаная, интервальная псевдопрямая, интервальная прямая

Аксиомы связи

Пусть имеется произвольная тройка точек

$$U_i = (\langle X_i \rangle, \langle Y_i \rangle, \langle Z_i \rangle) \in \mathbf{I}_s^3\mathbf{R}, \quad i \in J_3 = \{1, 2, 3\}, \quad (1)$$

$$\langle X_i \rangle = \langle x_i, v_{x_i} \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \quad \langle Y_i \rangle = \langle y_i, v_{y_i} \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R},$$

$$\langle Z_i \rangle = \langle z_i, v_{z_i} \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \quad i \in J_3, \quad (2)$$

таких, что $U_1 \neq U_2$ согласно определению равных точек пространства $\mathbf{I}_s \mathbf{R}$ [12] и, кроме того, интервальные координаты (2) этих точек удовлетворяют неравенствам

$$\begin{aligned} |x_1 - x_2| &> h_1 \cdot \max \left\{ |v_{x_1}|, |v_{x_2}| \right\}, \\ |y_1 - y_2| &> h_2 \cdot \max \left\{ |v_{y_1}|, |v_{y_2}| \right\}, \\ |z_1 - z_2| &> h_3 \cdot \max \left\{ |v_{z_1}|, |v_{z_2}| \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $1 < h_1, h_2, h_3 \leq 6$.

Тогда через точки U_1, U_2, U_3 проходят интервальные псевдоплоскости $\tilde{\Pi}_1, \tilde{\Pi}_2$ и $\tilde{\Pi}_3$, которые определяются своими интервальными уравнениями [15, 16] соответственно

$$\begin{aligned} \langle A \rangle * \langle X \rangle + \varphi(b \cdot \langle Y \rangle) + \varphi(c \cdot \langle Z \rangle) + \langle D \rangle &= \mathbf{0}, \\ \varphi(a \cdot \langle X \rangle) + \langle B \rangle * \langle Y \rangle + \varphi(c \cdot \langle Z \rangle) + \langle D \rangle &= \mathbf{0}, \\ \varphi(a \cdot \langle X \rangle) + \varphi(b \cdot \langle Y \rangle) + \langle C \rangle * \langle Z \rangle + \langle D \rangle &= \mathbf{0}, \end{aligned} \quad (4)$$

где

$$\varphi(\lambda \cdot \langle X \rangle) = \begin{cases} \lambda \cdot \langle X \rangle, & \text{если } \lambda \geq 0 \\ \lambda \cdot \overline{\langle X \rangle}, & \text{если } \lambda < 0, \end{cases} \quad (5)$$

$\lambda \in R^1, \langle X \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \mathbf{0} = \langle 0, 0 \rangle, \langle A \rangle = \langle a, v_a \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R},$
 $\langle B \rangle = \langle b, v_b \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \quad \langle C \rangle = \langle c, v_c \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}$
 $\langle D_i \rangle = \langle d_i, v_{d_i} \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, i = 1, 2, 3, \quad a, b, c, d \in R,$
 $\overline{\langle X \rangle} = \langle x, v_x \rangle = \langle x, -v_x \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}$ – сопряжение [12] элемента $\langle X \rangle = \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}$, символом (*) обозначена операция интервального умножения в расширенном пространстве централизованных интервалов $\mathbf{I}_s \mathbf{R}$ [12].

Пусть компоненты $v_{x_1}, v_{x_2}, v_{x_3}, v_{y_1}, v_{y_2}, v_{y_3}$ координат точек $U_1, U_2, U_3 \in \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}$, удовлетворяющих неравенствам (3), таковы, что выполняются равенства

$$v_{x_1} = v_{x_2}, v_{y_1} = v_{y_2}, v_{z_1} = v_{z_2}. \quad (6)$$

Тогда через эти точки проходит интервальная гиперплоскость [15] $\Pi \subset \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}$, которая определяется интервальным уравнением

$$\varphi(a \cdot \langle X \rangle) + \varphi(b \cdot \langle Y \rangle) + \varphi(c \cdot \langle Z \rangle) + \langle D \rangle = \mathbf{0}. \quad (7)$$

Здесь $a, b, c \in R, U = (\langle X \rangle, \langle Y \rangle, \langle Z \rangle) \in \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}, \langle D \rangle = \langle d, v_d \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \varphi(\lambda \cdot \langle U \rangle)$ определяется выражением (5).

На основании разбиения пространства $\mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}$ [15]:

$$\mathbf{I}_s^3 \mathbf{R} = \bigcup_{k=1}^N \Omega_k, \quad \Omega_k = \mathbf{J}_1 \times \mathbf{J}_2 \times \mathbf{J}_3,$$

где $N = 4^3, \mathbf{J}_i = \left\{ \mathbf{I}_{s_1}, \mathbf{I}_{s_2}, \mathbf{I}_{s_3}^+, \mathbf{I}_{s_3}^- \right\}, i \in J_n,$

$$\begin{aligned} \mathbf{I}_{s_1} &= \text{int } \mathbf{I}_{s_1} = \left\{ \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R} \mid x - |v_x| > 0 \right\}, \\ \mathbf{I}_{s_2} &= \text{int } \mathbf{I}_{s_2} = \left\{ \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R} \mid x + |v_x| < 0 \right\}, \\ \mathbf{I}_{s_3} &= cl \mathbf{I}_{s_3} = \left\{ \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R} \mid (x - |v_x| \leq 0) \wedge (x + |v_x| \geq 0) \right\}, \\ \mathbf{I}_{s_3}^+ &= \left\{ \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_{s_3} \mid v_x \geq 0 \right\}, \\ \mathbf{I}_{s_3}^- &= \left\{ \langle x, v_x \rangle \in \mathbf{I}_{s_3} \mid v_x < 0 \right\}, \\ \mathbf{I}_{s_3} &= \mathbf{I}_{s_3}^+ \cup \mathbf{I}_{s_3}^-, \mathbf{I}_s \mathbf{R} = \mathbf{I}_{s_1} \cup \mathbf{I}_{s_2} \cup \mathbf{I}_{s_3}, \end{aligned}$$

можно сделать вывод, что на каждом из интервальных множеств $\Omega_k \subset \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}, \forall k \in J_N,$ функция

$F(U) = \langle A \rangle * \langle X \rangle + \langle B \rangle * \langle Y \rangle + \langle C \rangle * \langle Z \rangle,$ участвующая в уравнении интервальной квазиповерхности [17], линейна, поэтому интервальную гиперповерхность, заданную уравнением (7), назовем линейной гиперповерхностью, а каждое из множеств Ω_k областью линейности.

Исходя из определения операции интервального умножения [12] $\langle A \rangle * \langle X \rangle$ элемента $\langle X \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}$ на интервальное число $\langle A \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}$, заключаем, что вид уравнения (7) зависит от выбора множества Ω_k и от того, какие значения принимают интервальные коэффициенты $\langle A_i \rangle \in \mathbf{I}_s \mathbf{R}, \forall i \in J_3.$

Аксиомы порядка в трехмерном интервальной пространстве сформулированы в работе [18]. Однако, нужно исследовать множество точек выполнимости евклидовых аксиом в интервальном пространстве. Так, аксиома 1 выполняется не для любой пары точек пространства $\mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}$, а только для некоторого их подмножества $\Gamma \subset \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}$ и такого, что его точки удовлетворяют требованию (3).

Возьмем три точки $\langle U_i \rangle \in \Gamma \subset \mathbf{I}_s^3 \mathbf{R}, i \in J_3 = \{1, 2, 3\}.$ Тогда, через эти точки проходит не более чем три интервальные псевдоплоскости, которые определяются равенствами вида (4).

Этот факт можно показать и несколько иначе, воспользовавшись следующим конструктивным доказательством.

Для этого рассмотрим образ интервальной прямой \mathbf{L} в пространстве R^6 в результате отображения \mathbf{H} [13], которая задает некоторое линейное многообразие в пространстве $R^6.$

Из соотношения (7) следует, что образ интервальной гиперплоскости в пространстве R^6 определяется системой уравнений

$$\begin{cases} a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + d = 0 \\ a \cdot v_x + b \cdot v_y + c \cdot v_z + v_d = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Напомним, что интервальное отображение

$$\mathbf{H}(U_i) = (x_i, v_{x_i}, y_i, v_{y_i}, z_i, v_{z_i}) \in R^6, i \in J_3.$$

Очевидно, что первое уравнение в системе (8) определяет некоторую плоскость в подпространстве

$R_{yz}^3 \subset R^6$, а второе уравнение в этой же системе определяет некоторую плоскость в подпространстве $R_{v_x, v_y, v_z}^3 \subset R^6$.

Кроме того, ясно, что $R^6 = R_{xyz}^3 \times R_{v_x, v_y, v_z}^3$. Эти обстоятельства, а также условие построения интервальной гиперплоскости через три данные точки [15] позволяют определить однозначно коэффициенты a, b и c , воспользовавшись известными в аналитической геометрии уравнением плоскости, проходящей через три точки $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)$.

Теперь предположим, что через точки $(x_1, v_{x_1}, y_1, v_{y_1}, z_1, v_{z_1})$ и $(x_2, v_{x_2}, y_2, v_{y_2}, z_2, v_{z_2})$ проходит два линейных многообразия, уравнения которых можно представить как две системы уравнений

$$\begin{cases} a_1 \cdot x + b_1 \cdot y + c_1 \cdot z + d_1 = 0 \\ a_2 \cdot x + b_2 \cdot y + c_2 \cdot z + d_2 = 0, \\ a_1 \cdot v_x + b_1 \cdot v_y + c_1 \cdot v_z + v_{d_1} = 0 \\ a_2 \cdot v_x + b_2 \cdot v_y + c_2 \cdot v_z + v_{d_2} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

Так как каждая из этих систем по предположению имеет более одного решения, то уравнения, входящие в эти системы, зависимы, т.е. отличаются только множителем. А это значит, что линейные многообразия совпадают, т.е. через точки $\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$ проходит единственное линейное многообразие, определяемое системой уравнений (9).

Следовательно, через точки $\langle U_i \rangle \in \Gamma \subset I_s^3R, i \in J_3 = \{1, 2, 3\}$ проходит единственная интервальная гиперплоскость в трехмерном интервальном пространстве.

Аксиома 3. На каждой прямой лежат, по крайней мере, две точки. Существуют три точки, не лежащие на одной прямой.

Нетрудно непосредственной проверкой показать, что три точки $(\langle 0, 0 \rangle, \langle 0, 0 \rangle), (\langle 0, 1 \rangle, \langle 1, 0 \rangle), (\langle 1, 0 \rangle, \langle 0, 1 \rangle)$ не лежат ни на какой интервальной псевдопрямой.

Аналогичным образом можно построить точку, лежащую на интервальной прямой L , если коэффициенты a и b имеют другие знаки.

Нетрудно убедиться, что три точки $(\langle 0, 0 \rangle, \langle 0, 0 \rangle), (\langle 0, 1 \rangle, \langle 1, 0 \rangle), (\langle 1, 0 \rangle, \langle 0, 1 \rangle)$ не лежат ни на какой интервальной прямой L .

Пусть $\langle U_1 \rangle, \langle U_2 \rangle \in I_s^3R$, есть две точки на интервальной псевдопрямой L , заданной уравнением [16].

Определение 1. Часть интервальной псевдопрямой L , все точки которой лежат между точками $\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$, называется интервальным псевдоотрезком, а точки $\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$ называются концами интервального псевдоотрезка $\langle U_1 \rangle \langle U_2 \rangle$.

Определение 2. Если точки $\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$ являются точками интервальной прямой L , то часть интервальной прямой L , лежащая между точками $\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$, называется интервальным отрезком, а точки

$\langle U_1 \rangle$ и $\langle U_2 \rangle$ – концами интервального отрезка $\langle U_1 \rangle \langle U_2 \rangle$.

Поскольку интервальная гиперплоскость является частным случаем интервальной псевдоплоскости, то интервальная гиперплоскость также разбивает пространство I_s^3R на две части P_1 и P_2 , которые определяются соответствующими неравенствами.

Определение 3. Множества P_1 и P_2 называются интервальными псевдополуплоскостями пространства I_s^3R , и в случае интервальной прямой множества P_1 и P_2 называются интервальными полуплоскостями пространства I_s^3R .

Аксиомы связи

Таким образом, справедливы следующие выражения:

1. Какими бы ни были две точки $U_1 \in I_s^3R$ и $U_2 \in I_s^3R$, существует прямая $L \subset I_s^3R$, проходящая через точку U_1 и через точку U_2 .

Пусть имеется произвольная пара точек $U_1 = (\langle X_1 \rangle, \langle Y_1 \rangle, \langle Z_1 \rangle) \in I_s^3R$ и $U_2 = (\langle X_2 \rangle, \langle Y_2 \rangle, \langle Z_2 \rangle) \in I_s^3R$, $\langle X_i \rangle = \langle x_i, v_{x_i} \rangle \in I_sR$, $\langle Y_i \rangle = \langle y_i, v_{y_i} \rangle \in I_sR$, $\langle Z_i \rangle = \langle z_i, v_{z_i} \rangle \in I_sR$, $i = 1, 2$, и таких, что $\langle U_1 \rangle \neq \langle U_2 \rangle$ согласно определению равных точек пространства I_sR .

2. На каждой прямой $L \subset I_s^3R$ лежат, по крайней мере, две точки. Существуют три точки, не лежащие на одной прямой.

3. Какими бы ни были три точки $U_i \in I_s^3R, i \in J_3$, существует не более одной интервальной гиперплоскости, проходящей через эти точки.

Аксиомы порядка

Аксиома 1. Если $U_1 < U_2, U_i \in L \subset I_s^3R, i = 1, 2$, в одном направлении, то $U_2 < U_1$ в противоположном направлении.

Таким образом, на интервальной прямой задано направление, которое соответствует непрерывному изменению интервального параметра.

