

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

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"

Серія: «Механіко-технологічні системи та комплекси»

№ 40(1083)2014

Збірник наукових праць

Видання засновано в 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2014

Вісник Національного технічного університету "ХПІ"

Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси.
– Х.: НТУ „ХПІ» – 2014р. - №40(1083) –184 с.

Державне видання

Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України

КВ №5256 від 2 липня 2001 року

Збірник виходить українською та російською мовами.

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

Координаційна рада:

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

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

А. П. Марченко, д-р техн. наук, проф.; Є. І. Сокол, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф.; Є. С. 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. Грабчеснко, д-р техн. наук, проф.; В. Г. Данько, д-р техн. наук, проф.; В. Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. Домнін, д-р техн. наук, проф.; В. В. Єпіфанов, канд. техн. наук проф.; Ю. І. Зайцев, канд. техн. наук, проф.; П.О. Качанов, д-р техн. наук, проф.; В.Б. Клепіков, д-р техн. наук, проф.; С. І. Кондрашов, д-р техн. наук, проф.; В. М. Кошельник, д-р техн. наук, проф.; В. І. Кравченко, д-р техн. наук, проф.; Г. В. Лісачук, д-р техн. наук, проф.; О. К. Морачковський, д-р техн. наук, проф.; В. І. Ніколаєнко, канд. іст. наук, проф.; П. Г. Перерва, д-р екон. наук, проф.; В. А. Пуляев, д-р техн. наук, проф.; М. І. Рищенко, д-р техн. наук, проф.; В. Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.; Г. М. Сучков, д-р техн. наук, проф., Ю. В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф., М. А. Ткачук, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія

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

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

Члени редколегії: Акімов О. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Березуцький В. В., д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Дмітрік 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, Селів'орстов В. Ю., д-р техн. наук, НМетАУ, Дніпропетровськ, 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 вченого радою НТУ „ХПІ”

Протокол № 8 від « 26 » вересня 2014 р.

P. I. ПАХАЛЮК, аспірант, НТУУ «КПІ», Київ;
К. М. БОЖКО, ст. викладач., НТУУ «КПІ», Київ

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДЕФЕКТІВ КРЕМНІЄВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

В даній статті вперше вдалось поєднати в одному підході такі різні методи як інфрачервоні термографія та телевізійна мікроскопія для дослідження електролюмінісцентних дефектів. Основою підходу стала ідея нагрівання фотоелектричних сонячних батарей зворотним темновим струмом, в процесі якого і реалізовано візуалізацію дефектів. Застосовані нами методи візуалізації дефектів кремнієвих ФЕСБ базуються на процесі їх нагрівання зворотним темновим струмом. Візуалізація електролюмінісцентних дефектів дозволяє здійснювати контроль на основі ТЗВ.

Ключові слова: дефект, термографія, електролюмінісценція, батарея, інфрачервона, візуалізація, перегрів

Вступ. Розробка нових та вдосконалення вже існуючих систем електротривалення на основі фотоелектричних сонячних батарей (ФЕСБ) неможливі без ефективних методів та засобів контролю, застосування яких має супроводжувати весь життєвий цикл системи та забезпечувати об'єктивну оцінку прийнятих технічних рішень і результатів розробки, вимірювання експлуатаційних характеристик, контроль дефектів і деградації тощо. Кремній є в наш час основним матеріалом сонячної енергетики. Відповідно до звіту [1] Інституту сонячних енергетичних систем імені Фраунгофера, Фрайберг, Німеччина, у 2012 році 85 % від загалу складали потужності на моно- та мультикристалічних кремнієвих пластинах. Контроль дефектів кремнієвих пластин дозволяє визначити стан деградації ФЕСБ, які в процесі тривалої багаторічної експлуатації поступово зменшують свій коефіцієнт корисної дії. Так, за результатами досліджень Schatz Energy Research Center, в перші десять років коефіцієнт корисної дії зменшується на 0,4 % щорічно, у другому десятиріччі ця величина вже сягала 1,4 % [2]. Досвід провідних лабораторій свідчить про важливість розробки та використання методів візуалізації дефектів сонячних елементів (СЕ), із яких побудовані ФЕСБ. Нагальною проблемою є адаптація вже існуючих в межах лабораторій методів та засобів візуалізації дефектів до умов експлуатації ФЕСБ. Основними вимогами до них є неруйнівний характер, а також достовірність та простота у використанні.

Інфрачервона термографія. Інфрачервона термографія (LT - Lock-in Thermography) є одним із основних методів візуалізації дефектів при нагріванні поверхні об'єкту дослідження. Нерівномірність температурного поля свідчить про наявність дефектів, які є джерелами додаткового локального нагрівання. Метод розроблений для різних застосувань і, зокрема, для контролю сонячних елементів [3]. Нагрівання сонячних елементів здійснюють темновим струмом, який пропускають через елемент, з'єднавши його із зовнішнім джерелом живлення. Для прямого включення типовим є режим:

© Р. І. ПАХАЛЮК, К. М. БОЖКО, 2014

- напруга від +0,5 до +0,6 В;
- щільність струму від 0 до 30 mA/cm^2 [4].

Останні досягнення методу – це побудова за знятыми термограмами поверхні сонячного елементу (в рамках ітераційної моделі) вольт-амперних характеристик локальних місць нагрівання [4], в яких зосереджені дефекти типу паразитних діодів Шоттки. За вольт-амперними характеристиками визначають такий важливий експлуатаційний параметр, як коефіцієнт прямокутності (коефіцієнт форми). Зменшення коефіцієнту форми свідчить про деградацію сонячного елементу. Зазначимо, що даний метод неможливо застосувати для контролю ФЕСБ, оскільки в них 36 або більше елементів з'єднані послідовно і неможливо задавати та вимірювати напругу на окремому елементі. Проте, на наш погляд, цей метод може бути дієвим при застосуванні імпульсного режиму нагрівання темновим струмом. Для підтвердження цієї гіпотези потрібні окремі дослідження.

При зворотному включені сонячного елементу струм тече через його шунтовий опір. За наявності дефектів типу електричного пробою, а також електролюмінісцентних точок (технологічних дефектів поблизу контактних шин) на поверхні також утворюються місця локального перегріву. Термограма дозволяє локалізувати місця дефектів та оцінити їх внесок в деградацію. Для зворотного включення типовим режимом є:

- напруга від -9 до -20 В;
- середня щільність потужності $0,1 \text{ Вт}/\text{cm}^2$, що еквівалентно до нагрівання від Сонця за стандартом AM1.5.

Нами отримано термограму сонячного елементу на кристалічному кремнії при напрузі -20 В (рис. 1). Локальний осередок перегріву (у вигляді білої плями) має на 20 градусів вищу температуру ($67,24^\circ\text{C}$), ніж середня температура поверхні елементу (47°C). Наявність скла над пластиною кремнію призводить до збільшення осередку перегріву, проте локалізація і оцінка його теплової потужності можливі.

Виконання термографічного контролю ФЕСБ потребує подачі зворотної напруги до 1000 В. З цією метою нами було

розроблено регульоване каскадне джерело живлення з вихідною потужністю 400 Вт [5]. Регульовання вихідної напруги здійснювалось вручну в діапазоні від 0 до 1000 В. За допомогою цього джерела були отримані термограми моно- та полікристалічних кремнієвих ФЕСБ (рис. 2). Наявність білої плями в центрі зображення свідчить про наявність дефекту. Градієнт температури в зоні дефекту сягає 2 град/піксель. Дефект унеможливлює проведення так званого PID – тесту,

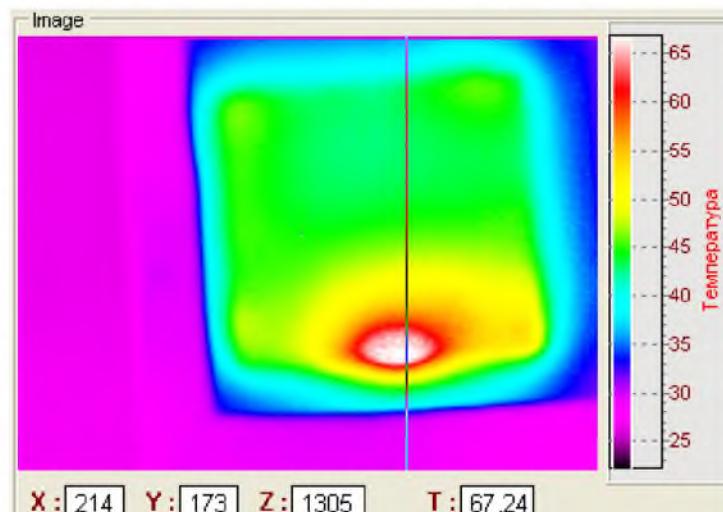


Рис. 1 – Термограма сонячного елементу з розмірами 70×70 мм при нагріванні зворотним темновим струмом; координати точки (X, Y) дано у пікселях, температуру T – у градусах за Цельсієм; зображення має розміри 320×240 пікселів

за умовами якого ФЕСБ випробують 48 годин безперервно під зворотною напругою 1000 В (PID - Potential Induced Degradation). Проведення цього тесту є частиною вихідного контролю на виробництві ФЕСБ [6]. Після проведення тесту до реалізації надходять лише ті вироби, коефіцієнт корисної дії яких зменшився на 0–15 %. Всі інші мають бути утилізовані.

На наш погляд, застосування інфрачервоної термографії при нагріванні зворотним темновим струмом може бути складовою періодичного контролю ФЕСБ в умовах експлуатації, а не тільки при виробництві.

Телевізійний метод контролю електролюмінісцентних дефектів. Електролюмінісценція (EL) дефектів (гарячих точок) кремнію є також основою методу їх візуалізації. Причиною появи цих дефектів є утворення паразитних світлодіодних структур на фосфіді алюмінію внаслідок недосконалості технології нанесення шин живлення на поверхню кремнієвої пластини.

Світіння супроводжується нагріванням поверхні темновим струмом. Ефект виникає при подачі на кремнієвий сонячний елемент зворотної напруги. Більшість результатів за цим методом було отримано на пластинах кремнію із застосуванням оптичних систем [7]. Телевізійні засоби вимірювання (ТЗВ) були застосовані нами при дослідженні електролюмінісцентних дефектів як на окремих сонячних елементах, так і на ФЕСБ [5]. ТЗВ дозволяє локалізувати дефект, визначити його розміри, форму контуру, виміряти вольт-контрастні характеристики окремих пікセルів тощо. Розроблений лабораторний стенд телевізійного контролю електролюмінісцентних дефектів сонячних елементів наведений на рис. 3. При застосуванні каскадного джерела живлення 1000 В, 400 Вт за тою ж схемою побудовано стенд для телевізійного контролю ФЕСБ. Позиціонування місць контролю виконують вручну на столику із прецизійним механічним приводом по трьох координатах. Похибка координати не перевищує 5 мікрон, що в умовах експерименту відповідає роздільній здатності системи (5 мікрон/піксель).

На рис. 4 наведено також фотографію стенду. На столику закріплено монокристалічну кремнієву ФЕСБ потужністю 30 Вт.

При рівномірному розподілі дефектів по поверхні сонячного елементу нагрівання є також рівномірним і воно не веде до значної деградації ФЕСБ. Вкрай шкідливим є локальне скupчення дефектів, яке призводить до значного перепаду температури між зоною дефекту та неушкодженою частиною сонячного елементу. Слід зауважити, що наявність у ФЕСБ принаймні одного дефектного елементу зменшує загальний коефіцієнт корисної дії. Струм тече послідовно по всіх

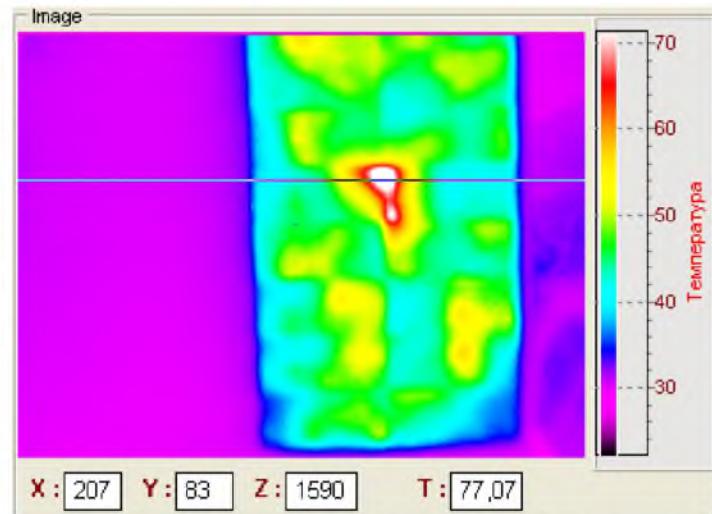


Рис. 2 – Термограма ФЕСБ із полікристалічного кремнію потужністю 60 Вт; зворотна напруга -290 В, темновий струм -450 мА, напругу подано до половини батареї (18 елементів); середня температура поверхні 47°C, температура в зоні перегріву – до 77°C

елементах батареї, із зростанням температури його величина спадає приблизно на 4% на кожні 10 градусів. Напруга при цьому майже не змінюється. Отже вихідна потужність і коефіцієнт корисної дії ФЕСБ буде зменшуватись так само, як у найбільш дефектного елементу. Дефекти, як правило, розташовані на відстані 2-20 міліметрів один від одного, іноді вони утворюють пари (рис. 5).

На нашу думку, важливим є також візуальний контроль люмінесцентних точок ФЕСБ, який можна виконувати неозброєним оком в умовах часткового затемнення приміщення. Пропонуємо за результатами контролю складати карту дефектів (рис. 6), яка має бути у складі паспорту при реалізації ФЕСБ.

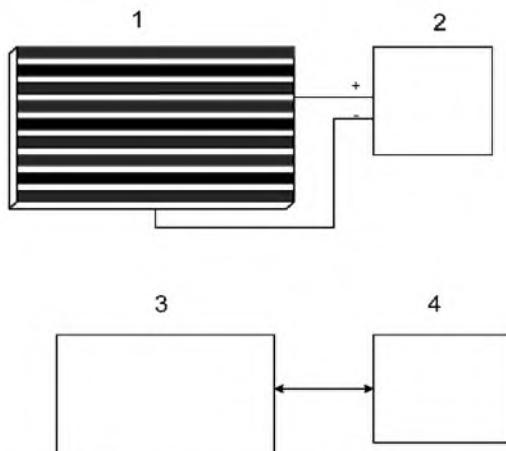


Рис. 3 – Стенд телевізійного контролю електролюмінісцентних дефектів; 1 – сонячний елемент або ФЕСБ, 2 – джерело живлення, 3 – телевізійна камера, 4 – персональний комп’ютер



Рис. 5 – Електролюмінісцентні дефекти сонячного елементу на кристалічному кремнії, збільшення у 50 раз, відстань між дефектами 200 мкм



Рис. 4 – Зовнішній вигляд стенду телевізійного контролю

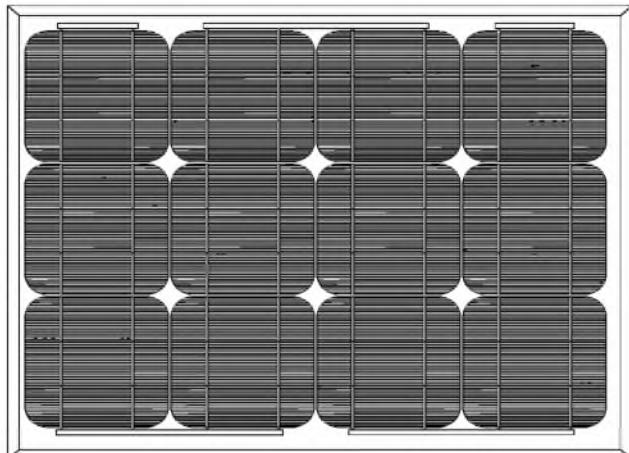


Рис. 6 – Кarta дефектів монокристалічної кремнієвої ФЕСБ потужністю 30 Вт, складена за результатами візуального контролю; зворотна напруга 700 В

Висновки. Застосовані нами методи візуалізації дефектів кремнієвих ФЕСБ базуються на процесі їх нагрівання зворотним темновим струмом. Візуалізація електролюмінісцентних дефектів дозволяє здійснювати контроль на основі ТЗВ. Обробка зображень комп’ютерною програмою дозволяє на основі відомих

алгоритмів з точністю до одного пікселя визначати границю дефекту, а також вимірювати вольт-яскравісні та інші характеристики. Інфрачервона термографія надає інтегральну характеристику ФЕСБ у вигляді температурного поля її поверхні. Локалізація дефектів тут не є такою високою, як при застосуванні ТЗВ, проте швидкість і надійність контролю надають переваги при виконанні поточного контролю в умовах експлуатації. На наш погляд, контроль на основі методів візуалізації дефектів має супроводжувати весь життєвий шлях ФЕСБ – від виробництва до моменту виведення із експлуатації. Розвиток цих методів полягає у їх комплексному застосуванні, створенні мобільних засобів спеціально для умов експлуатації, побудові досконалих математичних моделей та комп’ютерних програм на їх основі.