Если интервальная прямая [16], задана уравнениями

$$\begin{cases} \langle X \rangle = \langle X_0 \rangle + \langle A \rangle * \langle T \rangle \\ \langle Y \rangle = \langle Y_0 \rangle + \langle B \rangle * \langle T \rangle \\ \langle Z \rangle = \langle Z_0 \rangle + \langle C \rangle * \langle T \rangle, \end{cases} \quad (10)$$

где $\langle A \rangle, \langle B \rangle, \langle C \rangle \in I_sR$ – координаты интервального направленного множества [17], $\langle T \rangle \in I_sR$ – интервальный параметр прямой, на L есть два взаимно противоположных направления и в каждом из них любая пара точек $U_i = (\langle X_i \rangle, \langle Y_i \rangle, \langle Z_i \rangle) \in L, i = 1, 2$, находится в заданном отношении, которое выражается словом «предшествовать» и обозначается " $<_L$ ". При этом направление на L соответствует непрерывному изменению интервального параметра в соотношениях (10).

Аксиома 2. В одном из двух направлений, если $U_1 < U_2$, а $U_2 < U_3$, то $U_1 < U_3$.

Аксиома 3. В одном из двух направлений для каждой точки U_2 найдутся точки U_1 и U_3 такие, что $U_1 <_L U_2 <_L U_3$.

Аксиома 4. Интервальная гиперплоскость в пространстве $\mathbf{I}_s\mathbf{R}$, которая задается интервальным уравнением $\mathbf{F}(U) = \mathbf{0}$,

где $\mathbf{F}(U) = \varphi(a \cdot \langle X \rangle) + \varphi(b \cdot \langle Y \rangle) + \varphi(c \cdot \langle Z \rangle) + \langle D \rangle$, $\mathbf{0} = \langle 0, 0 \rangle$, разбивает все трехмерное интервальное пространство на два интервальных множества (полупространства), точки которых удовлетворяют соответственно интервальным неравенствам [12] $\mathbf{F}(U) < \mathbf{0}$ и $\mathbf{F}(U) > \mathbf{0}$, согласно отношению порядка в пространстве $\mathbf{I}_s\mathbf{R}$.

$$\begin{aligned} \langle A \rangle * \langle X \rangle + \langle b, 0 \rangle * \langle Y \rangle + \langle C \rangle * \langle Z \rangle + \langle D \rangle &> \mathbf{0}, \\ \langle A \rangle * \langle X \rangle + \langle b, 0 \rangle * \langle Y \rangle + \langle C \rangle * \langle Z \rangle + \langle D \rangle &< \mathbf{0} \end{aligned}$$

Если U_1 и U_2 – две точки одного интервального полупространства, то интервальный отрезок $[U_1, U_2]$ не пересекается с интервальной гиперплоскостью \mathbf{H} , если же точки U_1 и U_2 принадлежат разным полупространствам, то отрезок $[U_1, U_2]$ пересекается с интервальной гиперплоскостью \mathbf{H} .

Аксиома параллельности. Через заданную точку вне данной интервальной псевдоплоскости можно провести в пространстве не более одной псевдоплоскости, не пересекающей данную.

Данный факт легко пояснить методом «от противного».

В трехмерном интервальном пространстве при решении оптимизационной задачи размещения интервальных геометрических объектов используется поворот объектов на интервальные углы $(\langle \Theta_1 \rangle, \langle \Theta_2 \rangle, \langle \Theta_3 \rangle)$ с интервальными осями координат.

С этой целью определим вращение в $\mathbf{I}_s\mathbf{R}$ как действие, которое заключается в том, что каждой точке $U = (\langle X \rangle, \langle Y \rangle, \langle Z \rangle) \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}$ ставится в соответствие точка $U' = (\langle X' \rangle, \langle Y' \rangle, \langle Z' \rangle) \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}$ как результат интервального отображения вида

$$\begin{aligned} \langle X \rangle &= \langle L_1 \rangle * \langle X' \rangle + \langle L_2 \rangle * \langle Y' \rangle + \langle L_3 \rangle * \langle Z' \rangle, \\ \langle Y \rangle &= \langle M_1 \rangle * \langle X' \rangle + \langle M_2 \rangle * \langle Y' \rangle + \langle M_3 \rangle * \langle Z' \rangle, \\ \langle Z \rangle &= \langle N_1 \rangle * \langle X' \rangle + \langle N_2 \rangle * \langle Y' \rangle + \langle N_3 \rangle * \langle Z' \rangle, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle L_1 \rangle &= \cos \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle - \sin \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_2^k \rangle * \sin \langle \Theta_3^k \rangle, \\ \langle M_1 \rangle &= \sin \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle + \cos \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_2^k \rangle * \sin \langle \Theta_3^k \rangle, \\ \langle N_1 \rangle &= \cos \langle \Theta_2^k \rangle * \sin \langle \Theta_3^k \rangle, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \langle L_2 \rangle &= -\cos \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle - \sin \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_2^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle, \\ \langle M_2 \rangle &= -\sin \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle + \cos \langle \Theta_1^k \rangle * \cos \langle \Theta_2^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle, \\ \langle N_2 \rangle &= \sin \langle \Theta_2^k \rangle * \cos \langle \Theta_3^k \rangle, \quad \langle L_3 \rangle = \sin \langle \Theta_1^k \rangle * \sin \langle \Theta_2^k \rangle, \\ \langle M_3 \rangle &= -\cos \langle \Theta_1^k \rangle * \sin \langle \Theta_2^k \rangle, \quad \langle N_3 \rangle = \cos \langle \Theta_2^k \rangle, \end{aligned}$$

где $*$ – знак интервального умножения, $\langle X \rangle = \langle x, v_x \rangle = \langle x, -v_x \rangle \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}$ – элемент, сопряженный элементу $\langle X \rangle \in \mathbf{I}_s\mathbf{R}$.

Аксиомы движения евклидова пространства выполняются и в интервальной трехмерном пространстве.

Выводы. В ходе проведенных исследований на основе введенных понятий, операций в интервальных пространствах, свойствах интервальных отображений построена система аксиом трехмерного интервального пространства, проверена выполнимость аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве. Результаты исследования могут быть использованы как средства математического моделирования геометрических объектов с учетом погрешностей исходных данных, их взаимодействия в интервальных пространствах.

Список литературы: 1. Стоян, Ю. Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования [Текст] / Ю. Г. Стоян, С. В. Яковлев. — Киев: Наукова думка, 1986. — 268 с. 2. Moore, R. E. Interval analysis [Text] / R. E. Moore. — N. Y.: Prentice-Hall, 1966. — 400 p. 3. Kaucher, E. Interval Analysis in the Extended Interval Space IR [Text] / E. Kaucher // Fundamentals of Numerical Computation (Computer-Oriented Numerical Analysis). Computing Supplementum. — 1980. — Vol. 2. — P. 33–49. doi:10.1007/978-3-7091-8577-3_3. 4. Markov, S. M. Extended interval arithmetic involving infinite intervals [Text] / S. M. Markov // Mathematica Balkanika. — 1992. — № 6. — P. 269–304. 5. Laveuve, S. E. Definition einer Kahan-Arithmetik und ihre Implementierung [Text] / S. E. Laveuve // Interval Mathematics. — Berlin – Heidelberg, 1975. — P. 236–245. 6. Sendov, B. Segment derivatives and Taylor's formula [Text] / B. Sendov // C. R. Acad. Bulgare Sci. — 1977. — V. 30. — P. 1093–1096. 7. Ortoľ, H. J. Eine Verallgemeinerung der Intervallarithmetic [Text] / H. J. Ortoľ // Berichte der GMD Bonn. — 1969. — №11. 8. Каминская, Э. Л. Модифицированная арифметика и теория погрешностей [Текст] / Э. Л. Каминская, Т. Э. Каминский // Вычислительная математика и математическая физика. — М., 1982. — С. 96–105. 9. Алефельд, Г. Введение в интервальные вычисления [Текст] / Г. Алефельд, Ю. Херцбергер — М.: Мир, 1987. — 356 с. 10. Калмыков, С. А. Методы интервального анализа [Текст] / С. А. Калмыков, Ю. И. Шокин, З. Х. Юлдашев. — Новосибирск: Наука, 1986. — 224 с. 11. Shary, S. P. Solving the tolerance problem for interval linear equations [Text] / S. P. Shary // Interval Computations. — 1994. — №2. — P. 6–26. 12. Стоян, Ю. Г. Метрическое пространство централизованных интервалов [Текст] / Ю. Г. Стоян // Докл. НАН Украины. Сер. А. — 1996. — № 7. — С. 23–25. 13. Стоян, Ю. Г. Введения в интервальную геометрію [Текст] / Ю. Г. Стоян // навчальний посібник для студентів спеціальності 7.080202 – Прикладна математика / Ю. Г. Стоян – Харків: ХНУРЕ, 2006. — 98 с. 14. Стоян, Ю. Г. Интервальные отображения [Текст] / Ю. Г. Стоян // Доп. НАН України. — 1996. — №10. — С. 57–63. 15. Евсеева, Л. Г. Интервальная m -плоскость [Текст] / Л. Г. Евсеева, Т. Е. Романова, С. Б. Шеховцов // Системы обработки информации. — Х.: ХВУ. — 2004. — Вип. 12(40). — С. 180–190. 16. Гребенник, И. В. Интервальная прямая в пространстве $\mathbf{I}_s\mathbf{R}$ [Текст] / И. В. Гребенник, Л. Г. Евсеева, Т. Е. Романова // Радиоэлектроника и информатика. — 2004. — № 2. — С. 57–63. 17. Романова, Т. Е. Интервальные направленные множества в многомерных интервальных пространствах [Текст] / Т. Е. Романова, С. Б. Шеховцов, Л. Г. Евсеева // Искусственный интеллект. — 2005. — № 4. — С. 169–176. 18. Евсеева, Л. Г. Аксиомы порядка в трехмерном интервальном пространстве [Текст] / Л. Г. Евсеева // матер. міжнар. наук. конф. ім. М. Кравчука, (Київ, 2006 р.). — 2006. — С. 402. 19. Евсеева, Л. Г. Развитие теории интервальной геометрии [Текст] / Л. Г. Евсеева, Ю. Ю. Глушко // Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції ["Моделирование, идентификация, синтез систем управления"]. (Україна, АР Крым, 2012 г.) – Донецк: Ин-тут прикл. матем. и механ. НАН Украины. — 2012.

- Bibliography (transliterated):** 1. Stoyan, Yu. G. Yakovlev, S. V. (1986). Matematicheskie modeli i optimizatsionnye metody geometricheskogo proektirovaniya. Kiev: Naukova dumka, 268. 2. Moore, R. E. (1966). Interval analysis. N. Y.: Prentice-Hall, 400. 3. Kaucher, E. (1980). Interval Analysis in the Extended Interval Space IR. Fundamentals of Numerical Computation (Computer-Oriented Numerical Analysis). *Computing Supplementum*, 2, 33–49. doi:10.1007/978-3-7091-8577-3_3. 4. Markov, S. M. (1992). Extended interval arithmetic involving infinite intervals. *Mathematica Balkanica*, 6, 269–304. 5. Laveuve, S. E. (1975). Definition einer Kahan-Arithmetik und ihre Implementierung. *Interval Mathematics. Berlin – Heidelberg*, 236-245. 6. Sendov, B. (1977). Segment derivatives and Taylor's formula. *C. R. Acad. Bulgare Sci*, 30, 1093-1096. 7. Ortoľ, H. J. (1969). Eine Verallgemeinerung der Intervallarithmetik. *Berichte der GMD Bonn*, 11. 8. Kaminskaya, E. L., Kaminskij, T. E. (1982). Modificirovannaya arifmetika i teoriya pogreshnostej. *Vychislitel'naya matematika i matematicheskaya fizika. Moscow*, 96-105. 9. Alefeld, G., Xerberger, Yu. (1987). Vvedenie v intervalnye vychisleniya. Moscow: Mir, 356. 10. Kalmykov, S. A., Shokin, Yu. I., Yuldashev. Z. X. (1986). Metody intervalnogo analiza. Novosibirsk: Nauka, 224. 11. Shary, S. P. (1994). Solving the tolerance problem for interval linear equations. *Interval Computations*, 2, 6-26. 12. Stoyan, Yu. G. (1996). Metricheskoe prostranstvo centrirovannykh intervalov. *Dokl. NAN Ukrainy. Ser. A*, 7, 23–25. 13. Stoyan, Yu. G. (2006). Vvedennyya v intervalnu geometriyu. Navchalnij posibnik dlya studentiv specialnosti 7.080202. *Prikladna matematika*. Kharkov: KhNURE, 98. 14. Stoyan, Yu. G. (1996). Intervalnye otobrazheniya. *Dop. NAN Ukrainy*, 10, 57-63. 15. Evseeva, L. G., Romanova, T. E., Shexovcov, S. B. (2004). Intervalnaya –ploskost. *Sistemi obrobki informacii*. Kharkov: XVU, 12(40), 180–190. 16. Grebennik, I. V., Evseeva, L. G., Romanova, T. E. (2004). Intervalnaya pryamaya v prostranstve. *Radioelektronika i informatika*, 2, 57–63. 17. Romanova, T. E., Shexovcov, S. B., Evseeva, L. G. (2005). Intervalnye napravlennye mnozhestva v mnogomernykh intervalnykh prostranstvax. *Iskusstvennyj intellekt*, 4, 169–176. 18. Evseeva L. G. (2006). Aksiomy poryadka v trexmernom intervalnom prostranstve. Mater. mizhnar. nauk. konf. im. Moscow, Kravchuka, (Kiev), 402. 19. Evseeva, L. G., Glushko, Yu. Yu. (2012). Razvitie teorii intervalnoj geometrii. Materiali XV Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii ["Modelirovanie, identifikaciya, sintez sistem upravleniya"]. (Ukraina, AR Krym, 2012 g.) Doneck: In-tut prikl. matem. i mexan. NAN Ukrainy.

Поступила (received) 28.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Евсеева Людмила Григорьевна – кандидат фізико-математических наук, доцент, Полтавское высшее межрегиональное профессиональное училище; тел.: 095-54-36-256; e-mail: lg.yevseeva@gmail.com.

Евсеева Людмила Григорьевна – кандидат фізико-математических наук, доцент, Полтавське вище міжрегіональне професійне училище; тел.: 095-54-36-256; e-mail: lg.yevseeva@gmail.com.

Yevseeva Lyudmyla – candidate of physical and mathematical sciences, Poltavskoe mezhrehyonalnoe Higher Professional School; tel. : 095-54-36-256; e-mail: lg.yevseeva@gmail.com.