Список літератури 1. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE [Electronic resource] / Photovoltaics Report. Freiburg, 2012. – Available at: www.ise.fraunhofer.de 2. Chamberlin, C. E. Comparison of PV module performance before and after 11 and 20 years of field exposure [Electronic resource] / C. E. Chamberlin, M. A. Rocheleau, M. W. Marshall, A. M. Reis, N. T. Coleman, P. A. Lehman // 37th IEEE PV Specialists Conference, Seattle, WA, 2011. – Available at: www.schatzlab.org/docs/2011_IEEE_full-paper-Chamberlin-v3.pdf 3. Breitenstein, O. Lock-in Thermography. Basic and Use for Evaluating Electronic Devices and Materials [Text] / O. Breitenstein, W. Warta, M. Lagenkamp – New York : Springer Heidelberg Dordrecht London, 2010. – P. 256. 4. Breitenstein, O. Nondestructive local analysis of current-voltage characteristics of solar cells by lock-in thermography [Text] / O. Breitenstein // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2011. – № 95. – pp. 2933-2936. 5. Порев, В. А. Исследование люминесцирующих дефектов солнечных панелей [Текст] / В. А. Порев, Р. И. Пахалюк, К. М. Божко // Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. – 2014 . – №1. – С.11-14. 6. Naumann, V. Micro Structural Root Cause Analysis of Potential Induced Degradation in c-Si Solar Cells [Text] / V. Naumann, C. Hagendorf, S. Grosser, M. Werne // Energy Procedia, . – 2012 . – № 27. – pp 1–6. 7. Попов, В. М. Локальные свойства электрически активных дефектов в солнечных батареях на основе кремния [Текст] / В. М. Попов, А. С. Клименко, А. П. Поканевич // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2010. – № 4. – С. 43–48.

Bibliography (transliterated): 1. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Photovoltaics Report. Freiburg, 2012. Available at: www.ise.fraunhofer.de 2. Chamberlin, C. E. Rocheleau, M. A., Marshall, M. W., Reis, A. M., Coleman, N. T., Lehman, P. A. (2011). Comparison of PV module performance before and after 11 and 20 years of field exposure. 37th IEEE PV Specialists Conference, Seattle, WA, 2011. Available at: www.schatzlab.org/docs/2011_IEEE_full-paper-Chamberlin-v3.pdf. 3. Breitenstein, O., Warta, W., Lagenkamp M. (2010). Lock-in Thermography. Basic and Use for Evaluating Electronic Devices and Materials. New York : Springer Heidelberg Dordrecht London, 256. 4. Breitenstein, O. (2011). Nondestructive local analysis of current-voltage characteristics of solar cells by lock-in thermography. Solar Energy Materials & Solar Cells, 95, 2933-2936. 5. Porev, V. A., Pakhalyuk, R. I., Bozhko, K. M. (2014). Research of luminescent defects solar panels. Proceedings of the Academy of Engineering Sciences. A.M. Prokhorov, 1, 11-14. 6. Naumann, V. Hagendorf, C., Grosser, S., Werne, M. (2012). Micro Structural Root Cause Analysis of Potential Induced Degradation in c-Si Solar Cells. Energy Procedia, 27, 1–6. 7. Popov, V. M., Klimenko, A. S., Pokanovich, A. P. (2010). Local properties of electrically active defects in solar cells based on silicon. *Technology and design in electronic equipment*, 4, 43-48.

Надійшла (received) 25.07.2014

P. В. ПРИХОДЬКО, канд. техн. наук, с.н.с, Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, Київ;
I. В. ЧЕРНЕНКО, студентка, НТУУ «КПІ», Київ

МОДИФІКУВАННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ СИНТЕТИЧНОГО СТИВЕНСИТУ

Один із найбільш перспективних матеріалів в каталізі є синтетичний стивенсит. Це обумовлено, значною кислотністю його поверхні, великою обмінною ємністю та однорідністю хімічного складу. Тому дане дослідження пов'язано з модифікуванням пористої структури стивенситу поліолігокатіонами металів алюмінію, титану та хрому та вивчення їх фізико – хімічних властивостей.

Ключові слова: стовпчасті глини, пилар, олігомери, стивенсит, синтез, смектити, поліолігокатіон, модифікування, золь- гель метод, адсорбція – десорбція.

Вступ. Протягом останніх десятиліть на стовпчасті (пілард) глини звертають увагу вчені з можливістю їх використання в якості ефективних каталізаторів та сорбентів [1]. Кatalізатори та сорбенти на основі пилар («pillaring») систем використовуються в процесах гідратації, дегідратації, етерифікації, полімеризації та ін. [2]. Термін «pillaring» часто зв'язують з синтезом шаруватих силікатних матеріалів з іммобілізованими поліолігокатіонами в їх міжшаровому просторі. Концепція пилар матеріалів розповсюджена і на інші шаруваті матеріали, такі як аніонні глинисти матеріали або подвійно шаруваті гідрооксиди, чи оксиди марганцю. Процес оснований на отриманні - мікро чи мезопористих термічно стабільних матеріалів зі збереженням структури шарів [3–5].

Ціль і завдання дослідження. Завдання даного дослідження – це синтез стивенситоподібних матеріалів у негідротермальних умовах. Золь – гель синтез поліолігокатіонів металів Al, Ti та Cr. Модифікування синтетичного стивенситу поліолігокатіонами металів та вивчення їх фізико-хімічних властивостей.

Методика експериментів. Для отримання стивенситоподібних матеріалів, в якості джерела кремнію було вибрано аеросил [6, 7]. На першому етапі 5 г аеросилу (380, Degussa) диспергували у 600 см^3 дистильованої воді. Одержану суспензію нагрівали до 363 К при інтенсивному перемішуванні. Після чого, до неї додавали 300 мл розчину, який містив 70 ммоль $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ та 0.3 моль $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Отриману суміш витримували при 363 К та інтенсивному перемішуванні протягом 3-24 годин. Тверду фазу відфільтровували, промивали кілька разів дистильованою водою та сушили при 403 К продовж 16 годин. Зразки, що містять в октаедричних сітках катіони Zn^{2+} позначені відповідно як Zn-СТ.

Синтезовані смектити заміщені обмінними катіонами Na^+ були приготовані трьохкратною обробкою водної суспензії глини (5 мас.%) 1 моль $\cdot\text{dm}^{-3}$ розчином хлориду натрію продовж 12 год. Після цього, катіонзаміщену форму відмивали деіонізованою водою до негативної реакції на іони Cl^- (реакція з AgNO_3) та сушили продовж 16 год при 353 К [5].

На другому етапі золь-гель синтезом приготували поліолігокатіони металів Al, Ti та Cr. Фіксуючий агент, що містить олігомерні гідроксокатіони алюмінію, був приготований розчиненням $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck) в деіонізованій воді. Потім розчиняли NaOH (Merck) в деіонізованій воді в атмосфері азоту при умові 0,2 М вихідного лужного розчину. Кількість кислоти, яка необхідна для забезпечення бажаного молярного відношення OH/Al лежить в границях 2,56 [8].

Фіксуючий агент, що містить олігомерні гідроксокатіони хрому, отримали гідролізом нітрату хрому за методикою [9]. Для цього до інтенсивно перемішуваного розчину $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ (2.0 моль l^{-1}) додавали невеликими порціями карбонат натрію таким чином, щоб pH не перевищувало 4.0, а молярне відношення $\text{OH}^-/\text{Cr}^{3+}$ дорівнювало 2. Потім розчин витримували при 368 К протягом 36 годин в умовах постійного інтенсивного перемішування. Повноту гідролізу контролювали методом електронної спектроскопії і по зміні pH розчину.

Золь, який містить олігомерні гідроксокатіони титану, отримують гідролізом ізопропілату титану ($\text{Ti}(\text{i}-\text{OC}_3\text{H}_7)_4$) в присутності соляної кислоти [9]. Для цього $\text{Ti}(\text{i}-\text{OC}_3\text{H}_7)_4$ додавали по краплям до інтенсивно перемішуваного розчину HCl в кількості, яка дорівнює молярному відношенню $\text{HCl}/\text{TiO}_2 = 4.0$ та витримували при 293 К протягом 3 годин. Цю опрецію проводили в атмосфері аргону. Утворені золі потім прибавляли по краплям до водно - ацетонової суспензії Na – форми стивенситу (1,0 мас. %) в кількості, яка буде забезпечувати 40 – кратне перевищення величини катіон - обмінної ємності (в перерахунку на кількість молей оксиду металу). Отриману суміш витримували при тій же температурі та інтенсивно перемішували протягом 3 годин, після чого тверду фазу відділяли центрифугуванням та відмивали деіонізованою водою до від'ємної реакції на іони хлору (частіше всого 5 разів) та сушили на повітрі при 298 К в продовж 12 годин. Потім прожарювали протягом 6 годин при 573 К (швидкість нагрівання 1 К/хв.). Зразки, що містять в іонообмінних положеннях поліолігокатіони Al, Cr і Ti позначені відповідно як AlPILC, CrPILC і TiPILC.

Обговорення результатів. При синтезі Zn-СТ утворення деякої кількості смектитової фази відбувається продовж 3.0 годин, про що свідчать рентгенівські дифрактограми цього матеріалу.

При збільшенні тривалості синтезу до 12 годин, кількість, як і кристалічність синтезованого матеріалу, значно зростають (рис. 1), на що вказує суттєве зростання інтенсивності базальних рефлексів дальнього порядку (06,33) та (113) [4, 5]. Подальше збільшення часу реакції до 24 год призводить до звуження рентгенівських піків, при цьому значно зростає інтенсивність першого базального рефлексу [$d(001)$]. Ці результати вказують на те, що формування кристалічної гратки Zn-СТ практично завершується продовж 24 годин. Усі відзначенні базальні рефлекси являються характерними для рентгенівських дифрактограм кристалічних граток триоктаедричних смектитів, у т.ч. природного стивенситу.

Цей висновок підтверджується даними скануючої електронної мікроскопії. Із знімку наведеного на рис. 3.А для Zn - стивенситу видно, що після 24 годин синтезу реакційна суміш містить лише шарувату фазу, характерну для кристалічної будови стивенситу. В подальшому, для пиларування стивенситу був використаний зразок, який синтезувався впродовж 24 годин.

В умовах програмованої зміни температури, базуючись на термогравіметричному методі, проведено термічний аналіз (ТГ) синтезованого стивенситу, результати якого наведено на рис. 2. При проведенні диференційного аналізу кривої ТГ, можливо відмітити чіткі ендотермічні піки при 423 і 1027 К і екзотермічні ефекти при 1047 і 1081 К. Форму кривої можливо пояснити таким чином, що спочатку видаляється адсорбована вода із поверхні синтезованого зразка (різке зниження до 423 К). Надалі видаляється вода, яка входить до структури шаруватого мінералу (пологе зниження близько до 1027 К) з незначною втратою ваги. Екзотермічний пік з'явився після процесу гідроксилювання.

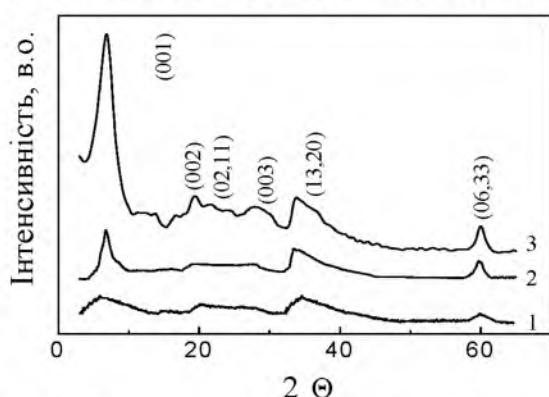


Рис. 1 – Рентгенівські дифрактограми зразків стивенситу, синтезованого продовж різного часу: 1 – після 3 год; 2 – після 12 год; 3 – після 24 год

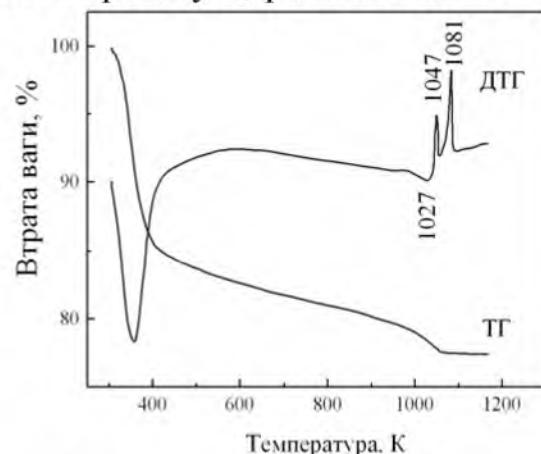


Рис. 2 – Результат термічного аналізу (ТГ) синтезованого впродовж 24 год. стивенситу

На мікрофотографіях електронної мікроскопії чітко видні відмінності в морфології отриманих зразків (рис. 3). Після пілар процесу зразки AlPILC, CrPILC та TiPILC (рис. 3, б – г), стають все більш вкриті поверхневим шаром, який не дає нам змоги спостерігати чіткої характерної морфології глини на відмінно від зразка Zn-CT (рис. 3, а), де спостергається чітка морфологія глини. Мікрофотографії PILC прожарених при 573К, демонструють – мікро та мезопористу структуру для Al-PILC та Cr-PILC та Ti-PILC спостерігається суттєва зміна морфологічного стану поверхні. З'явилися окремі мілкі включення та поверхня в масі стала більш рихлою і складається із агломератів маленьких часток у формі луски.

Ізотерми адсорбції – десорбції азоту були отримані при 77 К з використанням вакуумної установки Micromeritics Asap 2010, (США). Ізотерми адсорбції

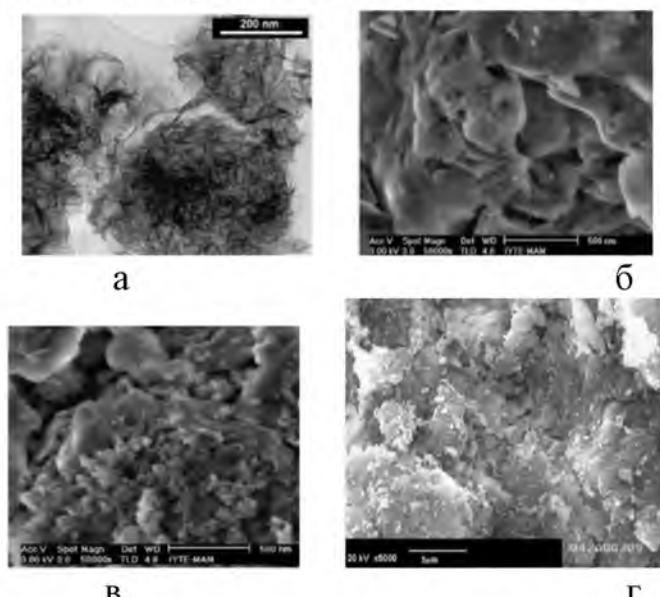


Рис. 3 – Електронномікроскопічні знімки зразків Zn- стивенситу: а – Zn-CT; б – AlPILC; в – CrPILC; г – TiPILC

синтезованих та модифікованих зразків прожарених при 573 К, зображені на рис. 4. Перед проведенням експериментів зразки прожарювали у вакуумі при 473 К, 10 Па (5 годин). Ізотерми для Zn^{2+} – вмістного стивенситу (рис. 4, а) можна віднести до IV типу за класифікацією ІЮПАК. Це свідчить про переважно мезопоруватий

характер його поруватої будови. Зразки AlPILC та CrPILC демонструють – мікро та мезопористу структуру (рис. 4, б - в) У зразка Ti-PILC, зображеного на рис. 4, в спостерігається суттєва зміна морфологічного стану поверхні.