РЕФЕРАТИ

УДК 669.01:621.762:621.89:669.71:669.3

Вплив твердих включень та технологічної обробки на фізико-механічні властивості матеріалів на основі пористої бронзи/ Аскеров А. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.3–6. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Виконані дослідження впливу твердих включень – порошоків нержавіючої сталі, стеліту, фероборхрому та ультрадисперсного вуглецевого конденсату і додаткової технологічної обробки на механічні властивості матеріалів на основі олов'янистої бронзи БрО10. Показано, що наявність твердих включень у поєднанні і технологічною обробкою суттєво підвищує властивості пористої бронзи. Встановлено, що найбільш високі значення міцності досягаються при вмісті включень 30 %.

Ключові слова: тверді включення, олов'яниста бронза, композиційний матеріал, механічні властивості, технологічний цикл.

УДК 544.6:678

Гнучкі електропровідні плівки для фотоелектричних і фотоелектрохімічних пристроїв/ Барсуков В. З., Сенік І. В., Савченко Б. М., Шпак Ю. В., Драган Д. Р. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.6-9. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Розроблено методи формування гнучких електропровідних шарів з різними вуглецевими наповнювачами та частинками металів. Полімерну основу готували шляхом розведення порошку ПВХ в пластифікаторі. Результати вимірювань опору композиційних плівок показали, що він сильно залежить від природи вуглецевих наповнювачів, а також від їх концентрації. Також дослідженнями встановлено, що модифікація вуглецевої тканини за допомогою деяких наночастинок металів може збільшити її провідність. Така модифікація може бути забезпечена шляхом послідовного просочування звичайної вуглецевої тканини розчинами, що містять деякі частинки нано-металів.

Ключові слова: електропровідні шари, гнучкі струмоприймачі, вуглецева тканина з нано-частинками металів.

УДК 66:661.49:004.942

Отримання нанорозмірних частинок срібла у водному розчині під дією контактної нерівноважної низкотемпературної плазми /Сергєєва О. В., Півоваров О. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.10-13. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

У даній роботі досліджувався вплив процесу плазмохімічної обробки водних розчинів, що містять іони срібла, на отримання нанорозмірних частинок срібла, їх розміри і характер їх змін в заданому часовому проміжку. Дано рекомендації к підвищенню стійкості частинок шляхом введення стабілізуючих добавок Отримані результати планується використовувати для створення уточненої математичної моделі процесу плазмохімічної обробки рідких середовищ.

Ключові слова: нерівноважна плазма, розряд, рідкий катод, наночастинок срібла, водяний розчин

УДК 004.4'242

Система візуального проектування та генерації програмних кодів/ Бузовський О. В., Алещенко О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.14–17. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проаналізовано можливості графічної нотації схем алгоритмів. Представлена система візуального проектування і генерації програмного коду на основі блок-схем і UML. Описано принципи роботи системи, визначені шляхи і сфери розвитку. Наведені приклади та результати роботи розроблюваної системи. Пропонована система може бути використана як в цілях навчання, так і в професійній програмній інженерії. **Ключові слова:** UML, діаграма діяльності, блок-схема, ДСА, трансляція, генерація програмних кодів, проектування, програмна інженерія, Java, Pascal.

УДК 004.773.5

Спосіб моделювання передачі потокового відео в однорангових мережах/ Габінет А. В. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 22 (1131). – P.17–20. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

Запропоновано спосіб моделювання передачі потокового відео в однорангових мережах. Запропоновано використовувати топологію мережі на підставі аналізу кількості користувачів, які користуються послугами доставки потокового відео в залежності від країн. Описана схема розташування віртуальних машин на одному сервері за допомогою віртуалізації, а також взаємодія між ними. Враховуються характеристики мережі для емуляції затримок, втрат пакетів і джиттера.

Ключові слова: однорангова мережа, потокове відео, моделювання мережі, глобальна мережа, затримка, втрата пакетів, джиттер.

УДК 004.652.6

Інформаційна технологія забезпечення компетентності випускників вищого навчального закладу з урахуванням вимог роботодавця / Загородня Т. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.21–24. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Запропоновано метод формування компетентності студентів старших курсів з урахуванням вимог роботодавця. Показано, що при плануванні компонентів навчального процесу слід детально аналізувати перспективні компетенції для роботодавця, а не лише поточні затребувані компетенції. Описано інформаційну технологію, що дозволяє формувати компетентності, враховуючи вимоги роботодавців, що відрізняє її від існуючих.

Ключові слова: інформаційна технологія, управління навчальним процесом, компетентності, вимоги роботодавця, якість підготовки.

УДК 656.212:656.225

Удосконалення ресурсозберігаючих технологій на основі інформаційно-керуючих систем операторів рухомого складу/ Кулешов В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.25–28. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Виділено основні питання складання плану-графіка виробництва вагонобудівних підприємств або підготовки вагонів операторів рухомого складу до навантаження на короткий період по кожній із запланованих на випуск номенклатурної позиції по родам вагонів рухомого складу. Запропоновано модель визначення потрібного парку вагонів, що побудована як двухетапна модель стохастического програмування на мережі залізниць України, яка враховує, на відміну від існуючої, дефіцит парку вагонів або їх надлишок при спаді вантажопотоків.

Ключові слова: інформаційно-керуюча система, парк вантажних вагонів, оператор рухомого складу.

УДК 519.687

Моделювання динамічного розподілення навантаження в інформаційній системі на базі хмарних обчислень/ Мацуєва К. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.28–31. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Розвиток комп'ютерних технологій призводить до все більшого використання технологій хмарних обчислень в тому числі в математичних і експериментальних дослідженнях. Актуальним завданням є дослідження ефективних методів керування продуктивністю і оптимізації використання програмних і апаратних складових ресурсів. В рамках дослідження побудовано модель інформаційної системи для наукових досліджень на базі хмарних досліджень, проаналізовано характеристики і приведено алгоритм для ефективного надання послуг в обчислювальних системах на базі хмарних обчислень.

Ключові слова: розподілення навантаження, хмарні обчислення, моделювання, розподілені системи, керування ресурсами, динамічна консолідація, інформаційна система.

УДК 664.126.1

Постановка задачі автоматичного управління сокоочисним відділенням цукрового виробництва/ Жученко А. І., Міщенко К. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.31–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459.

В даній роботі проаналізовано техніко-економічні показники, які можуть бути використані як критерії оптимального керування сокоочисного відділення цукрового виробництва. Обрано та обґрунтовано критерій, який в більшій мірі характеризує роботу відділення та сформульовані обмеження як на якісні показники продукту, так і на керувані дії. Визначена задача оптимального керування сокоочисним відділенням цукрового заводу.

Ключові слова: цукрове виробництво, сокоочисне відділення, критерій оптимального керування, обмеження, задача керування.

УДК 681.7

Дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер/ Нечай С. О., Хильченко Т. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.35–38. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведені дослідження ефективності систем стабілізації зображення різних типів при дії вібрації з різними параметрами. Порівняно роботу оптичної та внутрішньокамерної стабілізації, визначено кращу з них. Експериментальні дослідження об'єктивно відтворили умови роботи систем стабілізації подібно до умов зйомки з рук фотоапаратом, при різних частотах і амплітудах коливань вздовж різних осей. Дотримувались однакові умови експерименту для різних зразків камер.

Ключові слова: стабілізація зображення, оптична стабілізація, внутрішньокамерна стабілізація, фотокамера, система стабілізації матриці, тестування фототехніки.

УДК 004.652.5

Часткове подолання CAP-теореми в розподіленому документ-орієнтованому сховищі даних / Бузовський О. В., Подрубайло О. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.38–42. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Існуючі розподілені сховища даних в оперативній пам'яті типу «ключ-значення» поєднують в собі оптимістичність підходу BASE-систем та песимістичні алгоритми оновлення індексів, розраховані на роботу у глобальній мережі. Дана стаття пропонує використання синхронних індексів для підвищення консистентності та доступності даних без шкоди для здатності системи до горизонтального масштабування.

Ключові слова: CAP-теорема, сховище даних, консистентність, індекс, доступність, розподіленість, ключ-значення, оперативна пам'ять, теорема Брюера, NoSQL.

УДК 656.13

Проблеми та шляхи удосконалення пасажирського обслуговування сучасних міст/ Рогальський Р. Б. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.42–46. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проаналізовано проблеми, які виникають, під час організації пасажирського обслуговування на території сучасних великих та значних міст. Основну увагу зосереджено на містобудівних, функціонально-планувальних та транспортних чинниках, які впливають на закономірності у формуванні пішохідних та пасажирських потоків. Наведено шляхи покращання показників роботи маршрутної мережі громадського транспорту.

Ключові слова: транспортний район, рухомість населення, пасажирський потік, транспортні дослідження.

УДК 004.353.001.14:656.132.4.025.2

Впровадження систем відеоспостереження для обліку пасажирів на міських маршрутах/ Бойко Ю. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.46–49. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проаналізовано та досліджено весь перелік сучасних засобів підрахунку пасажирів, їх основні недоліки, переваги та похибки при підрахунку. Вибрано і запропоновано для впровадження найбільш оптимальну автоматизовану систему відеоспостереження для обліку пасажирів на базі IP-камер при здійсненні міських перевезень на маршрутах міста Кременчука. Отримано практичну доцільність і високу точність підрахунку майже 95 % для впровадження на автотранспортному підприємстві.

Ключові слова: пасажиропотік, пасажирообіг, клікери, валідатор, інфрачервоне випромінювання, IP-камери, впровадження.

УДК 681-2-5

Використання методу шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах/ Полярус О. В., Коваль О. А., Коваль А. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.49–54. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Методи шумів та online діагностики пропонується використовувати для оцінки метрологічних характеристик датчиків при бездемонтажному контролі на техногенно небезпечних об'єктах. Експрес-аналіз цих характеристик з урахуванням їх змінювання з часом ґрунтується на єдиній для всіх об'єктів базі знань опорних динамічних характеристик по кожному типу датчика, яка періодично поповнюється.

Ключові слова: метод шумів, online діагностика, модель датчика, експертна база знань, метрологічне забезпечення.

УДК 658.562

Розробка автоматизованої системи і програмного забезпечення ЕОМ для управління системою контролю якості виробів/ Федюшин О. І., Баленко О. І. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.54–59. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Розглянуто спосіб підвищення якості числового вимірального контролю радіодеталей за рахунок розробки його структурної організації. Запропоновано структурну схему автоматизованої системи диференційованого контролю якості радіодеталей, а також розглянуто принцип роботи створеного програмного забезпечення її обчислювальної підсистеми. Описана і обґрунтована загальна схема аналізу даних при проведенні такого контролю за допомогою програмних засобів.

Ключові слова: ризики, замовник, виробник, контроль партії, система контролю, програмне забезпечення.

УДК 656.96; 656.073

Алгоритм формування маршрутів доставки вантажів в умовах стохастичних параметрів попиту/ Наумов В. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.59–62. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Представлений у загальному вигляді алгоритм формування маршрутів доставки вантажів автомобільним транспортом. Алгоритм розглядається для технологічного процесу обслуговування клієнтури транспортних і експедиторських підприємств, який характеризується стохастичним попитом на послуги з перевезення вантажів. Описана програмна реалізація основних процедур представленої алгоритму. Запропонований підхід дозволяє формувати маршрути доставки в оперативному режимі на підставі бази заважок, що динамічно змінюється.

Ключові слова: маршрут доставки вантажів, алгоритм, стохастичний попит, програмна реалізація.

УДК 656.212:681.3

Дослідження пропускнуої спроможності залізничного напрямку в умовах прискореного руху пасажирських поїздів/ Логвінова Н. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.63–68. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Розглядається аналітичний розрахунок пропускнуої спроможності одноколісного залізничного напрямку з двохколісними вставками в умовах прискореного руху пасажирських поїздів. Для розрахунку пропускнуої спроможності прийняті уточнені коефіцієнти зйому вантажних поїздів на залізничних напрямках, обладнаних автоблокуванням при різних довжинах блок-ділянок та швидкості руху вантажних та прискорених пасажирських поїздів. Результати досліджень можуть бути використані при організації руху на залізничних напрямках за погодженими розкладами.

Ключові слова: залізничний напрямок, пропускнуа спроможність, коефіцієнт зйому, вантажні та пасажирські поїзда.

УДК 621.341

Теоретичне дослідження для визначення параметрів Е-секторіального рупора/ Сілі І. І. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.68–71. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

У роботі проведено теоретичне обґрунтування параметрів ширококугової антени для пригнічення життєдіяльності коларадського жука і його личинки. Застосування радіоімпульсного електромагнітного випромінювання для боротьби з коларадським жуком передбачає використання секторіальних рупорних випромінювачів з розширенням в площині вектора \vec{E} . Е-секторіальний рупор найбільш підходить для вирішення поставленої в роботі задачі, тому що забезпечує більш широкую діаграму спрямованості в площині паралельній поверхні землі, а вектор \vec{E} в розкриві, що випромінюється, буде перпендикулярний поверхні землі.

Ключові слова: ширококутова радіоімпульсна антена; діаграма спрямованості антени; коларадський жук; Е-секторіальний рупор

УДК 631.371

Визначення параметрів електродинамічної системи со стрибкоподібним розширенням хвильоводу в Н-площині/ Ма-зур В. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.72–74. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Наведено аналіз коливальної системи із стрибкоподібним розширенням хвильоводу в площині - Н та визначено її параметри для шостидіодного генератора з паралельним включенням діодів в загальній електродинамічній системі. Прямокутні хвильоводи із стрибкоподібним розширенням в площині Н – є найбільш простими відкритими резонаторами. Такі електродинамічні системи можуть знайти практичне застосування в якості суматорів потужностей активних елементів в сантиметровому і міліметровому діапазоні довжин хвиль.

Ключові слова: хвилепровідний резонатор; багатодіодний генератор; загальна електродинамічна система; стрибкоподібне розширення хвильоводу в Н- площині.

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Моделювання течії в двохрядних лопаткових вінцях/ Терещенко Ю. М., Дорошенко К. В., Аболхассанзаде Д. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С.75–77. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

В роботі представлено результати чисельного моделювання течії в двохрядних лопаткових вінцях осьового компресора, точність розрахунку параметрів розрахунку оцінено за допомогою верифікації даних чисельного і відомого фізичного експерименту. Результати розрахунку показали, що використання моделі турбулентності SST Менгера, дрібної адаптивної нерегулярної розрахункової сітки дає погрішність 5-7%.

Ключові слова: моделювання, двохрядна решітка, течія, кут атаки, примежовий шар, компресор, в'язкість, стисливість, зрив.

УДК 644.8:658.562.5

Енергоефективна ІЧ-сушарка для рослинної сировини/ Кіптела Л. В., Загорулько О. Є., Загорулько А. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 10 (1112). – С.78–82. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Існуюче технологічне обладнання для переробки рослинної сировини має високу продуктивність, але водночас тривалий період теплової обробки, значну енерго- і металоемність. Створення сучасного харчового обладнання дозволить виробляти продукцію високої якості з великим вмістом біологічно активних речовин. Для реалізації завимог була розроблена ІЧ-сушарка з оптимальною формою робочої камери.

Ключові слова: ІЧ-технологія, проектування, моделювання, безінерційність, динаміка, інтенсифікація, енергозбереження, рослинна сировина, струшування.

УДК 678.05:004.2

Дослідження процесу теплопередачі із застосуванням чисельного методу Ейлера в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей/ Казак І. О. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.82–85. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В статті розглядається застосування чисельного методу Ейлера для отримання рішень диференційної моделі процесу нестационарної теплопередачі, дослідження стійкості та збіжності отриманих рішень на прикладі алгоритмізації і програмування у Фортрані в середовищі MSDev. Процес теплопередачі часто зустрічається в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей, тому його дослідження при різних умовах із застосуванням методу Ейлера є дуже актуальним.

Ключові слова: диференційна модель, метод Ейлера, чисельний, диференційні рівняння, програма, нестационарна, процес, теплопередача, машинобудівельні спеціальності, функція.

УДК 641.521:641.53.92.004.15

Визначення параметрів процесу ІЧ-смаження харчової сировини тваринного походження в умовах відкритого робочого простору/ Коренець Ю. М., Никифоров Р. П. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.82–90. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Робота містить опис активного експерименту, проведеного для визначення оптимальних параметрів процесу ІЧ-смаження харчової сировини в умовах відкритого робочого простору. На підставі даних, отриманих в ході експерименту, сформульовано висновки, які мають практичну користь для проведення подальших наукових досліджень у даному напрямку та розробки рекомендацій для реального виробництва.

Ключові слова: ІЧ-обробка, ІЧ-смаження, гриль, грилювання, харчова сировина, відкритий робочий простір, параметр процесу, активний експеримент.

УДК 62.52

Електронний блок керування двигуном внутрішнього згоряння *SECU-3* / Шабельников О. О. // Вісник НТУ «ХП».

Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.90–95. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

У статті проведено дослідження та розроблено електронний блок керування двигуном внутрішнього згоряння *SECU-3*, вбудоване програмне забезпечення (ПЗ) до нього і ПЗ для його налаштування та діагностики, що виконується на персональному комп'ютері. Описано принцип розрахунку тривалості упорскування, алгоритм корекції складу паливоповітряної суміші за надлишком повітря, структурна і принципова електрична схеми блоку.

Ключові слова: упорскування, запалювання, детонація, датчик, актюатор, мікроконтролер, управління, двигун, автомобіль, *SECU-3*.

УДК 621.634:629.735.035.3'7 (045)

Моделювання нестационарних характеристик ступеня осьового вентилятора/ Богданов М. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.95–99. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В статті представлено результати чисельного і параметричного досліджень ступеня осьового вентилятора, що надали змогу визначити межі його експлуатаційних режимів та провести оцінку зміни енергетичних параметрів. Розрахунки проводились при номінальному і зривному режимах та показали імпульсний характер зміни значень повного тиску P^* і осьової швидкості $C_{сер}$, що є свідченням пульсуючого виходу потоку із спрямляючого апарату ступеня.

Ключові слова: осьовий вентилятор, нестационарні характеристики, відривні течії, нерівномірність потоку, імпульсна зміна, пульсуючий потік.

УДК 669.295

Розробка технології комплексного легування рідкісних тугоплавких металів в процесі відновлення/ Янко Т. Б., Овчинников О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.99–103. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведений аналіз виробництва та визначені основні проблеми легування сплавів на основі титану та цирконію. Проведено дослідження з розробки технології комплексного легування рідкісних тугоплавких металів титану та цирконію. Встановлені оптимальні способи введення легувальних елементів в процес отримання губчастих легуваних титану та цирконію на стадії відновлення. Розроблено конструкції апаратів відновлення тетрахлориду цирконію та суміші тетрахлоридів титану та ванадію.

Ключові слова: цирконій, легувальні елементи, титан, алюміній, ванадій, відновлення, сплав, технологія, реакційна маса, апарат

УДК 622.691.4

Визначення технічного стану ємностей комбінованого типу в процесі їх експлуатації/ Івасів В. М., Джус А. П., Івасів О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.103–108. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Запропоновано використовувати для неруйнівного контролю металевих лейнерів конструкцій комбінованого типу спеціальну автоматизовану систему, створену на базі високочастотного індуктивного давача як сенсора втрат металу в кожній точці контролю. Встановлено можливість використання опробованої методики для визначення розривного внутрішнього тиску металевого лейнера за результатами оцінки фактичного стану його поверхні.

Ключові слова: ємності комбінованого типу, композитний матеріал, міцність та руйнування ємностей, корозійне пошкодження металевого лейнера.

УДК 621.757

Управління якістю розборки багатокомпонентних з'єднань при використанні термовпливу/ Павлова Г. О., Романов С. В., Лагода А. М. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.108–111. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Розроблена математична модель нестационарного теплового процесу, яка є системою диференціальних рівнянь другого порядку змінної структури залежно від температури елементів багатокомпонентних з'єднань. Модель може бути використана як для управління нагрівом в процесі виплавки наповнювачів, так і для управління нагрівом при тепловому розбиранні з'єднань з натягом. Застосування даної моделі дозволить значною мірою мінімізувати витрати енергії при розформуванні мно-гокомпонентних з'єднань.

Ключові слова: розбирання з'єднань, індукційний нагрів, нестационарний тепловий процес, математична модель.

УДК 614.8-053.2/5

Дитячий травматизм – актуальна проблема сучасного суспільства/ Москалюк І. В., Сакун М. М. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С.112-115. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведено статистичний аналіз дитячого травматизму, проаналізовано причини смертельних випадків. Був виконаний порівняльний аналіз показників дорожньо-транспортних подій за участю дітей за останні роки. Травми являються головною причиною летальних випадків у дітей віком від 3 років. У статті наведено пропозиції щодо профілактики зниження дитячого травматизму.

Ключові слова: дитячий травматизм, нещасні випадки, гігієна праці, статистика, профілактика, травма, летальність.

УДК 543.27; 533.2

Методика розрахунків і газоаналітичного контролю викидів даховими котельнями/ Корнієнко Д. Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.115–121. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Проаналізовано особливості впливу роботи індивідуальних дахових котельних на прибудинкову територію. Розглянуті технологічні особливості роботи дахових котелень і методики визначення маси викидів компонентів димового газу. Визначені рівні концентрацій і склад димового газу, при різних експлуатаційних режимах котельні. Представлена розроблена розрахункова модель зони розповсюдження димового газу. Обґрунтовано вибір переносних засобів інструментального контролю: газоаналізаторів, піломірів для моніторингу викидів дахових котелень.

Ключові слова: теплопостачання, котельня, дах, джерело, викид, маса, довкілля, розсіювання, розрахунок, модель, газоаналізатор, піломір.

УДК 006.91

Комплексний контроль санітарно-гігієнічного стану робочої зони/ Поперека К. Д., Костенко В. Л. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.121–124. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В роботі проведені дослідження з комплексного контролю санітарно-гігієнічного стану робочої зони. Особливу увагу приділено створенню пристрою контролю, що дозволяє в автоматичному режимі досліджувати нормовані параметри, а також прискорити процес вимірювання. Для цього проведено дослідження обраних комплектуючих компонентів пристрою, датчиків і їх вимірювальних ланцюгів з метою оптимізації контролю. Наведено результати комплексного контролю санітарно-гігієнічного стану робочої зони.

Ключові слова: комплексний, дослідження, пристрій, засоби вимірювання, датчики, нормовані параметри.

УДК 504.3.054

Комп'ютерні моделі лабораторних робіт для дистанційної форми навчання/ Хондак І. І. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.124–127. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Комп'ютерні моделюючі програми - це візуальний інструмент у вивченні впливу різних видів забруднень на стан здоров'я людини і навколишнього середовища. Використання подібних лабораторних робіт при дистанційній формі навчання дуже важливо і необхідно в сучасних умовах. Вони дозволяють змодельовувати різні ситуації, які зв'язані з екологічною безпекою, а також перевірити знання в ігровій формі.

Ключові слова: комп'ютерні моделюючі програми, забруднення, навколишнє середовище, дистанційна форма навчання.

УДК 621.3: 622: 519.24

Причини і сліdstва травматизму в вугільній примушус-ліношів України/ Кобилянський Б. Б., Мнухін А. Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.127–131 – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

У роботі на підставі аналізу статистичними методами умов безпечної роботи і причин виробничого травматизму крупного вугледобувного підприємства, виконаний прогноз цих факторів в залежності від часу, обсягу видобутку та інших визначальних промисловий процес явищ. Пропоновані розрахунки дозволяють визначити шляхи зниження аварійності і тим самим скоротити витрати на її ліквідацію.

Ключові слова: аналіз травматизму, вугільна промисловість, статистика, підземний травматизм, ергатичних об'єкт, прогнозування травматизму.

УДК 519.859+514.1

Побудова аксіом евклідової геометрії в трьохвимірному інтервальному просторі/ Євсєєва Л. Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.132–136. – Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2079-5459.

Досліджено здійснимість аксіом евклідової геометрії у трьохвимірному інтервальному просторі на основі введених понять, операцій в інтервальних просторах, властивостей інтервальних відображень. Результати дослідження є основою математичного моделювання інтервальних оптимізаційних задач геометричного проектування.

Ключові слова: інтервальна геометрія, аксіоми евклідової геометрії, інтервальна псевдоплощина, інтервальна псевдопряма, інтервальний рух.

РЕФЕРАТЫ

УДК 669.01:621.762:621.89:669.71:669.3

Влияние твердых включений и технологической обработки на физико-механические свойства материалов на основе пористой бронзы/ Аскеров М. Г. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 3–6. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Выполнены исследования влияния твердых включений - порошков нержавеющей стали, стеллита, ферроборхрома и ультрадисперсного углеродного конденсата и дополнительной технологической обработки на механические свойства материалов на основе оловянистой бронзы БрО10. Показано, что наличие твердых включений в сочетании с технологической обработкой существенно повышает свойства пористой бронзы. Установлено, что наиболее высокие значения прочности достигаются при содержании включений 30 %.

Ключевые слова: твердые включения, оловянистая бронза, композиционный материал, механические свойства, технологический цикл.

УДК 544.6:678

Гибкие электропроводные пленки для фотоэлектрических и фотоэлектрохимических устройств/ Барсуков В. З., Сенник И. В., Савченко Б. М., Шпак Ю. В., Драган Д. Р. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 6-9. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Разработаны методы формирования гибких электропроводных слоев с различными углеродными наполнителями и частицами металлов. Полимерную основу готовили путем разведения порошка ПВХ в пластификаторе. Результаты измерений сопротивления композиционных пленок показали, что он сильно зависит от природы углеродных наполнителей, а также от их концентрации. Также исследованиями установлено, что модификация углеродной ткани с помощью некоторых наночастиц металлов может увеличить ее проводимость. Такая модификация может быть обеспечена путем последовательного смачивания обычной углеродной ткани растворами, содержащими некоторые частицы нанометаллов.

Ключевые слова: электропроводящие слои, гибкие токоприемники, углеродная ткань с нано-частицами металлов.

УДК 66:661.49:004.942

Получение наноразмерных частиц серебра в водном растворе под действием контактной неравновесной низкотемпературной плазмы / Сергеева О. В., Пивоваров А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 10-13. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В данной работе исследовалось влияние процесса плазмохимической обработки водных растворов, содержащих ионы серебра, на образование наноразмерных частиц серебра, их размеры и характер их изменения в заданном временном промежутке. Даны рекомендации к повышению устойчивости частиц путем введения стабилизирующих добавок. Полученные результаты планируется использовать для создания уточненной математической модели процесса плазмохимической обработки жидких сред.

Ключевые слова: неравновесная плазма, разряд, жидкий катод, пониженное давление, водный раствор.

УДК 004.4'242

Система визуального проектирования и генерации программных кодов/ Бузовский О. В., Алещенко А. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 14–17. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проанализированы возможности графической нотации схем алгоритмов. Представлена система визуального проектирования и генерации программного кода на основе блок-схем и UML. Описаны принципы работы системы, обозначены пути и сферы развития. Приведены примеры и результаты работы разрабатываемой системы. Предлагаемая система может быть использована как в целях обучения, так и в профессиональной программной инженерии.

Ключевые слова: UML, диаграмма деятельности, блок-схема, ГСА, трансляция, генерация программных кодов, проектирование, программная инженерия, Java, Pascal.

УДК 004.773.5

Способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях / Габинет А. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 17–20. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Предложен способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях. Предложено использовать топологию сети на основании анализа количества пользователей, которые пользуются услугами доставки потокового видео в зависимости от стран. Описана схема расположения виртуальных машин на одном сервере с помощью виртуализации, а также взаимодействие между ними. Учитываются характеристики сети для эмуляции задержек, потерь пакетов и джиттера.

Ключевые слова: одноранговая сеть, потовое видео, моделирование сети, глобальная сеть, задержка, потери пакетов, джиттер.

УДК 004.652.6

Информационная технология обеспечения компетентности выпускников вуза с учетом требований работодателя/ Загородняя Т. Н. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 21–24. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Предложен метод формирования компетентности студентов старших курсов с учетом требований работодателя. Показано, что при планировании компонентов учебного процесса следует детально анализировать перспективные компетенции для работодателя, а не только востребованные сейчас компетенции. Описана информационная технология, позволяющая формировать компетентности, учитывая требования работодателей, отличает ее от существующих.

Ключевые слова: информационная технология, управление учебным процессом, компетентности, требования работодателя, качество подготовки.