Відповідно до класифікації ІЮПАК, зразки мають II та IV тип форми ізотерми адсорбції, що вказує на присутність – мікро та мезопор. Фізичні властивості пиларованих стивенситів наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Параметри поруватої будови синтезованих та модифікованих стивенситоподібних матеріалів прожарених при 573 К

Зразок	$*S_{BET}, \text{м}^2 \text{г}^{-1}$	$*V_{np.}, \text{см}^3 \text{г}^{-1}$	$*V_{mik.}, \text{см}^3 \text{г}^{-1}$
Zn-CT	212.24	0.162	0.002
AlPILC	318,38	0.193	0.015
CrPILC	270,81	0.172	0.011
TiPILC	173,14	0.085	0.001

* - S_{BET} – питома поверхня розрахована за методом БЕТ;

$V_{np.}$ – загальний об'єм пор;

$V_{mik.}$ – об'єм мікропор.

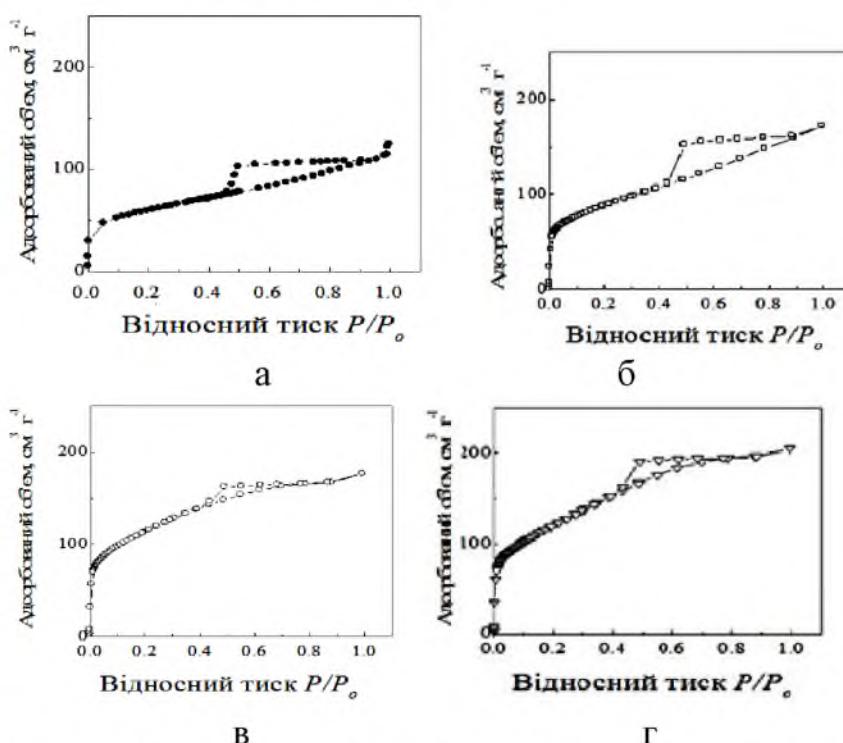


Рис. 4 – Залежність відносного тиску від адсорбованого об'єму синтезованих та модифікованих зразків: а - Zn - CT; б – AlPILC; в – CrPILC; г - TiPILC

Збільшення S_{BET} для зразків AlPILC і CrPILC свідчить про те, що процес інтеркалювання прошов успішно. Крім того, для кожного зразка, за винятком зразка TiPILC, загальний обсяг пор і мікропор збільшився.

Зменшення площин поверхні та зменшення загального об'єму пор зразка TiPILC узгоджується із результатами отриманими із рентгенівських

дифрактограмм модифікованого зразка Zn - стивенситу, зображеніх на рис. 5. Характерні базальні відбивання для шаруватої структури відсутні. Це можливо пояснити тим, що pH отриманого золью поліолігокатіону титану приблизно рівний 2, при трьох годинному іонному обміні сталася кислотна руйнація структури глини. У випадку синтезу CrPILC при pH 4 із рентгенівської дифрактограмми спостерігається часткова деструкція Zn-стивенситу.

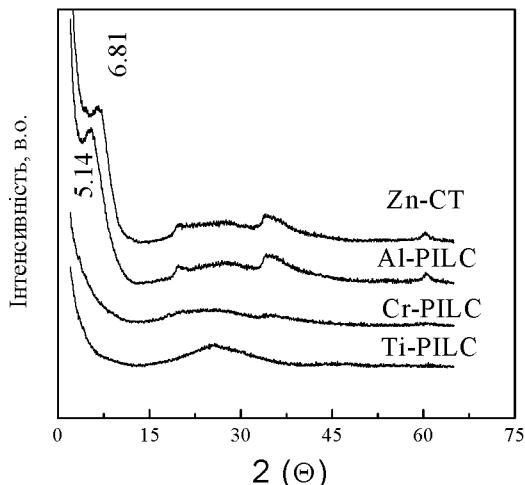


Рис. 5 – Рентгенівські дифрактограмми синтезованих та модифікованих зразків Zn-стивенситу та AlPILC, CrPILC, TiPILC прожарених при 573 К

Висновки. У роботі наведено приклад негідротермального (нетрадиційного) синтезу катіонообмінної глини смектитового ряду Zn - стивенситу. Одержані результати свідчать про те, що оптимальними параметрами синтезу Zn - СТ являється час реакції 24 години при температурі реакційного середовища 363 К.

Синтезовано золь – гель методом поліолігокатіонів металів Al, Ti та Cr. Проведено успішне модифікування синтетичного стивенситу (пилар процес) та отримані AlPILC та CrPILC. Пилар процес для негідротермально - синтезованого стивенситу залежить від pH реакційного середовища. Синтезувати TiPILC не вдалося через причину занижкового pH.

Список літератури: 1. *Vicentea M. A. Pillared Clays and Clay Minerals / M. A. Vicentea, A. Gilb, F. Bergaya // Handbook of Clay Science, Developments in Clay Science.* – 2013. – Vol. 5A. – P. 523–557. 2. *Kloprogge J. T. A review of the synthesis and characterisation of pillared clays and related porous materials for cracking of vegetable oils to produce biofuels / J. T. Kloprogge, L. V. Duong, R. L. Frost // Environmental Geology.* – 2005. – Vol. 47, № 7. – P. 967–981. 3. *Takahashi N. Study of synthetic clay minerals. Part IV: synthesis of microcrystalline stevensite from hydromagnesite and sodium silicate / N. Takahashi, M. Tanaka, T. Satoh, T. Endo, M. Shimada // Microporous Materials.* – 1991 . - Vol. 79. - P. 35-42. 4. *Brindley, G. W. Stevensite, a montmorillonite-type mineral showing mixed-layer characteristics / G. W. Brindley // The American Min.* - 1955. - №3. - P. 239-247. 5. *Faust G. T. Restudy of stevensite and allied minerals / G. T. Faust, G. A. Millot // The American.* - 1959 -Vol. 44, №2. - P. 342-370. 6. *Prihod'ko R. V. Preparation and Characterization of metal supported synthetic saponite and stevensit / R. V. Prihod'ko, I. M. Sychev, P. J. Astrelin, R. A. Stobbelaar van Santen // Book of Abs. EUROCLAY' 99 Int. Conf. – Krakow. – Poland. – 1999. - P. 135. 7. *Prihod'ko R. V. Synthesis and characterization of metal containing smectite catalysts / R. V. Prihod'ko, M. V. Sychev, R. A. Stobbelaar van Santen // Book of Abs. Dutch-Ukrainian International Colloquium on Catalysis.* – Kiev. – Ukraine. – 2000. – P. 74. 8. *Тарасевич Ю. И. Получение и свойства столбчатых глин на основе Ca - монтмориллонита / Ю. И. Тарасевич, М. В. Сычев, Р. В. Приходько // Укр. хим. журн.* - 2002. - Т. 68, № 10 – С. 88-91. 9. *Сычев М. В. Исследование пористой структуры столбчатых глин. Монтмориллонит, фиксированный диоксидом титана / М. В. Сычев, Н. Ю. Костоглод, Р. В. Приходько, И. М. Астрелин, А. В. Степаненко // Кинетика и катализ.* – 1998. - Т. 39, № 4. - С. 593-599.*

Bibliography (transliterated): 1. *Vicentea, M. A., Gilb, A., Bergaya, F.* (2013). Pillared Clays and Clay Minerals .Handbook of Clay Science, Developments in Clay Science, 5 A, 523–557. 2. *Kloprogge, J. T., Duong, L. V., Frost, R. L.* (2005). A review of the synthesis and characterisation of pillared clays and related porous materials for cracking of vegetable oils to produce biofuels. Environmental Geology, Vol. 47, № 7, 967–981. 3. *Takahashi, N., Tanaka, M., Satoh, T., Endo, T., Shimada, M.* (2005). Study of synthetic clay minerals. Part IV: synthesis of microcrystalline stevensite from hydromagnesite and sodium silicate. Microporous Materials. Vol. 79, № 3, 35-42. 4. *Brindley, G. W.* (1955). Stevensite, a montmorillonite - type mineral showing mixed - layer characteristics. The American Min, Vol. 40, № 3, 239 -247. 5. *Faust, G. T, Millot, G.* (1959). A restudy of stevensite and allied minerals. The American Min, Vol. 44, № 2, 342 - 370. 6. *Prihod'ko, R. V., Sychev, I. M., Astrelin P. J., Stobbelaar van Santen, R. A.* (1999). Preparation and Characterization of metal supported synthetic saponite and stevensite. Book of Abs. EUROCLAY' 99 Int. Conf. – Krakow. – Poland. –135. 7. *Prihod'ko, R. V, Sychev, M. V., Stobbelaar, P. J., de Beer V. H. J., van Santen, R. A.* (2000). Synthesis and characterization of metal containing smectite catalysts. Book of Abs. Dutch-Ukrainian International Colloquium on Catalysis. – Kiev. – Ukraine. – 74. 8. *Tarasevich, Y. I, Sychev, M. V, Prikhodko, R. V.* (2002). Preparation and properties of clay-based columnar Ca-montmorillonite. Ukr. chem. Journal, Vol. 68, № 10, 88-91. 9. *Sychev M. V, Kostoglod N. Y, Prikhodko R. V. Astrelin I. M, Stepanenko A. V.* (1998). Investigation of the structure of columnar porous clays. II. Montmorillonite, fixed titanium dioxide. Kinetics and kataliz, Vol. 39, № 4, 593-599.

Надійшла (received) 25.07.2014

P. M. ТРИЩ, д-р техн. наук, проф., УІПА, Харків;
В. М. БУРДЕЙНАЯ, асистент, УІПА, Харків

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КООРДИНИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В статье рассмотрены основные подходы при оценивании качества координированных отверстий с помощью статистических методов. Предложена новая модель для процесса оценивания показателей качества точности координированных отверстий при механической обработке. Получены числовые характеристики для модели оценивания качества точности координированных отверстий с помощью статистических методов машиностроения.

Ключевые слова: качество, отверстие, характеристика, обработка, методы, рассеивание, показатели, коэффициент, модель, размер

Введение. Качество деталей, сборочных единиц и технологических процессов в машиностроительном производстве оценивают на основании данных распределения во времени их показателей, что дает возможность оценивать, прогнозировать и управлять технологическим процессом. Рассеивание действительных значений показателей качества, как случайных величин, описывается моделью (законом) распределения, характеризующейся параметрами и ее числовыми характеристиками. Построение и идентификация моделей по опытным данным, занимает центральное место при управлении качеством статистическими методами. Точность большинства изделий машиностроения и приборостроения является важнейшей характеристикой их качества, так как современные машины не могут функционировать при недостаточной точности их изготовления в связи с возникновением дополнительных динамических нагрузок и вибраций, нарушающих нормальную работу машин и вызывающих их разрушение [6]. Важное значение имеет обеспечение точности на всех этапах жизненного цикла продукции. Так, например, повышение точности исходных заготовок снижает трудоемкость механической обработки, уменьшает размеры припусков на обработку заготовок и приводит к уменьшению сил в зоне резания, вибраций и температур, что, непременно, влияет на качество изготовления деталей.

Математическая статистика была той научной базой, на которой начали проводить первые исследования точности технологических процессов. Первым шагом в этом направлении было изучение кривых распределения. Вид кривой распределения размеров (линейных, диаметральных, угловых) при обработке деталей на предварительно настроенном станке зависит от характера погрешности. Распределение систематических закономерно изменяющихся погрешностей происходит по различным законам, в зависимости от характера изменения погрешностей.

Целью работы. Целью наших исследований является определение показателей точности координированных размеров при обработке отверстий с помощью статистических методов.

© Р. М. ТРИЩ, В. М. БУРДЕЙНАЯ, 2014

Методика исследования. Для оперативного определения модели рассеивания параметров качества в механосборочном производстве необходимо эффективно использовать статистическую информацию. Существуют несколько моделей для определения распределения. Один из них основан на математическом анализе, основой которого является подбор подходящей функции для описания эмпирического распределения. С помощью различных критериев согласия (Колмогорова, Пирсона и др.) определяют насколько правильно эта функция описывает опытное распределение. Другой подход основан на том, что каждому теоретическому закону распределения соответствует вполне определенные условия функционирования технологических процессов. При этом зная эти условия, можно найти соответствующие им законы распределения.

Можно сказать, что оба подхода не всегда возможно применить, так как для первого подхода необходимо большие объемы статистической информации, и самое главное, что согласие эмпирических распределений с теоретическим не гарантирует адекватности модели. Так как условия функционирования постоянно меняются, а сам технологический процесс механической обработки и сборки не стационарен, то второй подход требует полной определенности, что практически всегда отсутствует.

Для решения этой задачи – определения модели распределения параметров качества необходимо применить комплекс различных методов на разных этапах ее решения в зависимости от количества существующей информации о показателях качества, как в виде знания физической сущности процесса рассеивания, так и в виде объема выборки.

Моделирование точности координированных отверстий в машиностроении, как случайной величины. Статистические исследования, накопившиеся за много лет в машиностроительной промышленности, показывают, что точность деталей, обработанных на одном и том же станке, различна. Даже при обработке одной детали ее размер в различных сечениях оказывается неодинаковым из-за погрешности формы.

Основными причинами возникновения погрешностей обработки являются производственные факторы, которыми неизбежно сопровождается выполнение каждой операции технологического процесса. Основные источники погрешностей обработки — станок, приспособление, заготовка и инструмент, процесс резания, квалификация рабочего и др. Погрешности, возникающие при механической обработке, можно разбить на три категории: систематические постоянные, систематические закономерно изменяющиеся и случайные [2]. Систематические постоянные погрешности не изменяются по величине при обработке одной или нескольких партий заготовок. Систематические постоянные погрешности могут быть выявлены пробными промерами нескольких обработанных деталей. Эти погрешности сводятся к желаемому минимуму соответствующими технологическими мероприятиями (устранением геометрических погрешностей - станка, приспособления и инструмента, а также изменением условий выполнения данной технологической операции).

Среди наиболее распространенных нормируемых показателей качества механосборочного производства являются точность размера, точность формы и

точность взаимного расположения поверхностей. Эти показатели, в основном, определяют качество изделия, качество работы технологического оборудования и качество технологических процессов в механосборочном производстве.

Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества не связанных между собой факторов. Случайная погрешность может иметь различное значение, определить заранее момент появления и точную величину этой погрешности для каждой конкретной детали в партии не представляется возможным.

Примерами случайных погрешностей могут быть погрешности установки заготовок на станке, погрешности настройки станка на размер, погрешности обработки, вызываемые упругими отжатиями элементов технологической системы под влиянием нестабильных усилий резания, а также погрешности формы обрабатываемых поверхностей тонкостенных деталей, обусловленные непостоянством зажимного усилия.

Несмотря на то, что определение случайной погрешности для каждой детали в партии практически неосуществимо, можно установить пределы изменения этой погрешности.

Главным показателем качества координированных отверстий является их точность. Под точностью координированных отверстий подразумевается точность размеров между отверстием и базой или между двумя или несколькими отверстиями, а также позиционное отклонение их осей.