УДК 656.212:656.225

Совершенствование ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем операторов подвижного состава/ Кулешов В. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 25–28. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Выделены основные вопросы составления плана-графика производства вагостроительных предприятий или подготовки вагонов операторов подвижного состава к погрузке на короткий период по каждой из запланированных на выпуск номенклатурной позиции по родам вагонов подвижного состава. Предложена модель определения необходимого парка вагонов, которая построена как двухэтапная модель стохастического программирования на сети железных дорог Украины, учитывающая, в отличие от существующей, дефицит парка вагонов или их излишек при спаде грузопотоков.

Ключевые слова: информационно-управляющая система, парк грузовых вагонов, оператор подвижного состава.

УДК 519.687

Моделирование динамического распределения нагрузки в информационной системе на базе облачных вычислений/ Мацуева К. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 28–31. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Развитие компьютерных технологий приводит ко все большему использованию технологий облачных вычислений, в том числе в математических и экспериментальных исследованиях. Актуальной задачей является исследование эффективных методов управления произ-

водительностью и оптимизации использования программных и аппаратных составляющих ресурсов. В рамках исследования построена модель информационной системы для научных исследований на базе облачных исследований, проанализированы характеристики и приведен алгоритм для эффективного предоставления услуг в вычислительных системах на базе облачных вычислений.

Ключевые слова: распределения нагрузки, облачные вычисления, моделирование, распределенные системы, управление ресурсами, динамическая консолидация, информационная система.

УДК 664.126.1

Постановка задачи автоматического управления сокоочистительным отделением сахарного производства/ Жученко А. И., Мищенко Е. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 31–34. – Бібліогр.: 14 назв. – ISSN 2079-5459.

В работе проанализированы технико-экономические показатели, которые могут быть использованы в качестве критериев оптимального управления сокоочистительного отделения сахарного производства. Выбрано и обосновано критерий, который в наибольшей степени характеризует работу отделения и сформулированы ограничения, как на качественные показатели продукта, так и на управляющие действия. Определена задача оптимального управления сокоочистительного отделения сахарного завода.

Ключевые слова: сахарное производство, сокоочистительное отделение, критерий оптимального управления, ограничения, задача управления.

УДК 681.7

Исследование эффективности систем стабилизации фотокамеры/ Нечай С. А., Хильченко Т. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 35–38. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведены исследования эффективности систем стабилизации изображения различных типов при воздействии вибрации с различными параметрами. Сравнили работу оптической и внутрикамерной стабилизации, определена лучшая из них. Экспериментальные исследования объективно воспроизвели условия работы систем стабилизации подобно условиям съемки с рук фотографом, при различных частотах и амплитудах колебаний вдоль различных осей. Придерживались одинаковые условия эксперимента для различных образцов камер.

Ключевые слова: стабилизация изображения, оптическая стабилизация, внутрикамерная стабилизация, фотокамера, система стабилизации матрицы, тестирование фототехники.

УДК 004.652.5

Частичное преодоление CAP-теоремы в распределенном документ-ориентированном хранилище данных /Бузовский О. В., Подрубайло А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 38–42. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Существующие распределенные хранилища данных в оперативной памяти типа «ключ-значение» объединяют в себе оптимистичность подхода BASE-систем и пессимистичные алгоритмы обновления индексов, рассчитанные на работу в глобальной сети. Данная статья предлагает использование синхронных индексов для повышения консистентности и доступности данных без ущерба для способности системы к горизонтальному масштабированию.

Ключевые слова: CAP-теорема, хранилище данных, консистентность, индекс, доступность, распределенность, ключ-значение, оперативная память, теорема Брюэра, NoSQL.

УДК 656.13

Проблемы и пути совершенствования пассажирского обслуживания современных городов/ Рогальский Р. Б. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 42–46. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проанализированы проблемы, возникающие при организации пассажирского обслуживания на территории современных больших и крупных городов. Основное внимание сосредоточено на градостроительных, функционально-планировочных и транспортных факторах, которые влияют на закономерности в формировании пешеходных и пассажирских потоков. Приведены пути улучшения показателей работы маршрутной сети общественного транспорта.

Ключевые слова: транспортный район, подвижность населения, пассажирский поток, транспортные исследования.

УДК 004.353.001.14:656.132.4.025.2

Внедрение систем видеонаблюдения для подсчета пассажиров на городских маршрутах/ Бойко Ю. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 46–49. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Проанализированы и исследованы современных средств подсчета пассажиров, их основные недостатки, преимущества и погрешности при подсчете. Предложено для внедрения наиболее оптимальную автоматизированную систему видеонаблюдения для учета пассажиров на базе IP-камер при осуществлении городских перевозок на маршрутах города Кременчуга. Получено практическую целесообразность и высокую точность подсчета около 95 % для внедрения на автотранспортном предприятии.

Ключевые слова: пассажиры, кликеры, валидатор, инфракрасное излучение, IP-камеры, внедрение, образы, распознавание.

УДК 681-2-5

Использование метода шумов и online диагностики для совершенствования метрологического обеспечения на техногенно опасных объектах/ Полярус А. В., Коваль А. А., Коваль А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 49–54. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Методы шумов и online диагностики предлагается использовать для оценки метрологических характеристик датчиков при бездемонстрационном контроле на техногенно опасных объектах. Экспресс-анализ этих характеристик с учётом их изменений во времени основан на единой для всех объектов базе знаний опорных динамических характеристик каждого типа датчиков, которая периодически пополняется. Ил.: 4. Библиогр.: 23 назв.

Ключевые слова: метод шумов, online диагностика, модель датчика, экспертная база знаний, метрологическое обеспечение.

УДК 658.562

Разработка автоматизированной системы и программного обеспечения ЭВМ для управления системой контроля качества изделий/ Федюшин А. И., Баленко А. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 54–59. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Рассмотрен способ повышения качества числового измерительного контроля радиодеталей за счет разработки его структурной организации. Предложена структурная схема автоматизированной системы дифференцированного контроля качества радиодеталей, а также рассмотрен принцип работы созданного программного обеспечения её вычислительной подсистемы. Описана и обоснована общая схема анализа данных при проведении такого контроля с помощью программных средств.

Ключевые слова: риски, заказчик, изготовитель, контроль партии, система контроля, программное обеспечение.

УДК 656.96; 656.073

Алгоритм формирования маршрутов доставки грузов в условиях стохастических параметров спроса/ Наумов В. С. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 59–62. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Представлен в общем виде алгоритм формирования маршрутов доставки грузов автомобильным транспортом. Алгоритм рассматривается для технологического процесса обслуживания клиентуры транспортных и экспедиторских предприятий, который характеризуется стохастическим спросом на услуги по перевозке грузов. Описана программная реализация основных процедур представленного алгоритма. Предложенный подход позволяет формировать маршруты доставки в оперативном режиме на основании динамически изменяющейся базы заявок.

Ключевые слова: маршрут доставки грузов, алгоритм, стохастический спрос, программная реализация.

УДК 656.212:681.3

Исследование пропускной способности железнодорожного направления в условиях ускоренного движения пассажирских поездов/ Логвинова Н. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 63–68. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Рассматривается аналитический расчет пропускной способности однопутного железнодорожного направления с двухпутными вставками в условиях ускоренного движения пассажирских поездов. Для расчета пропускной способности приняты уточненные коэффициенты съема грузовых поездов на железнодорожных направлениях, оборудованных автоблокировкой при разных длинах блок-участков и скоростях движения грузовых и ускоренных пассажирских поездов. Результаты исследования могут быть использованы при организации движения на железнодорожных направлениях по согласованным расписаниям.

Ключевые слова: железнодорожное направления, пропускная способность, коэффициент съема, грузовые и пассажирские поезда.

УДК 621.341

Теоретическое исследование для определения параметров Е-секториального рупора/ Сили И. И. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 68–71. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

В работе проведено теоретическое обоснование параметров широко-полосной антенны для угнетения жизнедеятельности колорадского жука и его личинок. Применение радиоимпульсного электромагнитного излучения для борьбы с колорадским жуком предусматривает использование секториальных рупорных излучателей с расширением в плоскости вектора \vec{E} . Е-секториальный рупор наиболее подходит для решения поставленной в работе задачи, так как обеспечивает более широкую диаграмму направленности в плоскости параллельной поверхности земли, а вектор \vec{E} в излучающем раскрыве будет перпендикулярен поверхности земли.

Ключевые слова: широкополосная радиоимпульсная антенна, диаграмма направленности антенны, колорадский жук, Е-секториальный рупор.

УДК 631.371

Определение параметров электродинамической системы со скачкообразным расширением волновода в Н-плоскости/ Мазур В. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 72–74. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Приведен анализ колебательной системы со скачкообразным расширением волновода в плоскости - Н и определены её параметры для шестидиодного генератора с параллельным включением диодов в общей электродинамической системе. Прямоугольные волноводы со скачкообразным расширением в Н – плоскости являются наиболее простыми открытыми резонаторами. Такие электродинамические системы могут найти практическое применение в качестве сумматоров мощностей активных элементов в сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн.

Ключевые слова: волноводный резонатор; многодиодный генератор; общая электродинамическая систем; скачкообразное расширение волновода в Н- плоскости.

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Моделирование течения в двухрядных лопаточных венцах/ Терещенко Ю. М., Дорошенко Е. В., Аболхассанзаде Д. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 75–77. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

В работе представлены результаты численного моделирования течения в двухрядных лопаточных венцах осевого компрессора, точность расчета параметров расчета оценена с помощью верификации данных численного и известного физического эксперимента. Результаты расчета показали, что использование модели турбулентности SST Ментера, мелкой адаптивной нерегулярной расчетной сетки дает погрешность 5-7%.

Ключевые слова: моделирование, двухрядная решетка, течение, угол атаки, пограничный слой, компрессор, вязкость, сжимаемость, срыв.

УДК 644.8:658.562.5

Энергоэффективная ИК-сушилка для растительного сырья/ Киптелея Л. В., Загорулько А. Е., Загорулько А. Н. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 78–82. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Существующее технологическое оборудование для переработки растительного сырья имеет высокую производительность, длительный период тепловой обработки, значительную энерго- и металлоемкость. Создание современного пищевого оборудования, позволяет производить продукцию высокого качества с большим содержанием биологически активных веществ. Для реализации данных требований была разработана ИК-сушилка с оптимальной формой рабочей камеры.

Ключевые слова: ИК-технологии, проектирование, моделирование, безинерционность, динамика, интенсификация, энерго-сбережение, растительное сырье, встряхивание.

УДК 678.05:004.2

Исследование процесса теплопередачи с применением численного метода Эйлера в инженерной практике машиностроительных специальностей/ Казак И. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 82–85. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В статье рассматривается применение численного метода Эйлера для получения решений дифференциальной модели процесса нестационарной теплопередачи, исследование устойчивости и сходимости полученных решений на примере алгоритмизации и программирования на Фортране в среде MSDev. Процесс теплопередачи часто встречается в инженерной практике машиностроительных специальностей, поэтому его исследование при различных условиях с применением метода Эйлера является очень актуальным.

Ключевые слова: дифференциальная модель, метод Эйлера, численный, дифференциальные уравнения, программа, нестационарная, процесс, теплопередача, машиностроительные специальности, функция.

УДК 641.521:641.53.92.004.15

Определение параметров процесса ИК-жарки пищевого сырья животного происхождения в условиях открытого рабочего пространства/ Коренец Ю. Н., Никифоров Р. П. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 85–90. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Работа содержит описание активного эксперимента, проведенного для определения оптимальных параметров процесса ИК-жарки пищевого сырья в условиях открытого рабочего пространства. На основании данных, полученных в ходе эксперимента, сформулированы выводы, которые имеют практическую пользу для проведения дальнейших научных исследований в данном направлении и разработки рекомендаций для реального производства. Из.: 2. Библиогр.: 11 назв.

Ключевые слова: ИК-обработка, ИК-жарка, гриль, грилирование, пищевое сырье, открытое рабочее пространство, параметр процесса, активный эксперимент.

УДК 62.52

Электронный блок управления двигателем внутреннего сгорания SECU-3 / Шабельников А. А. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 10 (1112). – С. 90–95. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

В статье проведены исследования и разработан электронный блок управления двигателем внутреннего сгорания SECU-3, встроенное программное обеспечение (ПО) к нему и ПО для его настройки и диагностики, выполняемое на персональном компьютере. Описан принцип расчета длительности впрыска, алгоритм коррекции состава топливовоздушной смеси по избытку воздуха, структурная и принципиальная электрическая схемы блока.

Ключевые слова: впрыск, зажигание, детонация, датчик, актюатор, микроконтроллер, управление, двигатель, автомобиль, SECU-3.

УДК 621.634:629.735.035.3'7 (045)

Моделирование нестационарных характеристик ступени осевого вентилятора/ Богданов Н. Ю. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С.95–99. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В статье представлены результаты чисельного и параметрического исследований ступени осевого вентилятора, что позволило получить границы его эксплуатационных режимов, а также провести оценку изменения энергетических параметров. Расчеты, которые проводились при номинальном и срывном режимах, показали импульсный характер изменения значений полного давления P^* и осевой скорости C_{cp} , что свидетельствует о пульсирующем выходе потока из спрямляющего аппарата ступени.

Ключевые слова: осевой вентилятор, нестационарные характеристики, отрывные течения, неравномерность потока, импульсные изменения, пульсирующий поток.

УДК 669.295

Разработка технологии комплексного легирования редких тугоплавких металлов в процессе восстановления/ Янко Т. Б., Овчинников А. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 99–103. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведен анализ производства и определены основные проблемы легирования сплавов на основе титана и циркония. Проведены исследования по разработке технологии комплексного легирования редких тугоплавких металлов титана и циркония. Установлены оптимальные способы введения легирующих элементов в процессе получения губчатых легированных титана и циркония на стадии восстановления. Разработаны конструкции аппаратов восстановления тетрахлорида циркония и смеси тетрахлоридов титана.

Ключевые слова: цирконий, легирующие элементы, титан, алюминий, ванадий, восстановление, сплав, технология, реакционная масса, аппарат.

УДК 622.691.4

Определение технического состояния емкостей комбинированного типа в процессе их эксплуатации/ Ивасив В. М., Джус А. П., Ивасив О. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 103–108. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2079-5459.