Точность координированных отверстий относятся к комплексным параметрам точности, так как является результатом совместного проявления многих факторов. Так, например, позиционное отклонение осей координированного отверстия зависит от неоднородности обрабатываемого материала, разной твердости, погрешности режущего инструмента, погрешности заточки режущего инструмента, не оптимальности режимов резания, не постоянства температур в зоне резания и др.

Так как точность координированных отверстий не может быть бесконечной величиной, то, в качестве гипотезы, предлагается рассматривать закон с плотностью распределения:

$$f(r) = \frac{(2+\alpha)(1+\alpha)}{r_b^{2+\alpha}} r(r_b - r)^\alpha, \quad (\alpha > -1) \quad (1)$$

где r_b – масштабный параметр, α - параметр формы. Модель (1) принадлежит к кривым Пирсона I типа, что уже частично делает модель (1) близкой к «истинной». Функция распределения случайной величины R :

$$\begin{aligned} F(r) &= \int_0^r f(r) dr = \frac{(2+\alpha)(1+\alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \int_0^r r(r_b - r)^\alpha dr = \frac{(1+\alpha)(2+\alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \int_0^r (r - r_b + r_b)(r_b - r)^\alpha dr = \\ &= \frac{(1+\alpha)(2+\alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \left[-\frac{r_b(r_b - r)^{\alpha+1}}{\alpha+1} + \frac{(r_b - r)^{\alpha+2}}{\alpha+2} \right]_0^r = \\ &= \frac{1}{r_b^{2+\alpha}} \left[-(\alpha+2)r_b(r_b - r)^{\alpha+1} + (\alpha+1)(r_b - r)^{\alpha+2} + (\alpha+2)r_b - (\alpha+1)r_b^{\alpha+2} \right] = \\ &= 1 - \frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1+\alpha)r)}{r_b^{2+\alpha}}, \end{aligned}$$

то есть

$$F(r) = \begin{cases} 0, & r \leq 0 \\ 1 - \frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1+\alpha)r)}{r_b^{2+\alpha}}, & 0 \leq r \leq r_b \\ 1, & r \geq r_b \end{cases} \quad (2)$$

Предлагаемая модель (2) обладает большим преимуществом над моделями кривых Пирсона I типа, так как она имеет не интегральный вид, как остальные модели кривых Пирсона I типа. Ранее модель (2) применялась для оценки показателей качества механической обработки цилиндрических деталей – торцевого и радиального биения [1; 2].

Так как при замене r/r_b на x модель (1) имеет частный случай β -распределения, то для вычисления числовых характеристик достаточно воспользоваться известными [3] числовыми характеристиками β -распределения, помня что эти характеристики будут иметь множитель r_b в необходимой степени зависимости от характеристики.

Случайная величина имеет β -распределение, если плотность распределения с параметрами α, β ($\alpha > 0, \beta > 0$) имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, & x \in [0,1] \\ 0, & x \notin [0,1] \end{cases} \quad (3)$$

Начальный момент k -го порядка для распределения (3) выражается формулой:

$$M\xi^k = \frac{\Gamma(\alpha + k)\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha + \beta + k)},$$

где $\Gamma(x)$ – гамма функция.

Тогда для модели оценивания качества координированных отверстий (1) начальный момент k -го порядка имеет вид:

$$M(R^k) = \frac{r_b^k (2 + \alpha)(1 + \alpha)\Gamma(k + 2)\Gamma(1 + \alpha)}{\Gamma(k + 3 + \alpha)}. \quad (4)$$

Отсюда математическое ожидание случайной величины R имеет вид:

$$M(R) = \frac{2r_b}{\alpha + 3}, \quad (5)$$

а дисперсия, которая выражается через начальные моменты формулой

$$D(R) = M(R^2) - [M(R)]^2$$

будет иметь вид:

$$D(R) = \frac{2r_b^2(1 + \alpha)}{(\alpha + 3)^2(\alpha + 4)}. \quad (6)$$

Тогда среднее квадратичное $\sigma(R)$ будет иметь вид:

$$\sigma(R) = \frac{r_b}{(\alpha + 3)} \sqrt{\frac{2(1 + \alpha)}{(\alpha + 4)}} \quad (7)$$

Отсюда коэффициент вариации V определяемый по формуле

$$V = \frac{\sigma(R)}{M(R)} = \frac{\sqrt{D(R)}}{M(R)}$$

будет иметь вид:

$$V = \sqrt{\frac{1+\alpha}{2(4+\alpha)}} \quad (8)$$

Так как коэффициент вариации V для модели (1) зависит только от параметра формы α , то заменяя V на эмпирический коэффициент вариации V^* можно найти оценку параметра формы α .

Коэффициент асимметрии для β -распределения (3) имеет вид:

$$\sqrt{\eta_1} = \frac{2(\beta - a)\sqrt{1 + \alpha + \beta}}{(2 + \alpha + \beta)\sqrt{\alpha\beta}}.$$

Тогда для модели (2) коэффициент асимметрии определяется по формуле:

$$\sqrt{\eta_1} = \frac{2(\alpha - 1)\sqrt{4 + \alpha}}{(5 + \alpha)\sqrt{2(\alpha + 1)}} \quad (9)$$

Коэффициент эксцесса для β -распределения (3) определяется формулой:

$$\eta_2 = \frac{6[(\alpha - \beta)^2(\alpha + \beta + 1) - \alpha\beta(\alpha + \beta + 2)]}{\alpha\beta(\alpha + \beta + 2)(\alpha + \beta + 3)} + 3,$$

тогда для модели (2) коэффициент эксцесса имеет вид:

$$\eta_2 = \frac{6(\alpha + 4)(\alpha^2 + 2\alpha + 3)}{(\alpha + 1)(\alpha + 5)(\alpha + 6)} \quad (10)$$

Найдем моду модели (2). Для этого найдем производную функции плотности (1):

$$f'(r) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} ((r_b - r)^\alpha - \alpha r(r_b - r)^{\alpha-1}) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)(r_b - r)^{\alpha-1}}{r_b^{2+\alpha}} (r_b - (1 + \alpha)r)$$

Тогда мода модели (2) определяется выражением:

$$r_{\text{mod}} = \frac{r_b}{1 + \alpha} \quad (11)$$

Медиана случайной величины R модели (2) может быть найдена из решения уравнения относительно r

$$\frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1 + \alpha)r)}{r_b^{\alpha+2}} = \frac{1}{2} \quad (12)$$

Найденные числовые характеристики для модели (2) позволяют в дальнейшем использовать их для решения практических задач управления качеством, и создания нормативно-методического обеспечения.

Используя массовые испытания точности координированных отверстий [6] где авторы приводят подробное доказательство согласования данного показателя качества с нормальным распределением, модуля разности и эксцентрикитета (Релея), был проведен анализ данных испытаний по критерию согласия Пирсона. Этот анализ показал, что при уровне значимости $\varepsilon = 0,05$ все массовые испытания по точности координированных отверстий согласуются с предлагаемой моделью

(2). Но как уже отмечалось – согласование не означает адекватность модели. Поэтому для анализа и сравнения применим дополнительно и другие методы исследования.

По выше приведённым массовым испытаниям были найдены эмпирический квадрат асимметрии η_1 и эмпирический эксцесс η_2 . Эти значения были нанесены на плоскость (η_1, η_2) . На эту плоскость была нанесена и кривая зависимости коэффициента эксцесса от квадрата коэффициента асимметрии предлагаемой модели (2), а также точка в плоскости принадлежащая распределению Релея.

Итак, массовые испытания по точности координированных отверстий с использованием коэффициента эксцесса и квадрата асимметрии показывают, что предлагаемая модель (2) точнее описывает процесс рассеивания исследуемых величин точности размеров координированных отверстий, чем другие модели.

Выводы

1. Основываясь на физической сущности процесса рассеивания показателей точности координированных отверстий, предложена новая модель его описывающая.

2. Массовые испытания по точности координированных отверстий с использованием коэффициента эксцесса и квадрата асимметрии показывают, что предлагаемая модель точнее описывает процесс рассеивания исследуемых величин точности координированных отверстий, чем другие модели.

3. Найденные числовые характеристики для предлагаемой модели позволяют в дальнейшем использовать их для решения практических задач управления качеством, и создания нормативно-методического обеспечения.

Список литературы: 1. Ламнауэр, Н. Ю., Трищ, Р. М. Модель поля рассеивания погрешности геометрической формы и ошибки взаимного расположения поверхностей [Текст] / Н. Ю. Ламнауэр, Р. М. Трищ // Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. – НТУ „ХПІ”. – Харків. – 2004. – № 44 – С. 106-110 2. Ламнауэр, Н. Ю., Трищ, Р. М. Оценка радиального бieniaя деталей в машиностроении [Текст] / Н. Ю. Ламнауэр, Р. М. Трищ, // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 1/2 (13) – С. 76-78. 3. Карцев, П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента [Текст] / П. Г. Карцев. – М. –Москва: Машиностроение, 1974. – С. 192–230. 4. Колкер, Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей [Текст] / Я. Д. Колкер. – Киев: Техніка, 1976. – 200 с. 5. ГОСТ 18321-73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции. 6. Косилова, А. Г. Точность обработки деталей на автоматических линиях [Текст] / А. Г. Косилова. – М. – Москва: Машиностроение, 1976. – 224 с. 7. Иванов, В. В., Пащенко, Э. А., Чепела, В. А. К вопросу точности обработки координированных отверстий на агрегатных станках. [Текст] / В. В. Иванов, Э. А. Пащенко, В. А. Чепела // Вестник ХПИ – Машиностроение: Вища школа – Харьков-№ 158 - 1979- С. 17-21.

Bibliography (transliterated): 1. Lammayer N. Y., Trishch R. M. (2004). Model of a field of dispersion error geometric shapes and errors mutual arrangement of surfaces. Bulletin of the NTU "HP". Coll. scientific essays. NTU "HP". Kharkiv, 44, 106-110 2. Lammayer N. Y., Trishch R. M. (2005). Assessment radial run-out of parts in mechanical engineering. Eastern-European journal of enterprise technologies, 1/2 (13), 76-78. 3. Karcev, P. G. (1974). Statisticheskie metody issledovanija rezhushhego instrumenta. Mashinostroenie, 192–230. 4. Kolker, Ja. D. (1976). Matematicheskij analiz tochnosti mehanicheskoy obrabotki detalej. Tehnika, 205. 5. GOST 18321-73 Statistical quality control. Methods of selecting random samples of single piece products. 6. Kosilova, A. G. (1976). Precision of details processing on automatic lines. – M. - Moscow: machine-building, 224. 7. Ivanov, V. V.,

Pashchenko, E. A., Capela, V. A. (1979). To question the accuracy of processing coordinated holes on the transfer machines. - Bulletin of the NTU - № 158. Engineering, - Kharkov, Vyscha Shola, 10, 17-21.

Поступила (received) 12.08.2014

УДК 658.62.018.012

Н. А. ГОРБЕНКО, соискатель, УИПА, Харьков;
О. А. КАТРИЧ, соискатель, УИПА, Харьков

ОЦЕНИВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ СЕРИИ ISO 9000

В статье рассмотрены вопросы, связанные с оцениванием разнородных и разноразмерных показателей качества процессов системы менеджмента качества, соответствующей требованиям международных стандартов ISO серии 9000, на безразмерной шкале. Анализ требований международных стандартов доказывает необходимость оценивания процессов СМК.

Ключевые слова: процесс, показатель качества процесса, безразмерная шкала, функция желательности, международный стандарт, система менеджмента качества.

Введение. Качество продукции и услуг – решающий фактор экономического развития любой страны, обеспечивающий освоение новых рынков сбыта, стабильность национальной валюты, повышение уровня жизни людей, уровень национальной безопасности. Для Украины проблема обеспечения высокого уровня качества особенно актуальна сейчас, когда страна задекларировала курс на вступление в Европейский Союз, поэтому промышленным предприятиям и организациям необходимо готовиться к жесткой конкурентной борьбе в условиях Европейской рыночной экономики.

Анализ опыта успешного развития предприятий стран-лидеров мировой экономики показал, что для достижения поставленных целей в области достижения высокого уровня качества продукции ряд предприятий внедряют и сертифицируют системы менеджмента качества в соответствии требований международных стандартов серии ISO 9000.

Анализ требований международных стандартов ISO серии 9000 доказывает необходимость оценивания процессов СМК. Так, на пример в разделах стандарта [1] указано, что:

- раздел 4.1. Организация должна осуществлять мониторинг, измерять и анализировать процессы;
- раздел 5. 6. 2. Входные данные для анализа со стороны руководства должны включать информацию о показателях функционирования процессов и соответствия продукции;
- раздел 8. 1. Организация должна планировать и применять процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для того, чтобы постоянно повышать результативность системы менеджмента качества;
- раздел 8. 4. Организация должна определить, собирать и анализировать соответствующие данные для доказательства пригодности и результативности

© Н. А. ГОРБЕНКО, О. А. КАТРИЧ, 2014

системы менеджмента качества, а также оценки системы с точки зрения возможности постоянного повышения её результативности. Эти данные должны содержать результаты мониторинга и измерений, а также информацию из других соответствующих источников.

– раздел 8. 4. Анализ данных должен предоставлять информацию о характеристиках и тенденциях процессов и продукции; включая данные о возможности предупреждающих действий.

Кроме этого в стандартах ISO серии 9000 [1–3] говориться о необходимости создания комплекса моделей мониторинга, параметрического анализа и комплексной оценки СМК, позволяющей повысить эффективность функционирования предприятий за счет обеспечения возможности осуществления количественной и качественной оценки параметров системы, прогнозирования их изменения и целенаправленного непрерывного улучшения ее свойств и характеристик. Такой комплекс моделей мониторинга, анализа и оценивания СМК должен охватывать все элементы данной системы и основные процессы, обеспечивающие качество управления промышленным предприятием. Но, несмотря на это, в стандартах отсутствуют рекомендации, алгоритмы, методики и процедуры оценивания качества процессов, что не позволяет осуществлять их оценку по единым стандартизованным правилам.

Цель работы. Целью работы является исследование подходов к оцениванию качества процессов СМК, как объекта квалиметрии и предложение универсальных научно обоснованных моделей, позволяющих получать оценки разнородных и разноразмерных показателей качества процессов на безразмерной шкале оценивания.

Анализ существующих подходов к получению оценок показателей качества процессов. В квалиметрии, при оценке качества физических объектов, важное место занимает вид зависимости между измеренным показателем качества и его оценкой. Ведь показатели качества не всегда распределены равномерно и не всегда имеют линейную зависимость с их оценкой. Многие специалисты считают, что наиболее важный и трудный вопрос оценки качества - определение степени их весомости. Однако не только коэффициенты весомости играют такую существенную роль, а также вид зависимости между показателем (свойством) качества и его оценкой, которые связаны математической моделью. Известно, что математическая модель устанавливает определенную зависимость между измеренным значением показателя качества и его оценкой.

Как известно из классификации методов комплексной оценки, наиболее широко используются следующие виды зависимости между показателями свойств и его оценкой – линейная, нелинейная, не выраженная в явном виде.

При линейной зависимости оценка свойства является отношением значений его показателя и соответствующего базового показателя [5]. То есть любому изменению показателя соответствует пропорциональное изменение оценки. Но в большинстве случаев зависимость между значениями показателей качества и их оценками не носят линейный характер, т. е. не одинаковы для всех показателей и во всем диапазоне их изменения.

В работе [4] рассмотрен подход применения нелинейных зависимостей, при котором предложено ряд примеров упрощенных моделей для оценки различных

объектов. Приведенные в работе [5] примеры показывают, что разработка упрощенных моделей для оценки основных свойств различных объектов может открыть интересные возможности для группировки и классификации свойств по видам зависимости, так как кривые могут описывать зависимости между абсолютными показателями и оценками ряда различных свойств. При удачном решении этого вопроса следующим этапом может стать стандартизация кривых и переменных параметров формул, описывающих эти кривые.

Для того, чтобы выбрать тот или иной метод квалиметрии для оценивания показателей качества процессов СМК необходимо рассмотреть их особенности. Важной особенностью процессов СМК является то, они характеризуются многими показателями качества, которые имеют разнородные и разноразмерные шкалы. Поэтому одной из задач квалиметрии – получение оценок разноразмерных показателей качества на единой безразмерной шкале, что позволит в дальнейшем получать комплексные или обобщенные показатели качества.

Задача получение одноразмерной шкалы через применение различных функций желательности уже решена, кроме этого применяются разного рода нормировки, что позволяет получить оценки разноразмерных показателей качества на безразмерной шкале. Но, в квалиметрии предлагаются разные функции для различных условий. Так, например в работах [6–8] предлагается применять 20 видов функций в зависимости от классификации показателя качества процесса по критерию оптимальности и от степени важности процесса в системе.

Проведя анализ научных исследований необходимо отметить, что предлагаемые зависимости не более чем удобное соглашение, которое делает возможность решать практические задачи в квалиметрии. Удобство применения рассмотренных зависимостей заключается еще в том, что они не имеют параметров, которые, в свою очередь, не нужно оценивать. При этом рассмотренные методы не лишены недостатков, которые следует рассмотреть.

С одной стороны серия зависимостей учитывает четыре группы показателей качества, но применяется один и тот вид зависимости – двойное экспоненциальное распределение. Авторы принимают, что вид зависимости не связан с неоднородностью процесса, а только, благодаря принципу симметрии, поднимают, опускают или поворачивают ее. Таким образом, действительно, можно считать такую систему зависимостей универсальной и удобной к применению, но это приводит к грубым оценкам и, не всегда, объективным.

Авторы в своих работах предлагают исправить этот недостаток методом настройки измерительных шкал с помощью экспертов, но это приводит к очень большим затратам времени и большой степени субъективизма, так как для каждого показателя качества процесса необходимо построить отдельные неравномерные шкалы.

В результате анализа существующих исследований можно сделать вывод, что для оценки качества процессов необходимо искать зависимости, которые учитывали бы выше сказанные недостатки.

Применение функций желательности, имеющие параметр формы для оценивания качества процессов. Такими зависимостями, которые имели бы параметр формы являются зависимости, представлены в этой части статьи. Ранее

они использовались зарубежными учеными [9] для оптимизации технологических процессов с использованием планирования эксперимента. С помощью таких зависимостей авторы определяли обобщенный показатель качества. Рассмотрим возможность их применения для оценки разнородных и разноразмерных показателей качества процессов на безразмерной шкале.

Введем понятие поля допуска. Поле допуска – это поле ограниченное наиболее и наименее допустимым значением показателя качества. Если оптимальный (наилучший) показатель качества стремиться к верхней границе поля допуска, то модель (функция желательности) будет иметь вид:

$$\Phi_x = \begin{cases} 0 & X_i \leq X_{i\min} \\ \left[\frac{X_i - X_{i\min}}{X_{i\max} - X_{i\min}} \right]^k & X_{i\min} < X_i < X_{i\max} \\ 1 & X_i \geq X_{i\max} \end{cases} \quad (1)$$

где: X_i – действительное (измеренное) значение показателя качества процесса; $X_{i\min}$ – минимальное значение показателя качества процесса; $X_{i\max}$ – максимальное значение показателя качества процесса; k – параметр формы

Если изменять параметр формы модели от 0,1 до 10, при этом меняя шаг, то получим систему зависимостей (рис. 1), выбирая одну из которых можно изменять оценки качества на безразмерной шкале. То есть получается не одна оценка, а интервал оценок качества.

Если оптимальный (наилучший) показатель качества стремиться к нижней границе поля допуска, модель будет иметь вид:

$$\Phi_x = \begin{cases} 1 & X_i \leq X_{i\min} \\ \left[\frac{X_i - X_{i\max}}{X_{i\min} - X_{i\max}} \right]^k & X_{i\min} < X_i < X_{i\max} \\ 0 & X_i \geq X_{i\max} \end{cases} \quad (2)$$

Если оптимальный (наилучший) показатель качества стремиться к средине поля допуска, модель (6) будет иметь вид:

$$\Phi_x = \begin{cases} \left[\frac{X_i - X_{i\min}}{t_i - X_{i\min}} \right]^k & X_{i\min} \leq X_i \leq t_i \\ \left[\frac{X_i - X_{i\max}}{t_i - X_{i\max}} \right]^k & t_i < X_i < X_{i\max} \\ 0 & X_{i\min} > X_i > X_{i\max} \end{cases} \quad (3)$$

где, t_i – средина поля допуска.

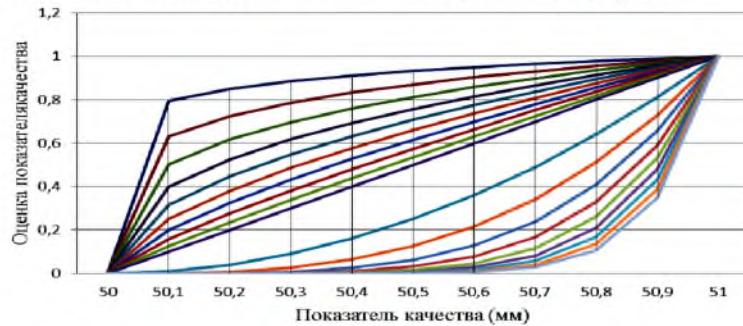


Рис. 1 – Система функций желательности при условии, что параметр формы k изменяется от 0,1 до 10

Если оптимальный (наилучший) показатель качества стремиться не к средине, а к любой доли поля допуска, то система функций желательности модели будет иметь вид (рис. 2).

Рассмотрим преимущество функций желательности перед функциями, которые применяли авторы [6–8]. Во первых, данные функции имеют параметр формы, что позволяет менять ее форму и для каждого показателя качества выбирать наиболее подходящий вариант. Во вторых, предложенные модели учитывают максимальное, минимальное и оптимальное значения показателя качества, что не требует вручную настраивать шкалы. В третьих – это простота моделей, что позволяет применять их на практике без специальных знаний и компьютерных программ, что и особенно ценно при оценке качества процессов.

Выводы

- Проведен анализ существующих моделей получения оценок показателей качества процессов СМК на безразмерной шкале, определены их преимущества и недостатки.

- Определены особенности процессов СМК, как объекта квалиметрии, что позволило предложить модели получения оценок показателей качества процессов, которые имеют параметр формы и могут точнее применяться для решения практических задач оценивания.

Список литературы: 1. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги [Текст] / К.: Держстандарт України, 2009. – 72 с. 2. ДСТУ ISO 9000:2007. Системи управління якістю. Основні положення та словник [Текст] / К.: Держстандарт України, 2007. – 72 с. 3. ISO 9004:2009 [Text] / Managing for the sustained success of an organization – A quality management approach, 2009. – 46 р. 4. Авилов, В. А. Математико-статистические методы технико-экономического анализа производства [Текст] / В. А. Авилов. – М.: «Экономика», 1967. – 360 с. 5. Азгальдов, Г. Г. О квалиметрии [Текст] / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – Издательство стандартов, 1972. – 172 с. 6. Триц, Р. М. Обобщённая точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС [Текст] / Р. М. Триц, Е. А. Слитюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – Т. 1, № 2 (19). – С. 63–67. 7. Триц, Р. М. Точечная и интервальная оценки качества изделий [Текст] / Р. М. Триц, Е. А. Слитюк // Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. НТУ „ХПІ”. – 2006. – № 27 – С. 96–102. 8. Триц, Г. М. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів [Текст] : автореф. дис. ... канд.. техн.. наук / Г. М. Триц. – УПА, 2014. – 20 с. 9. Derringer, G. Simultaneous Optimization of Several Response Variables [Text] / G. Derringer, R. Suich // Journal of Quality technology. – 1980. – Vol. 12, No 4.

Bibliography (transliterated): 1. GOST ISO 9001:2009. Sistemi upravlinnja jakistju. Vimogi (2009). Kiev: Derzhstandart Ukrayini, 72. 2. GOST ISO 9000:2007. Sistemi upravlinnja jakistju. Osnovni

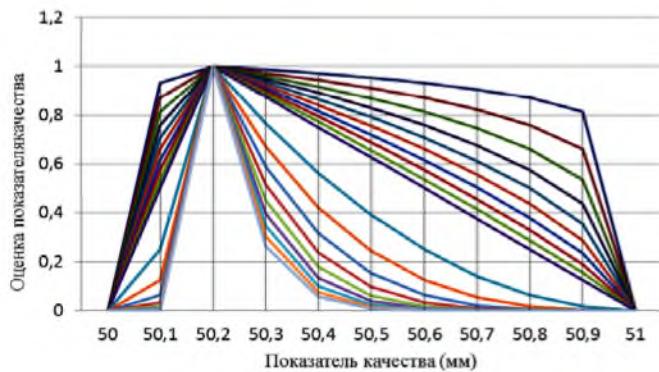


Рис. 2 – Система функций желательности модели, в результате мы имеем множество функций желательностей, которые позволяют получать оценки показателей качества процессов на безразмерной шкале

polozhennja ta slovnik (2007). Kiev: Derzhstandart Ukrayini, 72. 3. ISO 9004:2009 (2009). Managing for the sustained success of an organization – A quality management approach, 46. 4. Avilov, V. A. (1967). Matematiko-statisticheskie metody tekhniko-jekono-micheskogo analiza proizvodstva. Moscow: «Jekonomika», 360. 5. Azgal'dov, G. G., Rajhman, Je. P. (1972). O kvalimetrii. Izdatel'stvo standartov, 172. 6. Trishh, R. M., Slitjuk, E. A. (2006). Obobshchonnaja tochechnaja i interval'naja ocenki kachestva izgotovlenija detali DVS. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/2 (19), 63–67. 7. Trishh, R. M., Slitjuk, E. A. (2006). Tochechnaja i interval'naja ocenki kachestva izdelij. Visnik NTU „HPI”. Zbirnik naukovih prac'. NTU „HPI”, 27, 96–102. 8. Trishh, G. M. (2014). Rozrobka metodologii ocinjuvannja procesiv sistem upravlinnja jakistju pidprielstv z urahuvannjam vymog mizhnarodnih standartiv. UIPA, 20. 9. Derringer, G., Suich, R. (1980). Simultaneous Optimization of Several Response Variables. Journal of Quality technology, 12 (4).

Поступила (received) 12.08.2014

УДК 004.652.6

Т. М. ЗАГОРОДНЯ, аспірант, Сумський державний університет

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СФОРМОВАНОГО РІВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ФАХІВЦІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Запропоновано метод оцінювання ефективності застосування системи підтримки прийняття рішень для оцінки сформованого рівня компетентності. Сформульовано оптимізаційну задачу формування найвищого рівня компетенцій з урахуванням обмежень і мінімізацією затрат. Для її вирішення запропоновано метод, який враховує особливості занять для студентів з різними початковими рівнями компетенцій та особистими характеристиками.

Ключові слова: Система підтримки прийняття рішень, компетенція, оцінювання ефективності формування компетенцій.

Вступ. Динамічний темп ускладнення технологій на виробництві вимагає відповідних змін до вимог випускника технічних спеціальностей і формує нові критерії до інженерів, які прагнуть бути конкурентоспроможними в умовах сучасного ринку праці. Кадрові служби готові брати на роботу кваліфікованого та компетентного фахівця, якому притаманні креативність, здатність орієнтації у швидкозмінному потоці нових технологій на виробництві, можливість до саморозвитку та самовдосконалення, мобільність. Підготовку фахівця, що відповідає вказаним вимогам, доцільно здійснювати з використанням компетентісного підходу до навчання. [1].

Аналіз літератури та постановка проблеми. Важливим завданням викладача, як особи, що безпосередньо планує та керує виконанням навчальної траєкторії, є її наповнення згідно постійних змін у інформаційному полі щодо використання і впровадження новітніх технологій на виробництвах. Щоби уникнути тенденції «нефункціональністі» в навчанні [2], що проявляється у тому, що випускник, досягнувши певного кваліфікаційного рівня не здатен одразу стати до роботи, оскільки його знання вже морально застаріли, викладач технічних дисциплін повинен контролювати рівень компетентності майбутніх фахівців і коригувати відповідно до результатів поточного контролю навчальну траєкторію студента.

© Т. М. ЗАГОРОДНЯ, 2014

З метою формування відповідних компетентностей, викладач опирається на нормативні документи і здійснює планування навчальної траєкторії: здійснює компонування тематики дисципліни в окремі блоки – модулі, наповнює їх відповідним учебово-методичним матеріалом. Крім цього, викладачу необхідно розрахувати і спланувати контрольні заходи, їх вид, підібрати відповідні контрольні завдання.

У сучасних умовах рівень сформованості компетентностей перевіряється, як правило, в кінці навчання. У випадку невідповідності сформованого рівня компетентностей їх початковим вимогам, коригувати (підвищувати) рівень вже сформованої компетентності буває занадто дорого (оскільки вже втрачено багато навчального часу, необхідні певні додаткові фінансові затрати, або додатковий час). Тому, безумовно, проблема контролю та прогнозування сформованого рівня компетентності на кожному етапі навчання є актуальною.

Для вирішення зазначеної проблеми багато науковців пропонують використовувати математичне моделювання процесу формування компетентностей в цілому, зокрема різні аспекти моделювання компетентностей розглядаються в роботах Дж. Равена, С. Холліфорд, О.П. Денисової, О. М. Яригіна та ін.

Нажаль, існуючі методи аналізу системи компетенцій не завжди забезпечують розв'язання задач щодо раціонального планування навчання майбутніх фахівців технічних спеціальностей через відсутність адекватних моделей, методів та засобів оцінки результатів [3].

Наприклад, Гогунський В.Д., Колеснікова К.В. подають загальну схему зв'язків з агрегуванням за блоками компетенцій (технічні — Т, поведінкові — П, контекстуальні — К) без урахування зв'язків додаткових компетенцій [4]. Загальну матрицю зв'язків основних компетенцій автори розглядають як матрицю інциденцій, яка має розмірність 46×46 елементів.

$$G_{\text{До}} : \text{До} \rightarrow \{k_{ij}; i = 1, 2, \dots, 6\} \quad (1)$$

Однак, автори ґрунтуються на дослідженні лише поведінкових компетентностей, визначаючи 4 ядра компетенцій. Для побудови загальної характеристики системи компетенцій майбутніх фахівців, необхідно врахувати взаємні зв'язки між усіма 46 базовими компетенціями, що пов'язано зі значними затратами часу на їх опис.

У дослідженні Трембач В.М. для реалізації моделі безперервної освіти, що дозволяє реалізовувати компетентісний підхід, пропонується методика подання знань, в основі якої закладено семантичне та продукційне представлення сутностей реального світу [5]. При цьому підході опис проблемної області *PAR* як множини уявлень сутностей, пов'язаних між собою відносинами, автор подає у вигляді:

$$PAR = \{S, R, G\}, \quad (2)$$

де $S = \{S_i\}$ – множина уявлень сутностей проблемної області *PAR*; $R = \{R_i\}$ – множина звішених зв'язків між сутностями S_i ; G – відображення, що задає між сутностями S_i зв'язки із заданого набору типів зв'язків R .

Сутності проблемної області для реалізації моделі безперервної освіти S_i представляються вершинами-сущностями складно організованої мережі, з'єднуються зв'язками з безлічі R і задаються атрибутами:

$$S_i = (NS_i, PRUS_i, PSUS_i, LNL_i, LNHS_i, LNR_i, LNA_i, SPS_i, WS_i), \quad (3)$$

де NS_i – ім'я сущності; $PRUS_i$ – передумови активізації вершини; $PSUS$ – постумови вершини; LNL_i – список імен вершин, що визначають S_i і для розглядуваної проблемної області пов'язаних співвідношенням «включає»; $LNHS_i$ – список імен вершин, що визначаються вершиною S_i ; LNR_i – список імен зв'язків для S_i з іншими вершинами; SPS_i – безліч описів ситуацій, які активізують вершину S_i ; WS_i – вага / сила вершини S_i

На основі залежностей (2) і (3) і внесених автором доповнень опис проблемної області набуває вигляду:

$$PAR = (NK, PRU, PSU, LNI, LNO, LNR, LNA, WK), \quad (4)$$

де NK – ім'я вершини-сущності; PRU – передумови активізації вершини; PSU – постумови; LNI – список імен вершин, що визначають розглянуту; LNO – список імен визначаються вершин; LNR – список імен вершин-зв'язків з іншими вершинами; LNA – список імен вершин, що асоціюються з розглянутої; WK – вага / сила вершини.

Автор пропонує створювати елементи описів компетенцій у вигляді вершин-сущностей і зв'язків між ними. Але невірно сформована вершина-сущність і зв'язок можуть зробити негативний вплив на результати роботи всієї бази знань. Тому для того, щоби скористатися запропонованою методикою, необхідні суттєві часові обсяги і доскональне розуміння специфічних понять, що говорить не на користь пропонованого методу.