Предложено использовать для неразрушающего контроля металлических лейнеров конструкций комбинированного типа специальную автоматизированную систему, созданную на базе высокочастотного индуктивного датчика как сенсора потерь металла в каждой точке контроля. Установлена возможность использования проверенной методики для определения разрывного внутреннего давления металлического лейнера по результатам оценки фактического состояния его поверхности.

Ключевые слова: емкости комбинированного типа, композитный материал, прочность и разрушение емкостей, коррозионное повреждение металлического лейнера.

УДК 621.757

Управление качеством разборки многокомпонентных соединений при использовании термовоздействия/ Павлова А. А., Романов С. В., Лагода А. Н. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2015. – № 22(1131). – С. 108–111. – Бібліогр.: 13 назв. – ISSN 2079-5459.

Разработана математическая модель нестационарного теплового процесса, которая представляет собой систему дифференциальных уравнений второго порядка порядка переменной структуры в зависимости от температуры элементов многокомпонентных соединений. Модель может быть использована как для управления нагревом в процессах выплавки наполнителей, так и для управления нагревом при тепловой разборке многоэлементных соединений с натягом. Применение данной модели позволит в значительной степени минимизировать затраты энергии при расформировании многокомпонентных соединений.

Ключевые слова: разборка соединений, индукционный нагрев, нестационарный тепловой процесс, математическая модель.

УДК 614.8-053.2/5

Детский травматизм – актуальная проблема современного общества/ Москалюк И. В., Сакун Н. Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 10 (1112). – С. 112-115. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-5459.

Проведен статистический анализ детского травматизма, проанализированы причины смертельных случаев. Был выполнен сравнительный анализ показателей дорожно-транспортных происшествий с участием детей за последние годы. Травмы являются главной причиной летальных случаев у детей возрастом от 3 лет. В статье приведены предложения по профилактике снижения детского травматизма.

Ключевые слова: детский травматизм, несчастные случаи, гигиена труда, статистика, профилактика, травма, летальность.

УДК 543.27; 533.2

Методика расчетов и газоаналитического контроля выбросов крышными котельными/ Корниенко Д. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 115–121. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-5459.

Проанализированы особенности влияния работы индивидуальных крышных котельных на придомовую территорию. Рассмотрены технологические особенности работы крышных котельных и методики определения массы выбросов компонентов дымового газа. Определены уровни концентраций и состав дымового газа, при различных эксплуатационных режимах котельной. Представлена разработанная расчетная модель зоны распространения дымового газа. Обоснован выбор переносных средств инструментального контроля: газоанализаторов, пылемеры для мониторинга выбросов крышных котельных.

Ключевые слова: теплоснабжение, котельная, крыша, источник, выброс, масса, окружающая среда, рассеивание, расчет, модель, газоанализатор, пылемеры.

УДК 006.91

Комплексный контроль санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны/ Поперека Е. Д., Костенко В. Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 121–124. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В работе проведены исследования по комплексному контролю санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны. Особое внимание уделено созданию устройства контроля, позволяющего в автоматическом режиме исследовать нормированные параметры, а также ускорить процесс измерения. Для этого проведено исследование выбранных комплектующих компонентов устройства, датчиков и их измерительных цепей с целью оптимизации контроля. Приведены результаты комплексного контроля санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны.

Ключевые слова: комплексный, исследования, устройство, средства измерения, датчики, нормированные параметры.

УДК 504.3.054

Компьютерные модели лабораторных работ для дистанционной формы обучения/ Хондак И. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 124–127. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Компьютерные моделирующие программы - это визуальный инструмент в изучении влияния различных видов загрязнений на состояние здоровья человека и окружающей среды. Использование подобных лабораторных работ при дистанционной форме обучения очень важно и необходимо в современных условиях. Они позволяют проиллюстрировать действие различных ситуаций, связанных с экологической безопасностью, а также проверить знания в игровой форме.

Ключевые слова: компьютерные моделирующие программы, загрязнения, окружающая среда, дистанционная форма обучения.

УДК 621.3:622:519.24

Причины и следствия травматизма в угольной промышленности Украины/ Кобылянский Б. Б., Мнухин А. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 127–131. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

В работе на основании анализа статистическими методами условий безопасной работы и причин производственного травматизма крупного угледобывающего предприятия, выполнен прогноз этих факторов в зависимости от времени, объема добычи и иных определяющих промышленный процесс явлений. Предлагаемые расчеты позволяют определить пути снижения аварийности и тем самым сократить расходы на ее ликвидацию.

Ключевые слова: анализ травматизма, угольная промышленность, статистика, подземный травматизм, эргатический объект, прогнозирование травматизма.

УДК 519.859+514.1

Построение аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве/ Евсеева Л. Г. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 132–136. – Бібліогр.: 19 назв. – ISSN 2079-5459.

Исследована выполнимость аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве на основе введенных понятий, операций в интервальных пространствах, свойств интервальных отображений. Результаты исследования являются основой математического моделирования интервальных оптимизационных задач геометрического проектирования.

Ключевые слова: интервальная геометрия, аксиомы евклидовой геометрии, интервальная псевдоплоскость, интервальная псевдопрямая, интервальное движение.

ABSTRACTS

UDC 669.01:621.762:621.89:669.71:669.3

An influence of solids and processing on physical and mechanical properties of materials on the basis of porous bronze/ Askero M. G. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 10 (1112). – P. 3–6. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

Research of the effect of solid inclusions - powder stainless steel, stellite, ferroboration chromium and ultrafine carbon condensate and further processing on the mechanical properties of materials based on tin bronze BrO10 has been carried out. It was revealed a significant increase in the strength of the porous bronze BrO10 with introduced solid inclusions at high cycle further processing it is due to the compaction of material, porosity reduction, the introduction of a matrix material in the unevenness of inclusions. Subsequent sintering together with the recess of diffusion processes leads to the removal of internal stresses and some loosening of the material. It was caused, presumably, by the process of expansion during heating and low shrinkage during cooling. It was found that if at the normal single processing content inclusions does not effect on strength of the material, at the subsequent processing the dependence of the strength of the inclusions content is essential. It was shown the presence of solid inclusions in a combination with processing significantly improves the physical and mechanical properties of porous bronze. The highest strength value occurs when the content of inclusions is 30 %.

Keywords: solid inclusions, tin bronze, composite material, mechanical properties, technological cycle.

UDC 544.6:678

Flexible electro-conductive layers as current collectors for photovoltaic and photoelectrochemical devices/ Barsukov V. Z., Senyk I. V., Savchenko B. M., Shpak Y. V., Drahan D. R. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 6-9. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The different multilayer's optical devices need a flexible and well electro-conductive layer as a current collector. It is especially actual now for the organic solar cells (OSC), some photovoltaic (PV), photocatalytic (PC) and photoelectrochemical (PE) devices.

The physical-chemical properties of polymer films depend strongly on the film composition and preparation/formation technique. The process of synthetic polymer formation occurs via chemical connection of many hundred to thousand of monomer molecules and a result of this is formed macromolecule. Here have demonstrated a simple and low cost method that could be used for flexible and well electro-conductive polymer film formation.

The formation methods of flexible electro-conductive layers with various carbon-containing fillers and nanometal particles have been developed. The PVC basis was prepared by dilution of PVC-powder in softener. The results of specific resistance measurements of composite films have shown that this resistance depends strongly on the nature of carbon-containing fillers and it's concentration.

The experiments have shown also, that modification of carbon cloth by some nano-metal particles can increase its conductivity sufficiently. Such modification could be made by the consecutive impregnation of the conventional carbon cloth from the solutions, which contain some nano-metal particles.

Keywords: electroconductive layers, flexible current collectors, carbon-cloth with nano-metal particles.

UDC 66:661.49:004.942

Obtaining nano-sized silver particles in aqueous solution under the influence of the contact nonequilibrium low-temperature plasma/ Sergeyeva O., Pivovarov A. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 10-13. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The influence of plasma-treating aqueous solution containing silver ions for formation of the nanoparticles of silver, their size and their variation over a predetermined time interval. As a processing tool to use contact nonequilibrium low-temperature plasma is formed between the electrode (anode), located in the gas phase and the liquid surface and recessed electrode in there. The electrolytic solution AgNO₃ in the distilled water used as cathode. Studied the characteristics of the obtained nanoparticles, their absorption spectra, size, stability in aqueous medium and in the dry state in powder form. Recommendations to improve the stability of the particles by the introduction of stabilizers. The results will be used to create a mathematical model of plasma-chemical treatment of liquid media.

Keywords: non-equilibrium plasma discharge liquid cathode, low pressure, an aqueous solution.

UDC 004.4'242

The system of visual design and program code generation/ Buzovsky O., Aleshchenko O. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 14–17. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

In order to reduce labor costs for routine coding in the process of creating software, developed a system that allows to generate executable code for a graphic representation of the algorithm. The possibilities of graphical notation schemes algorithms are analyzed. The system of visual design and code generation on the basis of flow charts and UML. The principles of the system are marked paths and areas of development. The examples and the results of the work of the system under development are shown. The result of a method for generating executable code, an analysis of how typing of variables and formal parameters describing the mapping algorithm in a flowchart. The problems of describing the types of variable declarations (typing) in the case of GSA or UML-diagrams of activities are reviewed, as well as methods for their verification and translation. The proposed system can be used both for training and professional software engineering.

Keywords: UML, activity diagram, block diagram, GSA, broadcast, program code generation, design, software engineering, Java, Pascal.

UDC 004.773.5

Method modeling video streaming in peer-to-peer networks/ Gabinet A. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 17–20. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

The main objective of assessing the quality of service is a very important aspect of video streaming in peer-to-peer networks. Testing should also be able to be reproduced and verified by other users. So it is proposed to use a method of simulation video streaming peer-to-peer networks. Proposed to use the network topology based on the analysis the number of users who use streaming video delivery depending on the country. Described the layout of virtual machines on a single server using virtualization, as well as the interaction between them. Taking into account the characteristics of the network to emulate latency, packet loss and jitter. Experiments were conducted on the proposed model. The results were compared with the results in PlanetLab. High accuracy in the results makes it possible to carry out further studies with the proposed model.

Keywords: peer-to-peer network, video streaming, network modeling, global network, delay, packet loss, jitter.

UDC 004.652.6

Information technology which provides competence of university graduate and take into account the requirements of the employer/ Zagorodnya T. N. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 21–24. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The author proposed a method of forming competence graduate students from the requirements of the employer.

Information technologies used in education, usually focused on building knowledge and skills and it does not take into account the requirements for planning and implementing competency formation. The author proposed a method of forming competence graduate students from the requirements of the employer.

When you planning components of the educational process it is necessary to analyze perspective the competencies for employer and not only current demand competence. It is described information technology to generate competence, given the demands of employers, which distinguishes it from existing. This allows you to shorten the time for adaptation of young specialists, who comes to the company. The experts using of information technology which proposed of the author. Objectivity of expert data can be provided to increase the involvement of a larger number of experts and use of mechanisms calculating the consistency of their estimations. This information technology was introduced in the educational process at the Department of Electricity of Sumy university. Im.:4 : Bibliogr.: 10.

Keywords: information technology, learning management, competence, requirements of the employer, quality training.

UDC 656.212:656.225

Perfection of technology preserves the resource based on the information management systems of rolling stock operators/ V. Kuleshov //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 25–28. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

Standard optimization techniques can not cope with the problems of certain needs of the freight cars due to the fact that not many of the parameters are stable production programs and plans of cargo.

The basic question of drawing up the schedule of the production car-building enterprises or training wagon train operators to load for a short period of each scheduled for release nomenclatura positions leave wagons rolling. The model determine the needs of rolling stock, which is built as a two-stage stochastic programming model of the railway network of Ukraine, taking into account, in contrast to the existing, lack of rolling stock or surplus in the decline of freight traffic..

Keywords: information management system, freight car fleet, rolling stock operators.

UDC 519.687

Modeling of dynamic load balancing in the information system based on cloud computing/ Matsuieva K. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 28–31.– Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The development of computer technologies leads to increasing use of cloud computing technologies including mathematical and experimental researches. In this case, the actual problem is investigation of effective methods of performance management and optimization of the use of software and hardware resources. As the number of services offered, as well as with increasing end-user for access to multimedia resources to improve the quality of services required constant increase of computing power and hardware platforms bandwidth connection. An urgent task is to study effective methods of performance management and optimize the use of software and hardware components resources. In this research, the model of information system for researches, based on cloud computing, analyzes performance and brought algorithm to efficiently provide services in information systems based on cloud computing.

Keywords: load balancing, cloud computing, modeling, distributed systems, resource management, dynamic consolidation, information system.

UDC 664.126.1

Formulation of the problem of automatic control of juice purifying section of sugar production / Zhuchenko A. I., Mishchenko K. Yu. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 10 (1112).– P. 31–34. – Bibliogr.: 14. – ISSN 2079-5459.

To developing a modern and competitive production of sugar from sugar beets is necessary to use modern technology and optimal control system. Juice purifying section of sugar factory is extremely complicated many parametric process that significantly affects the quality of the finished product and its competitiveness. Taking into account all the parameters, factors and their relationships are extremely complex task at the present stage of development of science and technology. The formation and implementation of the criterion of optimal control and restrictions on technological variables and control provide the best engineering process.

In the article it is analyzed a large number of works that focus on process automation of juice purifying section of sugar factory. Possible ways of forming optimality criterion, which showed its advantages and disadvantages, and limitations that help get products to the required quality are analyzed. The selected optimal criterion in the most fully includes the process parameters and the most important indicators of the juice quality in juice purifying section.

Keywords: sugar production, juice purifying section, criterion of optimal control, limit, control problem

UDC 681.7

Camera image stabilization systems' performance research / Nechai S. O., Khylichenko T. V. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).–P. 35–38. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The research effectiveness of various types of image stabilization in vibration with different parameters. Compared work optical stabilization and inner chamber stabilization, defined the best of them. Experimental studies objectively reproduce the conditions of stabilization systems similar to those of a photographer shooting handheld at different frequencies and amplitudes of vibrations along different axes. Followed the same experimental conditions for different sample chambers. Among the results of experiments on samples stabilization system performance matrix showed higher performance than action Stability lens. Both systems have found a positive performance and the vibration frequency range of 6 Hz to 14 Hz. Also, both types of stabilization revealed a significant deterioration in the effectiveness and even the negative effect of vibrations at frequencies in excess of 16 Hz. Recommended for shooting with a tripod or other supports in industrial vibration (the engine running, sharp bumps) stabilization system off. The authors plan to continue conducting experimental studies of new cameras with stabilization system for independent quality control of production and the comparison of performance models manufacturers.