О. Яригін у своїй роботі [6] пропонує компетентність K визначати кортежем:

$$K = \langle \Omega, Q, T, F, \hat{O} \rangle, \quad (5)$$

де $\Omega = \{x_i\}$ – множина можливих станів. Безліч завдань і ситуацій, в яких застосовна дана компетентність, і які можуть бути отримані за рахунок даної компетентності, тобто це безліч проблемних ситуацій, ситуаційна область професійної діяльності. $Q = \{q_i\}$ – множина вхідних станів. Безліч ситуацій і задач, що входять до Ω , в яких за рахунок прояву компетентності в цілому може бути (має бути) знайдено рішення, тобто досягнуто стан, що приймається за рішення. $T = \{t_k\}$, $f(t_k) = t_k$ – множина термінальних станів. T – безліч ситуацій, які при даній компетентності визнаються рішеннями проблеми в рамках заданої компетенції. При даній компетенції термінальна ситуація не змінюється ні одним правилом переходу (наприклад, задача розв'язана з заданою точністю, дана відповідь на питання задачі з певною точки зору, для вказаного приватного випадку та ін.). F – множина правил переходу із початкового стану у вихідний стан. Безліч інших компетенцій здібностей, умінь, методів, алгоритмів рішення задач, що переводять, можливо поетапно, ситуацію, що належить множині Q , в ситуацію, приналежну множині T :

$$F = \{f_r\}, f_r : \Omega \rightarrow \Omega, f_r(q_i) = q_i \quad (6)$$

$$\Omega \supseteq Q, \Omega \supseteq T.$$

Автор пояснює, що Q обмежує компетенцію, як множину проблем, для яких є методи вирішення в F , а множина T задає мету діяльності. Множини Q і T описують компетенцію. На відміну від моделі обчислювального методу, об'єктами перетворення можуть виявитися і самі елементи множини F . Тобто в процесі діяльності (реалізації компетентності) її об'єктом може стати сама ця компетентність. Таким чином, в рамках пропонованої О. Яригіним моделі реалізується можливість самовдосконалення компетентності. Проте пропонована автором модель слабо дозволяє формувати компетентності, що орієнтовані на конкретну професійну діяльність. Крім того, для автора вважає, що компоненти отриманої метакомпетентності є об'єднанням відповідних компонентів компетентностей, хоча насправді, взаємозв'язки набагато складніші і потрібно говорити про декартовий добуток компонентів.

Таким чином, проаналізувавши сучасні методи оцінювання ефективності формування компетенцій, можна стверджувати, що складність математичного моделювання як складових компетентностей так і навчального процесу обумовлена великою кількістю змінних, наявністю багатьох обмежень. Багатофакторність процесу навчання безумовно ускладнює формулювання обмежень, а також цілей управління. Інформаційні технології, побудовані на наведених вище моделях не дають змоги проводити оптимізацію параметрів навчального процесу за двома і більше параметрами, особливо якщо в якості критеріїв оптимізації виступають як економічні, так і інші фактори.

Таким чином, виникає потреба у створенні такої інформаційної технології, яка би дозволяла вирішувати оптимізаційну задачу мінімізації затрати ресурсів і водночас максимізації рівня сформованих компетентностей, а також проводити оцінювання ефективності формування рівня компетентностей.

Оцінювання ефективності формування компетенцій. Компетенція технічного фахівця – це здатність інженера формулювати та вирішувати технічні завдання з встановленим рівнем надійність за певний проміжок часу. Загальний рівень компетенції технічного фахівця складається з певного набору компетенцій, кожна з яких відповідає окремому аспекту та окремому етапу формування та вирішення технічного завдання:

$$\vec{K} = [K_1 \ K_2 \ \dots \ K_n], \quad (7)$$

де K – вектор компетенцій фахівця; K_1, K_2, \dots, K_n – складові компетенції; n – кількість складових.

Кожна з складових компетенцій – це доволі складна з точки зору математичного запису функціональна залежність результатів навчання майбутнього фахівця як від параметрів навчання, так і від впливу зовнішніх факторів (наприклад, від матеріалу суміжних дисциплін):

$$K_i = f(\vec{p}, \vec{x}, t), \quad (8)$$

де K_i – складова компетенції майбутнього фахівця; p – вектор параметрів навчального процесу; x – вектор впливу зовнішніх факторів; t – затрати часу на формування компетенції.

Кожна складова компетенції K_i являє собою певне числове значення у діапазоні від 0 (не має жодного рівня сформованої компетенції) до 100

(максимально можливий сформований рівень компетенцій). Підвищення рівня компетенцій відбувається поступово у процесі навчання.

$$K_i \in (0,100), \quad (9)$$

Як відомо, процес навчання майбутнього технічного фахівця, тобто процес формування компетенцій K_i в умовах сучасного ВНЗ проводиться у рамках безперервного викладання технічної дисципліни, де студент у складі навчальної групи чи навчального потоку за відведений проміжок часу послідовно проходить певні етапи навчання, які згруповані у логічні модулі за своїм змістом чи за відведеним на кожен етап часом. Характер підвищення компетенцій на кожному етапі навчання у кожного окремого студента різний, що обумовлюється як особистими якостями студента, так й впливом незалежних зовнішніх факторів (наприклад, різним початковим рівнем знань). Використовуючи оверлейну модель студента [7] можна побудувати модель процесу навчання, що враховує всі ці особливості процесу формування компетенцій, наприклад, у такому вигляді, як це показано у роботі [8].

Згідно моделі процесу формування компетенцій у майбутнього фахівця технічної спеціальності, в процесі навчання студент повинен отримати певний загальний рівень компетенцій:

$$K_{MIN} \leq K \leq K_{MAX} \quad (10)$$

де K_{MIN} – мінімально прийнятний рівень сформованої компетенції (що визначається вимогами замовника навчання – роботодавця); K_{MAX} – максимально економічно обґрунтowany рівень компетенцій (який визначається припустимими затратами часу, фінансовими затратами та іншими факторами, що обмежують процес навчання).

Таким чином, може бути сформульована оптимізаційна задача формування загального рівня компетенцій з урахуванням обмежень:

$$W(p) = \begin{cases} K(p) \rightarrow \max, \\ K_{MIN} \leq K(p) \leq K_{MAX}, \\ Y(p) \rightarrow \min, \end{cases} \quad (11)$$

де $W(p)$ – функціонал оптимізаційної задачі; p – параметри процесу навчання; $K(p)$ – сформований рівень компетенцій; K_{MIN} та K_{MAX} – відповідно мінімальний та максимальний рівень компетенцій; $Y(p)$ – затрати на проведення процесу навчання.

Для вирішення оптимізаційної задачі, яка представлена функціоналом W , запропонований метод, який враховує всі особливості проведення занять для студентів з різними початковими рівнями компетенцій та різними особистими характеристиками.

СППР, яка забезпечує формування найвищого рівня компетенцій K , детально розглянуто в роботі [9].

Будемо вважати, що відомий вектор початкового рівня компетенцій $K^{(0)}$:

$$\vec{K}^{(0)} = \left| \begin{matrix} K_1^{(0)} & K_2^{(0)} & \dots & K_n^{(0)} \end{matrix} \right|, \quad (12)$$

Також відомо, що підвищення рівня компетенцій відбувається на кожному етапі навчання, загальна кількість етапів також відома та дорівнює m .

$$s \in (1, m), \quad (13)$$

де s – номер етапу навчання; m – загальна кількість етапів навчання.

На кожному етапі навчання вектор загального рівня компетенцій збільшується, що обумовлено безперервністю процесу навчання:

$$\begin{cases} \vec{K}_{MIN}^{(s)} \leq \vec{K}^{(s)} \leq \vec{K}_{MAX}^{(s)}, \\ \vec{K}_{MIN}^{(s)} = \vec{K}_{MIN}^{(s-1)} + \vec{\Delta K}^{(s)}, \\ \vec{K}_{MAX}^{(s)} = \vec{K}_{MAX}^{(s-1)} + \vec{\Delta K}^{(s)} + \vec{\varepsilon}^{(s)}, \end{cases} \quad (14)$$

де $\vec{K}^{(s)}$ – сформований рівень компетенцій на кінці поточного s -го етапу навчання; $\vec{K}^{(s-1)}$ – сформований рівень компетенцій на початку поточного етапу навчання; $\vec{\varepsilon}^{(s)}$ – можлива розбіжність між мінімально прийнятним та максимально можливим рівнем сформованої компетенції на поточному етапі навчання.

Загалом мінімально прийнятний та максимально економічно обґрунтований рівні сформованих компетенцій будуть визначатися як:

$$\vec{K}_{MIN} = \vec{K}^{(0)} + \sum_{s=1}^m \vec{\Delta K}^{(s)}, \quad (15)$$

$$\vec{K}_{MAX} = \vec{K}_{MIN} + \sum_{s=1}^m \vec{\varepsilon}^{(s)}, \quad (16)$$

Такий підхід до оцінювання результатів формування компетенцій, який запропоновано у виразі (14), дозволяє формалізувати процес оцінювання компетенцій, уникнути впливу розбіжностей у особистих характеристиках кожного студента в навчальній групі чи в навчальному потоці, оцінити ефективність кожного етапу навчання.

Крім того, згідно функціонального виразу оптимізаційної задачі (11) необхідно врахувати затрати $Y^{(s)}$, які виникають на кожному етапі навчання. Будемо вважати, що ці затрати залежать від параметрів процесу навчання (наприклад, від затрат часу чи від кількості питань, що виносяться на самостійне вивчення студентами), тому вони не залежать від особистих характеристик студента у групі. Загальні затрати визначаються як:

$$Y = \sum_{s=1}^m Y^{(s)}, \quad (17)$$

де Y – загальні затрати на формування загального рівня компетенцій K ; s – номер етапу навчання; $Y^{(s)}$ – затрати на поточний етап навчання; m – кількість етапів навчання.

Таким чином, оптимізаційну задачу формування найвищого рівня компетенцій K можна записати у вигляді функціоналу:

$$W(p) = \begin{cases} K(p) \rightarrow \max, \\ K^{(0)} + \sum_{s=1}^m \Delta K^{(s)}(p) \leq K(p) \leq K^{(0)} + \sum_{s=1}^m \Delta K^{(s)}(p) + \sum_{s=1}^m \varepsilon^{(s)}(p), \\ \sum_{s=1}^m Y^{(s)}(p) \rightarrow \min \end{cases} \quad (18)$$

У виразі (18) варіативною частиною, яка залежить від впливу зовнішніх факторів та особистих характеристик кожного студента в групі є тільки можлива

роздільність ε . Всі інші фактори, які впливають на оптимізацію процесу навчання, є сталими.

Таким чином, задача оцінювання ефективності процесу формування компетенцій зводиться до задачі оцінювання варіативної частини виразу (18), що значно спрощує як саме оцінювання, так й підготовку вхідних даних до такого оцінювання.

Оскільки, як вже згадувалося вище, залежність від параметрів процесу навчання r та приростом компетенцій ΔK , так само як залежність між r та затратами Y є дуже складними з математичної точки зору, пропонується розв'язувати функціонал (18) чисельними методами.

У рамках розробленої інформаційної технології підтримки прийняття рішень [11] реалізовано систему оцінювання ефективності формування компетенцій у фахівців технічних спеціальностей. Результати моделювання – залежність сформованого рівня компетенцій, а також можлива розбіжність між мінімальним та максимальним рівнями компетенцій показано на рис. 1. На рис. 1 суцільною лінією показаний розрахунковий рівень компетенцій K .

Він обмежений максимальним та мінімальним значенням K_{MIN} та K_{MAX} , які зображені штрих-пунктирними лініями.

Запланований мінімальний та максимальний рівень компетенцій показано пунктирними лініями, які обмежують область можливих розв'язків.

Проаналізувавши результати моделювання, можна зробити висновок, що найкращий рівень компетенцій $K=80$ балів може бути досягнуто при затратах часу 75 навчальних годин, при цьому рівень компетенцій у студентів може варіюватися в діапазоні від $K_{MIN}=66$ балів та $K_{MAX}=90$ балів. Ефективність формування компетенцій складає $\varepsilon=36$ балів, або у відносному вигляді 45 %.

Висновки. У статті запропоновано метод оцінювання ефективності застосування системи підтримки прийняття рішень для оцінки сформованого рівня компетентності. Особливістю цього методу є те, що він дозволяє формалізувати процес оцінювання компетенцій, уникати впливу розбіжностей у особистих характеристиках кожного студента в навчальній групі чи в навчальному потоці, оцінити ефективність кожного етапу навчання. Сформульовано оптимізаційну задачу формування найвищого рівня компетенцій з урахуванням обмежень і мінімізацією затрат.

Показано, що зведення задачі оцінювання ефективності процесу формування компетенцій до задачі у пропонованому математичному вигляді спрощує як саме оцінювання, так й підготовку вхідних даних до такого оцінювання. Результати моделювання дозволяють стверджувати, що ефективність формування компетенцій складає $\varepsilon=36$ балів, або у відносному вигляді 45 %.

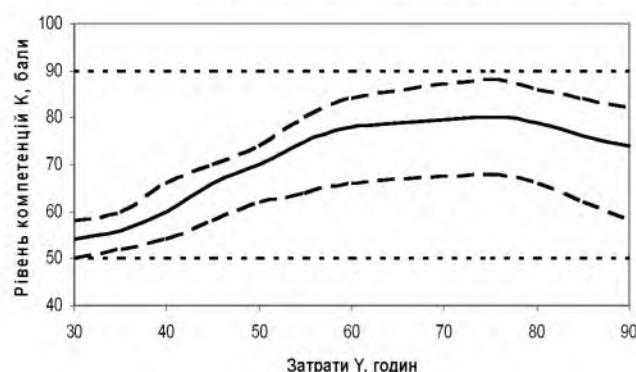


Рис. 1 – Залежність рівня компетенцій від затрат

Список літератури: 1. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи [текст] // Бібліотека з освітньої політики / під заг. ред. О. В. Овчарук. – К. – Київ: «К.І.С.», 2004. – 112 с. 2. *Лившиц, В. И.* Формирование креативности при подготовке инженеров массовых профессий [Текст] / В. И. Лившиц // Инженерное образование. – М. – Москва, 2012. – № 9. – С. 26-37 3. *Макаров, А. В.* Компетентностно-ориентированные образовательные программы ВУЗа [Текст] / А. В. Макаров, Ю. С. Перфильев, В. Т. Федин. – Минск: РИВШ, 2011. – 116 с. 4. *Гогунський, В. Д.* Визначення ядер знань на графі компетенцій проектних менеджерів [Текст] / В. Д. Гогунський, Д. В. Лук'янов, О. В. Власенко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - № 1/10 (55). – 2012 – С. 26 – 28. 5. *Трембач, В. М.* Методы и средства для решения задач формирования интеллектуального потенциала корпорации. [Текст] / В. М. Трембач // Научная сессия МИФИ. – М. – Москва: МИФИ, 2007. – Т.3. – С. 59-60. 6. *Ярыгин, О. Н.* Модель компетентности как метода [Текст] / О. Н. Ярыгин // Проблеми підготовки сучасного вчителя: збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини. – Умань: ПП Жовтий, 2011. – № 3. – С. 202-214. 7. *Загородня, Т. М.* Структура бази даних для підготовки навчально-методичного матеріалу з метою формування загальних та спеціальних компетенцій [Текст] / Т. М. Загородня // Науковий вісник Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Серія: Комп’ютерні системи та компоненти. – Чернівці, 2013. – Т. 4., Вип. 2. – С. 36-41. 8. *Загородня, Т. М.* Оптимізація параметрів навчальних занять за допомогою інформаційної технології підтримки прийняття рішень / Т. М. Загородня // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Х. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 54 (1027). – С. 123-133. 9. *Загородня, Т. Н.* Моделирование процесса поддержки принятия решений с целью оптимизации процесса обучения студентов технических специальностей / 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.

Bibliography (transliterated): 1. *Ovcharuk, O. V* (2004). Competence approach in modern education: world experience and Ukrainian prospects. Library of Educational Policy, 112. 2. *Livshits, V. I.* (2012) Formation of creativity in preparing engineers mass occupations. Engineering education, 9, 26-37. 3. *Makarov, A. V., Perfilev, U S., Fedin, V. T.* (2011) Competence-oriented educational programs of the university. Minsk: RIVSh, 116 . 4. *Gogunskiy, V. D., Luk'yanov, D. V., Vlasenko, O. V.* (2012). Determination of nuclear knowledge graph competencies of project managers. Eastern-European Journal of enterprise technologies, 1/10 (55), 26 – 28. 5. *Trembach, V. M.* (2007). Methods and tools for solving problems of the formation of the intellectual potential of the corporation Scientific session of the MiFi, 3, 59-60. 6. *Yarygin, O. H.* (2011). Competency model as a methods. Problems modern teacher training, 3, 202-214. 7. *Zagorodnya, T. N.* (2013). The database structure for the development of training material for the formation of general and specific competences. Scientific Journal Chernivtsi National University named Yuri Fedkovitch, 4, 36-41. 8. *Zagorodnya, T. N.* (2013). Optimization of parameters of classes using information technology decision support. Journal of NTU "KPI", 54 (1027), 123-133. 9. *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.

Надійшла (received) 15.07.2014

УДК 658.5.011.56

B. I. ШЕХОВЦОВА, канд. педагог. наук, доц., УППА, Харків

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АСУ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Пропонуються підходи щодо оцінки якості автоматизованої системи управління та функціональної ефективності ІТ-архітектури підприємства. Наводиться алгоритм процесу

© В. I. ШЕХОВЦОВА, 2014

оцінки ефективності управління як поетапна послідовність дій по визначеню певних показників за обумовленими критеріями. Виділяються шляхи досягнення сумісності забезпечень АСУ по видам і рівням управління. Показана модель процесу моніторингу та оцінки ІТ технологій на підприємстві, що узагальнює підходи за різними критеріями.

Ключові слова: інформаційні технології, автоматизовані системи управління, оцінка ефективності, моніторинг, сумісність.

Вступ. Останнім часом зростає кількість компаній, що зацікавлені організацією роботи ІТ підрозділів. Стає зрозумілим, що ефективна служба ІТ виступає конкурентною перевагою. Про це свідчить збільшення попиту на ринку ІТ-послуг. Отже, грамотне управління інформаційними технологіями стає одним із приоритетних напрямків організації. Це означає наявність кваліфікованого ІТ-персоналу, оптимальну організацію ІТ-підрозділу та його ефективне функціонування. Певну складність надає те, що інформаційна система підприємства, яка є основою, автоматизована система управління організацією призначенні для забезпечення ефективного функціонування об'єкта управління шляхом автоматичного виконання функцій управління [1]. Об'єктами управління є організаційно-управлінські та технологічні процеси підприємства. У той же час ІТ-архітектура сама представляє собою відчинену систему зі специфічними для неї процесами і елементами системи управління підприємством.

Ціль роботи. Необхідно визначити підходи щодо оцінки якості ефективності автоматизованої системи управління та функціональної ефективності ІТ-архітектури підприємства.

Результати аналізу та систематизації підходів до оцінки якості та ефективності інформаційних технологій на підприємстві. Алгоритм процесу оцінки ефективності управління можна представити як послідовність дій, що представлені на рис. 1.

Ціль функціонування автоматизованої системи управління повністю співпадає з метою функціонування економічного об'єкта. Для досягнення сформульованих у кожному окремому випадку цілей система повинна реалізувати функції прогнозування, планування, обліку, регулювання виробничих та господарських процесів із застосуванням технічних засобів управління та економіко-математичних методів.

Цілі функціонування економічного об'єкта визначаються стратегією підприємства. Тобто, ціль функціонування автоматизованої системи управління

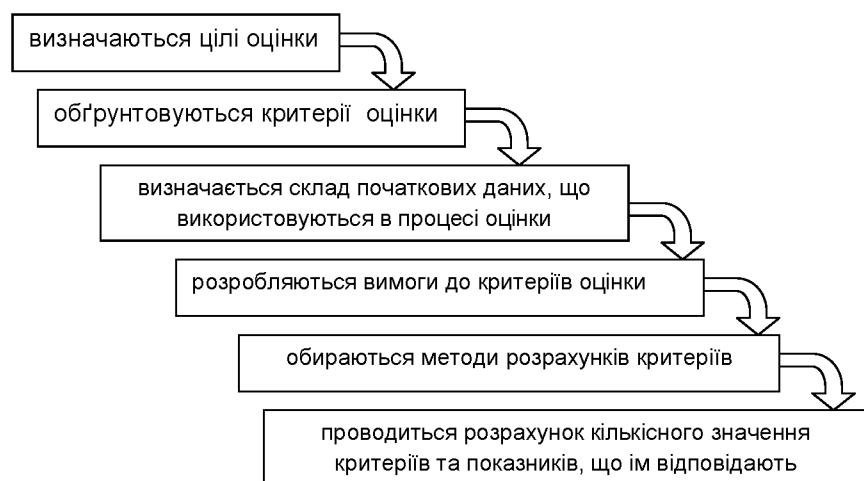


Рис. 1 – Алгоритм процесу оцінки ефективності управління

інформаційними технологіями відповідає стратегії організації. Задачею автоматизованої системи є функція інформаційної системи, що представляє формалізовану сукупність автоматичних дій, виконання яких веде до результату заданого виду [2]. Багаторівнева АСУ складається з декількох рівнів управління, що приводить до підвищення вимог до сумісності всіх підсистем та забезпечень. Сумісність автоматизованої системи управління – спроможність всіх її підсистем та забезпечень взаємодіяти при функціонуванні. Необхідна сумісність складових забезпечень АСУ досягається через використання типових проектних рішень та єдиних методичних матеріалів.

Таблиця 1 – Сумісність забезпечень АСУ по видам і рівням управління

Вид забезпечення АСУ	Шляхи досягнення сумісності
організаційне забезпечення	досягається узгодженістю організаційно-розпорядних документів, що регламентують дії підсистем
інформаційне забезпечення	необхідно враховувати як в процесі формування інформації, так і на етапах її перетворення, передбачати можливість використання одних й самих даних різними компонентами ІС, обміном даних між ними;
математичне забезпечення	досягається розробкою та впровадженням комплексів економіко-математичних моделей, що охоплюють всі етапи процесів управління; моделювання процесу управління в міжрівневій ув'язці стає методологічною основою розробки єдиного підходу до функціонування системи
програмне забезпечення	характеризується можливістю в умовах функціонування обміну програмами, що необхідно при їх взаємодії; на кожному рівні АСУ максимально використовуються пакети прикладних програм
технічне забезпечення	необхідно забезпечувати можливість автоматичної взаємодії технічних засобів, застосування єдиних методів отримання та обробки інформації на всіх рівнях системи;
правове забезпечення	досягнення строгого обліку і контролю за рухом матеріальних цінностей на всіх рівнях системи та його юридично правомірного інформаційного відображення для одержання своєчасної і якісної інформації

Необхідність ефективного управління інформаційними системами і технологіями привела до розвитку великої кількості галузевих, національних та міжнародних стандартів управління ІТ. Стандарти управління ІТ були створені на основі аналізу та узагальнення кращих методів, що пройшли апробацію, як великими групами професіоналів, так і різними організаціями. Крім визнаних міжнародних стандартів, існує багато національних стандартів управління ІТ. Наприклад, Control Objectives for Information and related Technology (CobiT) найчастіше використовується для управління ІТ в США та ряді інших країн, IT Infrastructure Library (ITIL) частіше застосовується у Великобританії, Нідерландах

та Австралії. Часто в комп'ютерних інформаційних системах використовуються стандарти ERP.

Більшість країн має власні організації, що видають стандарти для різних галузей. Це пояснюється тим, що описана практика застосування доступна та прийнятна лише у місцевому масштабі. В Україні такими стандартами є стандарти ДСТУ: ДСТУ 2844-94 Програмні засоби ЕОМ. Забезпечення якості. Терміни та визначення; ДСТУ 2941-94 Системи оброблення інформації. Розроблення систем. Терміни та визначення [3]; ДСТУ ISO/IEC 90003:2006 Програмна інженерія. Настанови щодо застосування ISO 9001:2000 до програмного забезпечення (ISO/IEC 9003:2004, IDT); ДСТУ 2850-94 Програмні засоби ЕОМ. Показники і методи оцінювання якості; ДСТУ 3918-99 (ISO/IEC 12207:1995) Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення; ДСТУ ISO/IEC 14598-1:2004 Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту (ISO/IEC 14598-1:1999, IDT); ДСТУ ISO/IEC 14764-2002 Інформаційні технології. Супровід програмного забезпечення (ISO/IEC 14764:1999, IDT); ДСТУ ISO/IEC 15288:2005 Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу системи (ISO/IEC 15288:2002, IDT), тощо.

В статті [4] автором дана широка класифікація критеріїв щодо вибору засобу автоматизованого проектування, приведені основні характеристики кожного критерію та їх ознаки. Надалі необхідно розглянути підходи для оцінки ефективності АСУ інформаційними технологіями. На рис. 2 показана модель процесу моніторингу та



Рис. 2 – Модель процесу моніторингу та оцінки IT технологій на підприємстві

оцінки IT технологій на підприємстві, що узагальнює підходи за різними критеріями. На рис. 3 схематично подана послідовність дій щодо моніторингу та оцінки ефективності інформаційних технологій, які застосовується в межах автоматизованої системи управління організацією.

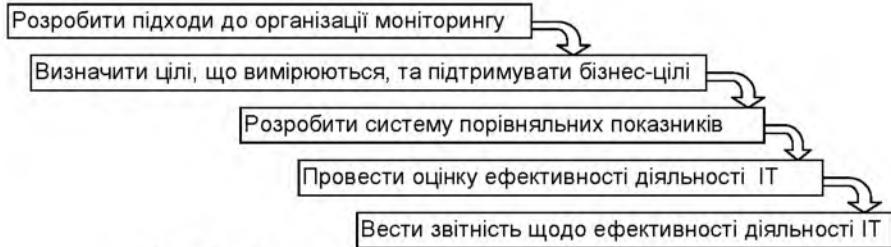


Рис.3 –Моніторинг та оцінка ефективності

Використання IT технологій в автоматизованому управлінні підприємством має повністю базуватись та вимогах діючих норм і стандартів, технологію забезпечення чого зображене на рис. 4.

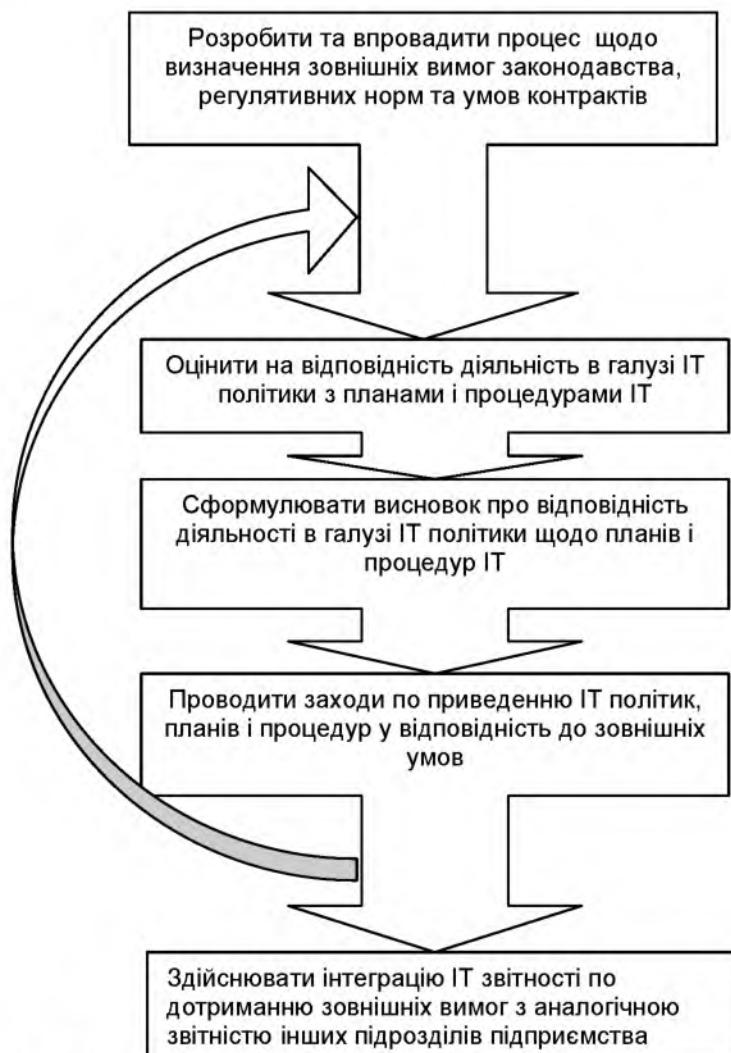


Рис. 4 – Забезпечення відповідності зовнішнім вимогам

Контроль за ефективністю застосування IT технологій в АСУ підприємством необхідно постійно підтримувати на всіх рівнях управління та безпосереднього виконання [5]. Принципи корпоративного управління IT представлені на рис. 5.

Ефективність роботи автоматизованої системи управління та IT підрозділів на підприємстві оцінюють з позицій економічної доцільності з метою: аналізу та обґрунтування доцільності і необхідності створення умов щодо функціонування і розвитку АСУ; встановлення основних напрямків застосування АСУ; вибору найбільш економічно вигідного та технічно і організаційно оптимального варіанту

проекту та впровадження АСУ; відображення показників економічної ефективності АСУ в нормативах і планах підприємства (організації) та підпорядкованих органів; формування відповідних показників статистичної та іншої звітності; визначення розміру витрат та нарахувань до фондів економічного стимулювання на створення АСУ [6].

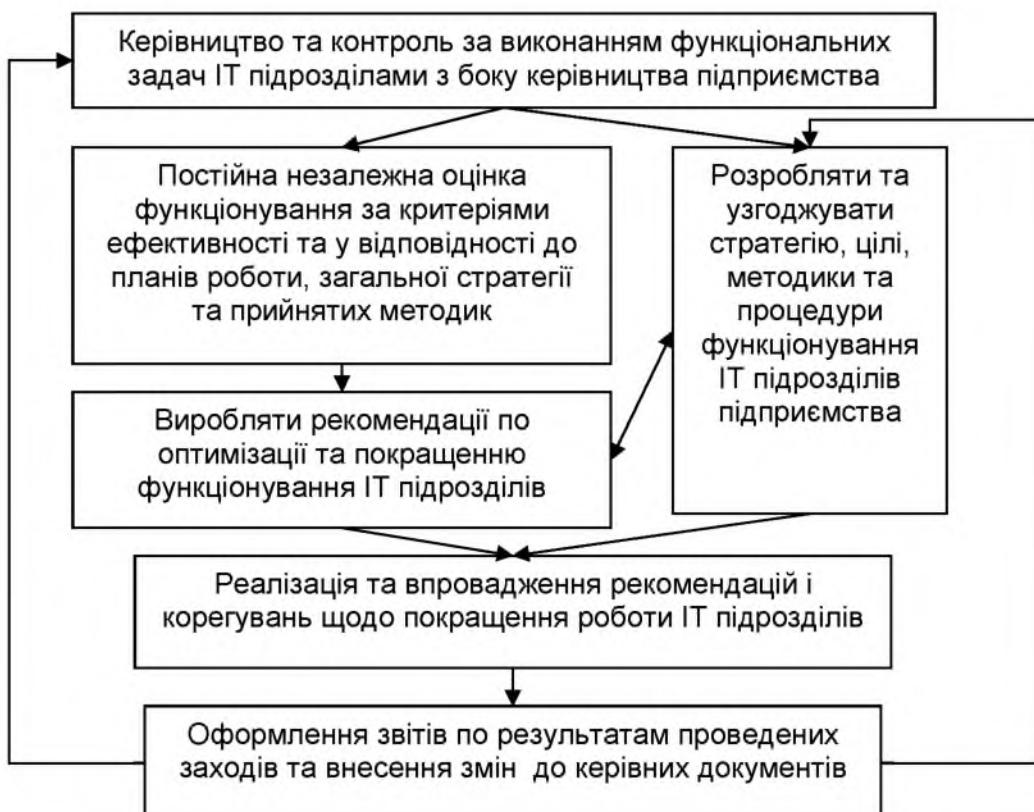


Рис. 5 – Корпоративне управління IT підрозділами на підприємстві

Вибір найефективного та економічно обґрунтованого проекту створення АСУ здійснюється за максимальним показником господарського ефекту, який представляє собою різницю між результатами діяльності та витратами за встановлений для даного заходу розрахунковий період, з урахуванням як господарських економічних нормативів, так і інших (соціальних, екологічних, тощо) встановлених обмежень. Початком розрахункового періоду приймається рік початку розробки АСУ. Кінець розрахункового періоду визначають у відповідності з терміном морального старіння технічних засобів та проектних рішень АСУ.