Keywords: image stabilization, optical stabilization, internal stabilization chamber., camera stabilization system matrix, testing photographic equipment.

UDC 004.652.5

Partial overcoming of CAP-theorem in distributed document-oriented data storage / Buzovskyi O. V., Podrubailo O. O. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 38–42. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Existing distributed key-value data storages in main memory compounds optimistic approach of BASE-systems and pessimistic index update algorithms, oriented to work in global network. This behavior motivated by CAP theorem, proposed by Eric Brewer, which proves that distributed system can provide only two of three (consistency, availability and partition tolerance). However, applicability of Brewer's theorem is unclear in case when distributed system is deployed in the single local network. In this paper we propose to use synchronous indexes to improve consistency and availability in distributed key-value data storage without loss of partition tolerance and ability of horizontal scaling. Proposed synchronous indexing method allows increasing query processing speed and improve consistency of querying with simultaneous data loading in distributed document-oriented key-value storage, deployed in the same local network with the client.

Keywords: CAP-theorem, data storage, consistency, index, availability, distributed, key-value, main memory, Bruwer theorem, NoSQL.

UDC 656.13

Problems and improvement of passenger service modern cities/ Rogalskyy R. B. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 42–46. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

A number of recent studies show that the organization and planning of urban passenger transport consists in adequate calculation or prediction of labor movements between individual and public transport. Previously it was believed that meet of potential mobility carried on transport and on foot. So today we have a need to define the function of transport utilization rate and urban passenger transport utilization rate on a combination of factors, using different percentages between the main groups of people. This article was grouped main factors influencing transport mobility, according to foreign and domestic research and obtained during the survey of urban residents. As a result of the research it was obtained data set using transport utilization rate and urban passenger transport utilization rate for all cities covered by the investigation at different ratios of proposed factors. Revealed set of factors influencing the transport mobility allows to fully estimate the distribution of urban residents travel between individual and public transport.

Keywords: population mobility, passenger transport, questionnaire-interview, level of motorization, factor analysis

UDC 004.353.001.14:656.132.4.025.2

The introduction of video surveillance systems for counting passengers on city routes/ Boyko Yu. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 46–49. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Passenger surveys is one of the most time-consuming activities in the development of new and improvement of existing routing schemes for cities and regions. Use the "manual" methods for the study of passenger flows on a number of objective reasons can not get quality results. For effective organization of transport service of passengers, it is necessary to systematically obtain information about passenger traffic.

To improve the accuracy and accounting of passengers in the floor was analyzed whole list of modern means of counting passengers, their main disadvantages, benefits, and error count. Selected and proposed for implementation of the optimal automated surveillance system to account for passengers on the basis of IP cameras in the implementation of urban traffic on the routes M. Kremenchug, which has a high accuracy close to 95 %.

The use of an automated surveillance system for accounting will give passengers the opportunity to use it on vehicles small, medium and large capacity, will help to minimize the error of the results of the study to 5 %, to achieve a high degree of detail of the results and the flow of information in the timekeeping mode.

Keywords: passengers, clickers, validator, infrared IP-camera, introduction, images, recognition.

UDC 681-2-5

Methods of noises and online diagnostics using for improvement of metrological maintenance of technogenic dangerous objects/ Poliarus O. V., Koval O. A., Koval A. O. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 49–54. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459.

The methods of noises and online diagnostics are proposed to use for estimating of metrological characteristics of sensors with using of dismounting control on technogenic dangerous objects. Express analysis of these characteristics with taking into account their variations in time is based on the single database of reference dynamic characteristics of each type of sensor for all objects which is periodically updated. Expert database is updated with using of metrological researches of the sensors and mathematical modeling of their dynamic characteristics. For their purpose the results of online control of metrological characteristics of the sensors are used. Such approach allows to take into account the "oldering of the sensors during their exploitation." This database is assumed as basis of functioning of a single system of online diagnostics of measuring systems on technogenic dangerous objects. This approach allows adapting the content of metrological maintenance both to metrological and technical condition of measuring systems and technogenic dangerous objects as a whole.

Keywords: noise method, online diagnostics, sensor model, expert base of knowledge, metrological maintenance.

UDC 658.562

Development of automated system and software for control of the system of quality control of products/ Fedyushin A., Balenko A. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 22(1131). – С. 54–59. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

The process for improving the quality of the numerical measuring control of electronic components through the development of its structural organization has been considered. The block diagram of the automated system of differentiated control of quality of electronic components is proposed, and working principle of software for computational subsystem is considered. In work on the basis of typical controlling structures it has been proposed composite control structure, which was named differential control, her organization and description through the characteristics of quality of control - the risks of the customer and the manufacturer, it been considered; the general scheme of the analysis of data during such control is described and justified. A computer program for controlling the system of control of quality of radioelements has been developed and described. Description of the program is divided into two parts: the work in the mode of calculations and work in the mode of fixing the results. The system was implemented in the production of the company OOO PP "Quantum".

Keywords: risks, customer, manufacturer, control of the batch, the system of control, software.

UDC 656.96; 656.073

Algorithm for forming cargo delivery routes under conditions of demand's stochastic parameters/ Naumov V. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 59–62. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The general form of an algorithm for forming the cargo delivery routes has been presented. The proposed algorithm allows taking into consideration the stochastic nature of demand on services of freight forwarding and transportation companies. The algorithm considers features of the transportation technological process as well. Unlike existing approaches, the proposed method for delivery routes forming could be used under conditions of the requests database, which is permanently being changed. As an efficiency criterion for the process of request on cargo delivery servicing the service level has been proposed. This index has been defined as a ratio of serviced requests number and an overall number of received requests. Basic procedures of the proposed algorithm allow forming the chains for couples of freight owners, the obtained chains are used in building of the delivery routes.

Keywords: cargo delivery route, algorithm, stochastic demand, software implementation.

UDC 656.212:681.3

Research of bandwidth of rail direction under accelerated passenger trains/ Logvinova N. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 63–68. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The article deals with issues related to the estimated capacity of the single-track railway lines with double-track inserts in conditions of accelerated movement of passenger trains depending on the length of the block areas.

The result of the study is: chart of dependence of potential capacity for freight traffic considering accelerated passenger trains and different length of block areas; approximation of shot coefficients of freight trains by passenger trains depending on the speed of the last and different length of block areas.

As scientific innovation it is first formulated and solved the problem of bandwidth dependence of single-track lines with double-track inserts in accelerated movement of passenger trains and different length of block sites based variable shot coefficients of freight trains by passenger trains.

The practical significance of the developed procedures and methods can be used to create automated decision support systems for the organization of traffic on the single-track railway directions with double-track inserts in conditions of accelerated passenger trains, the development of ARM dispatching personnel of operational and administrative departments and directorates of railways in the movement of freight trains on agreed schedules.

Keywords: railway line, capacity, shot coefficient, freight and passenger trains.

UDC 621.341

Theoretical study for determination of the E-sectorial horn parameters/ Sealy I. I. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 68–71. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

This work contains theoretical definition of broadband antennas parameters which allow to suppress vital functions of Colorado potato beetle and its larvae. Usage of radiopulse electromagnetic radiation to control the Colorado potato beetle involves use of sectorial horn emitters with an extension in the plane of the vector \vec{E} . E-sectorial horn is the most suitable for the solution of the problem, because it provides a wider radiation pattern in a plane parallel to the ground and vector \vec{E} in the radiating aperture is perpendicular to the ground surface.

Keywords: broadband radiopulse antenna; antenna pattern; Colorado potato beetle; E-sectorial horn.

UDC 631.371

Definition of parameters of electrodynamic system with intermittent expansion of waveguide in H-plane/ Mazur V. A.

//Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 72–74. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Subject of this article is analysis of oscillatory system with an intermittent expansion of the waveguide in the plane H. Its parameters were defined for 6 diodes generator with parallel diodes in general electrodynamic system. Analysis of the electric field spatial distribution of "working" oscillations allows to obtain the necessary information on the location of the antinodes of the field in which locations semiconductor sources are being placed. Also it allows to obtain field phase portrait of H_{203} – fluctuations, which determines method of inclusion these sources. Rectangular waveguide with an intermittent expansion in the H-plane are the simplest open resonators. Such electrodynamic systems may find practical usage as a power combiner in the centimeter and millimeter wavelength range. Parallel connection of semiconductor pulse diodes in such electrodynamic systems can significantly increase the packing density of diodes and improve heat dissipation.

Keywords: waveguide resonator; diode generator; general electrodynamic system; intermittent expansion of the waveguide H-plane.

UDC 629.735.03:621.43.031.3(045)

Numerical calculation in tandem cascades / Tereschenko Yu. M., Doroshenko E. V., Abolhassanzade A. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 75–77. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

Aerodynamic improvement of compressor blade system is one of the ways to solve common problems of increasing the efficiency of transport and stationary gas turbine engine compressor ventilation systems. One of the factors reducing the efficiency of gas turbine engines for off-design conditions and the efficiency of the compressor, and the occurrence of rotating stall and surge is a stall in the blade rings of cascades. One of the most important tasks of improving the aerodynamic blade machines is preventing stall of blade rings and reducing losses. Application of energy methods to influence the flow in the wall layers is prevent or localize stall. One of the energetic methods is the use of tandem cascades. The aim is to examine the test problem of modeling the flow in tandem cascades. The solution of this problem is necessary to assess the accuracy of the numerical simulation compared with experimental results. The tandem cascades redistribute the energy in the inter-blade channels between the different areas of flow. The results of numerical modeling of flow in the tandem cascades of axial compressor are presented in the article. Comparing the results of numerical modeling and physical experimentation showed that the calculation error is between 5 and 7%. Thus, the decision of test problem showed that the simulation of flow in tandem cascades can be used SST Mentur turbulence model and small irregular adaptive meshes.

Keywords: modeling, double-row grille, flow, angle of attack, boundary layer, compressor, viscosity, compressibility, stall.

UDC 644.8:658.562.5

Energy efficient ir dryer of vegetable material/ Kiptelaya L., Zagorulko A., Zagorulko A. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 78–82. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Existing processing equipment for the processing of vegetable raw materials has high performance, a long period of heat treatment, significant energy and metal, leading to deterioration of product quality. Creation of a modern food processing equipment allows to produce high quality products with a high content of biologically active substances. To achieve this goal the work necessary to solve the following tasks: - to develop IR dryer with an optimal shape of the working chamber; - Theoretically justify the use of the electric heater film (PLEN) and determine its dynamics; - To model the distribution of the heat flow in the chamber IR dryers; - To develop ways of intensifying IR devices based on projected energy saving sector and functional mechanism for shaking the mesh trays. As a result, research has developed an energy efficient IR dryer optimum shape of the working chamber. Also, the apparatus is capable of using secondary air for preheating fresh at 5 ° C, and the functional mechanism that shakes antistick vegetable raw materials during drying and increase the thickness of the cutting, which is very important when using IR technology.

Keywords: IR technologies, design, modeling, inertialess, dynamics, intensification, energy saving, vegetative raw material, shaking.

UDC 678.05:004.2

Research of the process of heat transfer using numerical Euler method in engineering practice engineering specialties / Kazak I. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 10 (1112). – P. 82–85. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The article discusses the use of numerical Euler method to obtain the solution of the differential model of unsteady heat transfer process, investigation of the stability and convergence of the obtained solutions on the example of algorithmization and programming in Fortran MSDev environment. The process of heat transfer is often encountered in engineering practice engineering, so his study under various conditions by the Euler method is very important. Developed programs in Fortran MSDev environment for the calculation by the computer of the investigated non-stationary process of heat transfer using numerical Euler method under different process conditions. Such tasks are commonly used in studies of mechanical engineers in field of study mechanical engineering as well as in the educational process and professional activities.

Keywords: differential model, Euler method, numerical differential equations, program, non-stationary, process, heat transfer, engineering specialty, function.

UDC 641.521:641.53.92.004.15

Determination of process infrared grilling animal raw materials in open workspace/ Korenets Y., Nikiforov R. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 85–90. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

The work contains the description of the active experiment that was conducted to determine the optimal process parameters infrared cooking raw food of animal origin in an open workspace. The article deals with the creation of experimental installation for research of infrared processing food for an open workspace. Courtesy scheme and description of experimental stand, how to measure and control process parameters, process the results. The results of experimental studies subjected to treatment using the apparatus of mathematical statistics and methods of planning an active factor experiment. Based on data collected during the experiment, formulated the conclusions that have practical benefits for future research in this area and developing recommendations for the actual production. They also will be useful in improving existing and developing new kinds of technological devices for infrared cooking food.

Keywords: IR-treatment, infrared grilling, grill, grilling, food raw materials, the open workspace, setting process, the active experiment.

UDC 62.52

Electronic control unit of the internal combustion engine SECU-3/ Shabelnykov O. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 90–95. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

Research was carried out and electronic control unit of the internal combustion engine SECU-3 was developed. Also, embedded software (firmware) for it and software for configuration and diagnostics executed on a personal computer were developed (SECU-3 Manager). Main features of the SECU-3 unit were depicted in a nutshell. The principle of fuel injection pulse width calculation, air to fuel ratio correction algorithm based on the exhaust gas concentration of oxygen (excess air), structural and electrical diagrams of the control unit were described. Description includes formulas for basic injection pulse width calculation, block diagram of the oxygen sensor's output signal processing using integration. The principle of hardware processing of synchronization signals from typical crankshaft and camshaft position sensors, signal from detonation sensor, signals from analog and digital inputs and some other techniques were briefly described in the paper.

Keywords: injection, ignition, detonation, sensor, actuator, microcontroller, control, engine, vehicle, SECU-3.

UDC 621.634:629.735.035.3'7 (045)

Modeling of the axial fan stage transient characteristics/ Bohdanov M. Y. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P.95–99. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

This article tells us about the results of axial fan stage numerical and parametrical investigations, that helps defined the limits of stage operating conditions and provide estimation of it energy parameters. Calculation provides at rated and stall duties and shows discrete character of total pressure P^* and axial velocity C_{av} changes that means that output flow from directing vanes of the axial fan stage is pulse. Define the features of "basic" axial fan stage operation at rated duty that conclude in periodically formation of "M-form" spikes of total pressure P^* and axial velocity C_{av} values. Specify the presence of high-frequency modes of total pressure P^* and axial velocity C_{av} values during rated duty that equal to $f \cong 125 [Hz]$ and low-frequency modes of these parameters during stall operation of the axial fan stage that equal to $f \cong 71,4 [Hz]$.

Keywords: axial fan, transient characteristics, detached current, unevenness flow, pulse changes, pulsating flow.

УДК 669.295

Elaboration of the complex alloying technology of rare refractory metals at the stage of recovery/ Ianko T. B., Ovchinnikov A. V. // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131). – P. 99–103. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

The analysis of the production and the main problems of alloying of titanium-based and zirconium-based alloys have been carried out. The research for elaboration of complex alloying technologies of rare refractory metals titanium and zirconium has been carried out. A technological scheme of alloyed titanium and zirconium sponge obtaining been developed. The optimal input methods of alloying elements to the process of getting alloyed sponged titanium and zirconium at the stage of recovery were set. Thermodynamic analysis of the alloying of tita-

nium and zirconium sponged was performed. It have been developed a constructions of recovery apparatuses for zirconium tetrachloride and a mixture of titanium and vanadium tetrachlorides with aluminum, as well as the device for obtaining of a mixture of titanium and vanadium tetrachlorides with a specified vanadium content.

Keywords: zirconium, alloying elements, titanium, aluminum, vanadium, recovery, alloy, technology, reaction mass, apparatus.

UDC 622.691.4

Definition of the technical state of the combined type of containers during their operation/ Ivasiv V., Dzhus A., Ivasiv O.

//Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 103–108. – Bibliogr.: 16. – ISSN 2079-5459.

The problems of transportation technology implementing of compressed natural gas in marine waters are considered in the article. The aim of the research is to determine the technical condition of capacities in the combined type of operation. In this article were analyzed operating characteristics of the combined type containers. It was offered to use special automated system created on the basis of high-frequency inductive sensor as sensor metal losses at each point of control for nondestructive testing of metal structures combined type Leiner. It was set the possibility of using tested methods for determining the burst pressure metal Leiner the evaluation of the actual state of its surface. The research results will contribute to the implementation of a specific project in reality and will serve as support for technology in general.

Keywords: capacity combined type, composite material, strength and fracture containers, metal corrosion damage Leiner.

UDC 621.757

Quality management of disassembly of multicomponent compounds using thermal action/ Pavlova A., Romanov S., Lagoda A.

//Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 108–111. – Bibliogr.: 13. – ISSN 2079-5459.

Dismantling connections with a tightness or smelting of low-melting filler, Lich nonstationarity of the processes, since in addition to real transformation in their periodic thermal changes occurring elements. To ensure the minimum energy consumption and maximum system performance, fast-heat, and should be targeted, - in the shortest period of time necessary to heat only those portions of the female part of the compound which provides the expansion required for disassembly thermal gap or a portion of the housing which contains the fusible filler subject-conductive smelting. Was created a mathematical model of non-stationary thermal process, which is a system of second order differential equations variable structure depending on the temperature of the elements of multicomponent compounds. The model can be used for controlling the heating in the processes of melting fillers, and for controlling the heating by the thermal action disassembling multielement compounds with a tightness. The use of this model would greatly minimize the cost of energy at disbanding the set-multicomponent compounds.

Keywords: disassembly of compounds, induction heating, non-stationary heat process, mathematical model.

UDC 614.8-053.2/5

Child injuries – an actual problem of modern society/ Moskaliuk V. I., Sakun N. N. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 112-115. – Bibliogr.: 12. – ISSN 2079-5459.

Statistical analysis of child injury, analyzed the causes of fatal accidents. Was the comparative analysis of indicators of road accidents involving children in recent years. Injuries are the leading cause of fatal cases in children aged 3 years. The article presents suggestions on prevention reducing child injury. The problem of injuries to children for many years, remains an important issue. This is because among all types of injuries, child injuries is about 15 % and has no tendency to decrease. Every day around the world as a result of injuries and accidents kill about 2 million children. After reaching nine years of age unintentional injuries are life-threatening and cause of disability of children. In addition, injuries in children, including those with a fatal outcome, cause significant medical, moral and material damage to society. It should also be noted that in the warm period of the year, according to statistics, the number of injuries in children in the household increases by 35 %. The clear leader among the most dangerous activities is cycling. For the development and implementation of preventive measures conducted a study of the causes and conditions of occurrence of injuries in children.

Keywords: child injuries, accidents, occupational health, statistics, prevention, trauma, mortality.

UDC 543.27; 533.2

Technique of calculation and gas analytical control of emission of roof boilers/ D. Kornienko //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 115–121. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-5459.

The peculiarities of the effect of the work on individual roof boiler on house territory are analyzed. Mathematical modeling of the transport of gaseous pollutants in the atmosphere is conducted and determination of their spatial distribution is based on the use of physical and chemical characteristics of the pollutants, their sources of emission parameters, as well as wind speed and direction at the time of the release, the nature of the relief and development areas. Technological features of the roof boiler and methodology for determining the mass emissions of flue gas components are considered. The levels of concentration and composition of the flue gas at different operating conditions of boiler are determined. It is presented the developed numerical model of the zone of the flue gas, taking into account the impact of background concentrations of pollution in the location of the boiler room. The level of air pollution was carried out in the current box at a predetermined pitch computational grid - 50m. The main criteria for the quality of ambient air are maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances in the air, approved by the Ministry of Health. The choice of portable means of instrumental control is proved: gas analyzers, dust meters for emission monitoring of boiler roof, technical and metrological characteristics are analyzed. It is given recommendation for environmentally safe operating of roof boilers.

Keywords: heat supply, boiler, roof, power, emissions, weight, environment, diffusion, calculation, model, gas analyzer, dust meters.

UDC 006.91

Integrated control of sanitary-hygienic condition of the working area/ Popereka K., Kostenko V. //Bulletin of NTU "KhPI". Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2015. – № 22 (1131).– P. 121–124– Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The paper conducted research on integrated control of sanitary conditions of the working area. Particular attention is paid to the creation of a control device can automatically explore the normalized parameters, as well as accelerate the process of measurement. For a study of selected components of the device components, sensors and measurement circuits in order to optimize control. The results of the integrated control of sanitary and hygienic state of the working area. The analysis conducted in this paper studies the complex control hygienic factors using the layout of the developed device in industrial conditions possible to estimate the complex refractive deviation hygiene at con-

trolled workplaces. These results confirm the prospects for comprehensive monitoring of sanitary and hygienic state of the working area and can be used to ensure safe working conditions.

Keywords: integrated, research unit, measuring sensors, normalized parameters.

UDC 504.3.054

Computer models of laboratory works for the form of teaching controlled from distance/ Hondak I. I. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 22 (1131).– P. 124–127. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The computer designing programs are a visual instrument in the study of influencing of different types of contaminations on the state of health of man and environment. The use of similar laboratory works at the form of teaching controlled from distance it is very important and it is necessary in the modern terms. They allow to illustrate action of different situations related to ecological safety, and also to check up knowledges in a playing form. The presented computer models of laboratory works can get wide application in different Institutes of higher and be used in the educational process of all forms of teaching. They can be loaded on a network, to familiarize with reference information and use independently, not possessing the special technical skills.

Keywords: computer designing programs, contaminations, environment, the form of teaching controlled from distance.

UDC 621.3: 622: 519.24

Causes and consequences of injury coal-industrial laziness Ukraine/ Kobylansky B., Mnukhin A. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 22 (1131).– P. 127–131. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

The article proves the necessity of determining the characteristics and causes of the negative process of underground accidents at work planning how all of the coal industry, and directly to some of its businesses, in particular coal mines. Based on the task performance inspection and evaluation of industrial accidents at the facility was developed methodology for conducting experiments for a selected period of time and planned the best ways to reduce it. Based on the analysis of statistical methods conditions of safe work and causes of occupational injuries the author of a large coal-mining enterprise was a forecast of these factors depending on the time, the volume of production and other industrial process defining phenomena.

The proposed calculations allow to define ways to reduce accidents in the coal industry and thus reduce the costs of its liquidation. The author proved that a further increase in production capacity is impossible without training as personnel, part of his training in safe working practices, and without introduction new equipment with a high level of security.

Keywords: analysis of accidents, the coal industry, statistics, underground injuries ergatic object predicting injuries.

UDC 519.859+514.1

Construction of axioms of euclidean geometry in three-dimensional interval space/ Yevseeva L. //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2015. – № 22 (1131).– P. 132–136. – Bibliogr.: 19. – ISSN 2079-5459.

Interval geometry - scientific direction, which established on two rapidly developing areas nauchnih: interval analysis and geometric design. Investigate the feasibility of the axioms of Euclidean geometry in three-dimensional space based on the interval introduced concepts, on operations in interval spaces, the properties of interval maps. The concept of interval movement in the interval space, which allows the placement interval object is not only to use it to broadcast interval directed set, and the object rotates around its pole on the interval corner, which is very important when placing these 3D interval objects as interval convex polyhedra, in particular, interval box. The findings are used in the mathematical modeling and solving optimization problems interval geometric design.

Keywords: interval geometry, the axioms of Euclidean geometry, interval pseudoplan, interval pseudoline, interval motion.

ЗМІСТ

Аскеров М. Г. Влияние твердых включений и технологической обработки на физико-механические свойства материалов на основе пористой бронзы	3
Барсуков В. З., Сенік І. В., Савченко Б. М., Шпак Ю. В., Драган Д. Р. Гнучкі електропровідні плівки для фотоелектричних і фотоелектрохімічних пристроїв	6
Сергеева О. В., Пивоваров А. А. Получение наноразмерных частиц серебра в водном растворе под действием контактной неравновесной низкотемпературной плазмы	10
Бузовский О. В., Алещенко А. В. Система визуального проектирования и генерации программных кодов	14
Габинет А. В. Способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях	17
Загородня Т. М. Інформаційна технологія забезпечення компетентності випускників вищого навчального закладу з урахуванням вимог роботодавця	21
Кулешов В. В. Совершенствование ресурсосберегающих технологий на основе информационно-управляющих систем операторов подвижного состава	25
Мацуева К. А. Моделювання динамічного розподілення навантаження в інформаційній системі на базі хмарних обчислень	28
Жученко А. І., Міщенко К. Ю. Постановка задачі автоматичного управління сокоочисним відділенням цукрового виробництва	31
Нечай С. О., Хильченко Т. В. Дослідження ефективності систем стабілізації зображення фотокамер	35
Бузовский О. В., Подрубайло А. А. Частичное преодоление сар-теоремы в распределенном документ-ориентированном хранилище данных	38
Рогальський Р. Б. Проблеми та шляхи удосконалення пасажирського обслуговування сучасних міст	42
Бойко Ю. О. Впровадження систем відеоспостереження для обліку пасажирів на міських маршрутах	46
Полярус О. В., Коваль О. А., Коваль А. О. Використання методу шумів та online діагностики для вдосконалення метрологічного забезпечення на техногенно небезпечних об'єктах	49
Федюшин А. И., Баленко А. И. Разработка автоматизированной системы и программного обеспечения ЭВМ для управления системой контроля качества изделий	54
Наумов В. С. Алгоритм формування маршрутів доставки вантажів в умовах стохастичних параметрів попиту	59
Логвінова Н. О. Дослідження пропускнуої спроможності залізничного напрямку в умовах прискороного руху пасажирських поїздів	63
Сили И. И. Теоретическое исследование для определения параметров E-секториального рупора	68
Мазур В. А. Определение параметров электродинамической системы со скачкообразным расширением волновода в N-плоскости	72

Терещенко Ю. М., Дорошенко Е. В., Аболхассанзаде Д. Моделирование течения в двухрядных лопаточных венцах	75
Киптелея Л. В., Загорулько А. Е., Загорулько А. Н. Энергоэффективная ИК-сушилка для растительного сырья	78
Казак І. О. Дослідження процесу теплопередачі із застосуванням чисельного методу ейлера в інженерній практиці машинобудівельних спеціальностей	82
Коренець Ю. М., Никифоров Р. П. Визначення параметрів процесу іч-смаження харчової сировини тваринного походження в умовах відкритого робочого простору	85
Шабельников А. А. Электронный блок управления двигателем внутреннего сгорания сеси-3	90
Богданов М. Ю. Моделивання нестационарних характеристик ступеня осьового вентилятора	95
Янко Т. Б., Овчинников О. В. Розробка технології комплексного легування рідкісних тугоплавких металів в процесі відновлення	99
Івасів В. М., Джус А. П., Івасів О. В. Визначення технічного стану ємностей комбінованого типу в процесі їх експлуатації	103
Павлова А. А., Романов С. В., Лагода А. Н. Управление качеством разборки многокомпонентных соединений при использовании термовоздействия	108
Москалюк И. В., Сакун Н. Н. Детский травматизм – актуальная проблема современного общества	112
Корнієнко Д. Г. Методика розрахунків і газоаналітичного контролю викидів даховими котельнями	115
Поперека Е. Д., Костенко В. Л. Комплексный контроль санитарно-гигиенического состояния рабочей зоны	121
Хондак И. И. Компьютерные модели лабораторных работ для дистанционной формы обучения	124
Кобылянский Б. Б., Мнухин А. Г. Причины и следствия травматизма в угольной промышленности Украины	127
Евсеева Л. Г. Построение аксиом евклидовой геометрии в трехмерном интервальном пространстве	132
Реферати	137
Рефераты	142
Abstracts	147

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"**

Збірник наукових праць

Серія:

Механіко-технологічні системи та комплекси

№ 22(1131).2015

Наукові редактори: д-р техн. наук, проф. Д. О. Дьомін
д-р техн. наук, проф. О. В. Акімов
Технічний редактор В. О. Костик

Відповідальний за випуск канд. техн. наук Г. Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра ливарного виробництва.
Тел. (057) 707-68-54; e-mail: c7508990@gmail.com

Обл.-вид. №20-15

Підп. до друку 07.07.2015р. Формат 60x84/8. Надруковано на різнографі
Gestetner 6123CP. Ум.-друк. арк. 8. Облік.вид.арк. 8,75.
Наклад 100 прим. Зам. № 58-15. 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, тел. (057)750-89-90