Інтегральні витрати \mathbf{Z} на створення АСУ розраховують за формулою:

$$Z = \sum_{t=1}^T (I_t + K_t - L_t) \alpha_t, \quad (1)$$

де T_t - тривалість розрахункового періоду; I_t - поточні витрати (собівартість), з урахуванням витрат на експлуатацію АСУ за рік t ; K_t - всі види одноразових витрат на створення АСУ за рік t ; L_t - залишкова вартість основних фондів, що вибивають за рік t (при неможливості їх використання - їх ліквідаційна вартість); α_t - коефіцієнт, що застосовується для приведення різночасових результатів і витрат до базисного року.

Економічний ефект E при тотожності кінцевих результатів за варіантами, що порівнюються, розраховується за формулою:

$$E=B_1-B_2, \quad (2)$$

де B_1, B_2 - загальні інтегральні витрати підприємства у виробництві та споживанні по базовому і новому варіантам на весь обсяг продукції, що виробляється відповідно.

При нетотожності варіантів, що порівнюються, по результатам, які можуть бути приведені до вартісної форми, зміни цих результатів мають бути враховані в розрахунках економічного ефекту у вигляді додаткових економічних результатів. За базу порівняння при визначенні економічної ефективності АСУ приймають [7]:

- при розрахунку економічного ефекту на етапі вибору найкращого варіанта – техніко-економічні показники найбільш прогресивних способів виробництва в діючому виробництві або за існуючими проектами;

- при розрахунку показників річної економічної ефективності – техніко-економічні показники замінних способів виробництва продукції (робіт). При цьому за базовий варіант приймають: планові показники виробничо-господарської діяльності об'єкта впровадження (без врахування результатів функціонування АСУ) на рік, що наступає за роком вводу АСУ в експлуатацію, якщо впровадження здійснюється на діючому об'єкті. У випадку відсутності конкретних планових даних, що приймаються за базовий варіант, показники останнього року перед впровадженням АСУ приводять на рік розрахунку з урахуванням їх зміни завдяки поточному вдосконаленню діяльності об'єкта застосування в умовах відсутності АСУ; проектні техніко-економічні показники, якщо АСУ розробляють на об'єкті, що створюють, в проекті якого не було передбачено її застосування; фактичні показники об'єкта-аналога з кращими показниками господарської діяльності та найменшим розміром втрат і упущень, якщо заходи по впровадженню АСУ розробляють для об'єкта, що проєクトується.

Якщо варіант, що замінюється, вичерпав свої ресурсні можливості щодо вдосконалення об'єкта управління, то за базовий варіант приймають техніко-економічні показники інших (крім АСУ) технологічно рівноцінних напрямків досягнення цілі. Обов'язковою умовою визначення економічної ефективності АСУ є така порівнянність всіх показників: за часом; за цінами і тарифними ставками заробітної плати; за елементами витрат; за обсягами виробництва і номенклатурою продукції, що виробляється чи послуг; за скороченням ручної праці за рахунок автоматизації; за методами обчислення вартісних показників. Джерелами економічної ефективності є скорочення витрат та реалізація резервів покращення діяльності об'єкта в результаті створення, функціонування і розвитку АСУ. Під факторами економічної ефективності АСУ розуміють засоби реалізації джерел ефективності, тобто вдосконалення перспективного, річного, поточного планування та оперативного регулювання, вдосконалення управління технологічними процесами, зростання продуктивності праці робітників підприємства. Розрахунки економічної ефективності АСУ виконують на стадіях, що регламентуються відповідними державними стандартами, затверджують на підприємстві (в організації) замовника АСУ.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Ефективність управління із застосуванням інформаційних систем на базі АСУ може бути розрахована за

економічними, соціальними, екологічними, технічними та іншими критеріями, але всі розрахункові показники залежать від фінансової ситуації, термінів розробки і впровадження ІС, кваліфікації користувачів та інших факторів. Тому надалі пропонується розглянути всі означені показники в динаміці розвитку з урахуванням розвитку комп’ютерних технологій.

Список літератури: 1. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. 2. Петров Ю. А., Климович Е. Л., Ирюшин Ю. В. Комплексная автоматизация управления предприятием: Информационные технологии - теория и практика [Текст] / Ю.А. Петров, Е.Л. Шлимович, Ю.В. Ирюшин. - М. – Москва: Финансы и статистика, 2001-160 с. 3. ДСТУ 2941-94. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ Терміни та визначення. 4. Шеховцова, В. І. Проблема вибору та критерії оцінки засобу автоматизованого проектування [Текст] / В. І. Шеховцова // Вісник НТУ „ХПІ”. – №3. – С. 101-108. 5. IT-отдел и его структура. Способ доступа: <http://www.itcompanies.ru/03itotdel.html> 6. Попова, М. Рынок ИТ-услуг: за кем останутся ИТ-сервисы? http://corp.cnews.ru/reviews/index.shtml?2008/01/11/282624_2 7. Макконнелл, С. Сколько стоит программный проект [Текст] / С. Макконнелл. – СПб.: Питер, 2007. – 297 с.

Bibliography (transliterated): 1. DSTU 2226-93. Automated control systems. Terms and Definitions 2. Petrov JA, Klymovych EL, Yryupyn Y. (2001) Automation Complex enterprise management: Information Technology - Theory and Practice - Moscow: Finance and Statistics, 160. 3. DSTU 2941-94. Developing of system's. Terms and definitions. 4. Shekhovtsova, V.I (2014) Problem of selection and evaluation criteria for automated design News of NTU "KPI", 3, 101-108. 5. Division of IT and its structure. Access method: <http://www.itcompanies.ru/03itotdel.html07>. 6. Popov, N. Market IT services: the cam ostanutsya IT servys? http://corp.cnews.ru/reviews/index.shtml?2008/01/11/282624_2 7. McConnell, C. (2007). How much is a software project. Russian edition, St. Petersburg.: Peter, 297.

Надійшла (received) 25.07.2014

УДК 57.087

М. Г. САМЫНИНА, м. н. с., Институт животноводства НААН,
пос. Кулиничи, Харьковская обл.;

Ю. Е. МЕГЕЛЬ, д-р техн. наук, проф., зав. каф., Национальный технический
университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ И ТЕРМОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ АППАРАТУРЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ САМОК КРС

Проведен анализ особливостей применения методов кондуктометрии и термометрии в специализированных приборах и системах контроля репродуктивной сферы самок КРС и дана комплексная оценка возможности совместного использования в одной измерительной системе датчиков проводимости и температуры.

Ключевые слова: проводимость, температура, датчики, контроль репродуктивной сферы

Введение. Актуальность задачи проектирования и разработки электронной аппаратуры, с помощью которой можно фиксировать изменения в организме самок КРС, связанные с овуляцией, обусловлена использованием методов

© М. Г. САМЫНИНА, Ю. Е. МЕГЕЛЬ, 2014

искусственного осеменения в скотоводстве. Возможность применения кондуктометрических и термометрических датчиков в основе уже выпускаемых промышленностью и только еще разрабатываемых специализированных приборов ведет к повышению эффективности биотехнологических методов размножения [1]. В настоящее время предпринимаются попытки их совместного использования в одной измерительной системе.

Биологическое обоснование для концепции объединения датчиков электропроводности и температуры в одной измерительной системе [2, 3] дает сильная положительная коррелятивная связь кондуктометрических и температурных параметров с гормональными изменениями [4] в период от начала стадии половой охоты (ПО) до овуляции по мере роста и созревания одного-двух доминирующих фолликулов (ДФ) в яичниках самок. Проводимость слизи рассматривается как комплексный информационный параметр, отражающий происходящие физиологические изменения в организме [5, 6], который может быть использован и для оценки стадии зрелости ДФ [7]. С другой стороны, повышение температуры тела самок КРС в период ПО исследователи связывают с повышением концентраций эстрогенов в крови вследствие созревания ДФ [8].

С целью объединения датчиков электропроводности и температуры исследователями была предпринята попытка применить используемый в геодезических исследованиях проточных жидкостей безэлектродный торроидальный датчик удельной электропроводности, в конструкцию которого входит датчик температуры [3]. Из-за большого индивидуального разброса данных электропроводности этот параметр показал недостаточную точность для построения алгоритма прогноза овуляции. Различие результатов, полученных в работах [3] и [7], возможно, объясняется тем, что принцип измерения электропроводности, который используется в кондуктометрических торроидальных датчиках, отличается от принципа, используемого в двухэлектродных контактных датчиках серийных приборов определения ПО у самок сельскохозяйственных животных.

Цель работы. Целью данной работы являются анализ особенностей применения методов кондуктометрии и термометрии в специализированных приборах и системах контроля репродуктивной сферы самок КРС и комплексная оценка возможности совместного использования в одной системе датчиков проводимости и температуры.

Анализ методов измерений. Кондуктометрия. Наиболее простой способ измерения, который реализуется в промышленных образцах приборов для определения ПО у самок сельскохозяйственных животных, обеспечивает двухэлектродная схема подключения. Основными проблемами, которые мешают воспроизводимости результатов измерений при разных условиях, являются сложный характер эквивалентной схемы замещения объекта измерения и двухэлектродного кондуктометрического преобразователя [9], которая моделирует физико-химические процессы, происходящие в нем в процессе измерения, и зависимость элементов этой схемы от температуры биообъекта. Электрическая эквивалентная схема двухэлектродного подключения (при использовании металлических электродов, электрическое сопротивление которых

условно принято равным нулю) приведена на рис. 1.

Эта схема включает емкость оксидов электродов ($C_{ок.}$), приэлектродный импеданс, представленный импедансом Варбурга (поляризационное сопротивление R_B и поляризационная емкость C_B , возникающие за счет диффузии ионов к поверхности электродов),

электрическое сопротивление слизи ($R_{сл.}$), емкость между поверхностями электрода и слизистой оболочки ($C_{з-об.}$, а также сопротивление и емкость слизистой оболочки ($R_{сл.об.}$ и $C_{сл.об.}$).

Постоянный ток для кондуктометрии биообъектов применяется в ограниченных масштабах из-за поляризационных эффектов и искажений электрического поля на участках контакта объекта с электродами. В специализированной аппаратуре измерения проводимости вагинальной слизи реализованы на переменном токе, при этом явления поляризации выражены слабее и в основном зависят от частоты тока. Поляризационное сопротивление и поляризационная емкость

$$R_B = k/\sqrt{\omega}, \quad C_B = 1/(k\sqrt{\omega}),$$

где k – постоянный коэффициент Варбурга, ω – частота.

Учитывая то, что при высокой частоте переменного тока импеданс Варбурга и емкость оксидов электродов достаточно малы, на практике при измерениях обычно игнорируют все параметры схемы замещения, кроме импеданса среды, заключенной между электродами и включающей участок биоткани слизистой оболочки.

Термометрия. Базальная температура, или температура глубоко в теле – фундаментальная характеристика физиологического состояния млекопитающих, связанная с физическими, химическими и биологическими процессами в организме. При проектировании систем контроля репродуктивной функции у самок КРС на основе измерений температуры тела основную трудность представляет разработка алгоритма анализа полученных данных, который мог бы отделить температурные всплески, связанные с определенным состоянием биообъекта, от колебаний температуры, вызванных другими факторами.

Наиболее часто используемый подход предполагает использование алгоритмов обработки результатов измерений, которые в основном носят ретроспективно-сравнительный характер [8]. В этом случае измеренная величина температуры сравнивается с температурой, полученной в то же самое время днем ранее, или со средним значением температур, измеренных в предыдущие 3-4 дня. Таким образом, достигается нивелирование влияния фактора времени суток. В этом случае требуется накопление и сохранение необходимого количества данных температуры при бесперебойной работе измерительной системы.

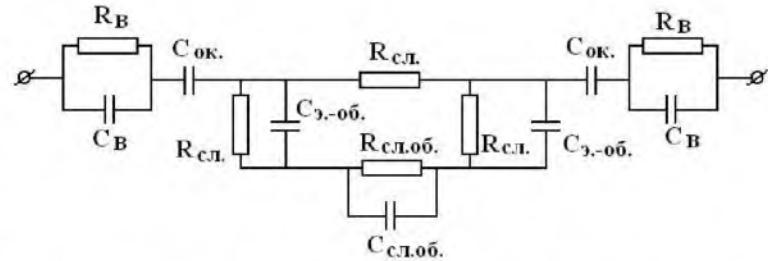


Рис. 1 – Эквивалентная схема замещения импедансометрического двухэлектродного преобразователя и среды, заключенной между электродами

Еще одним способом нивелировать влияние сторонних факторов и выделить информативную составляющую является применение дифференциальной термометрии. Теория теплопроводности предоставляет метод оценки температуры твердого тела по величине теплового потока от более нагретого участка тела в сторону менее нагретого или, другими словами, между двумя точками на разном расстоянии от поверхности тела в направлении потока тепла. Так, для стержня, нагреваемого с одного конца:

$$Q = k \cdot A \cdot (T_1 - T_2) / l,$$

где k – коэффициент теплопроводности материала; A – площадь, через которую передается тепло; T_1 и T_2 – температуры двух участков стержня, разделенных расстоянием l , равным длине стержня.

Для практических целей закон Фурье в таком виде применим при описании низкочастотных (период – от часа и более) процессов [10]. Его ценность для изучения температурных изменений у теплокровных обусловлена тем, что плотность теплового потока находится в прямой зависимости от разности одновременно измеренных температур. Учитывая то, что температура организма зависит от множества факторов, учет либо стабилизация которых не всегда представляется возможным, при вычитании температур, измеренных одновременно, влияние этих факторов нивелируется [11].

Совместное использование датчиков проводимости и температуры. Измерения электрического сопротивления слизи были проведены прибором “Draminski estrous detector” (фирмы “Draminski”, Польша) (рис. 2), отсчет показаний на цифровом табло которого производится в условных единицах (10 у.е. соответствуют 1 Ом, согласно паспорту прибора). В качестве температурного показателя была использована разность вагинальных температур на расстояниях 28 и 14 см от вульвы. Необходимый датчик (термодатчик) с чувствительностью 0,025 кОм/°C был изготовлен по схеме [12]. Исследования проводили на 18 подопытных лактирующих коровах молочных пород. Степень зрелости ДФ классифицировали по В.К. Кедрову в модификации І.І. Соколовської и Л.Я. Бабичевої [13]. Измерения проводили каждые 3 часа после начала ПО и через 15 часов после ее окончания с проверкой на наличие овуляции. Результаты совместных измерений датчиками проводимости и температуры в зависимости от наличия овуляции приведены в табл. 1.



Рис. 2 – Система для измерения изменений температуры (слева) и прибор “Draminski estrous detector” для измерения электрического сопротивления (справа)

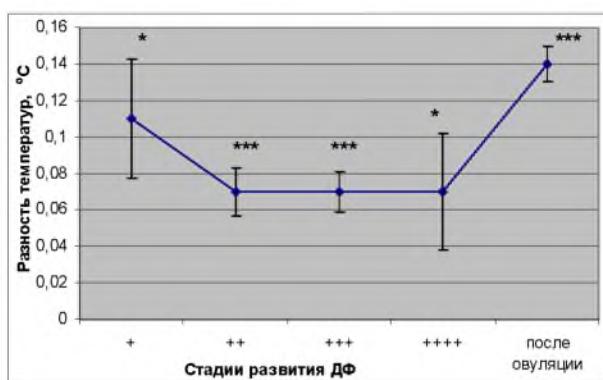
Таблица1 – Разность температур, электрическое сопротивление слизи при наличии и отсутствии овуляции

	Овуляция зафиксирована (n=9 гол.)				Овуляция не зафиксирована (n=9 гол.)			
	Разность температур		Электрическое сопротивление		Разность температур		Электрическое сопротивление	
	M±m, °C	Cv, %	M±m, у.о.	Cv, %	M±m, °C	Cv, %	M±m, у.о.	Cv, %
В период ПО	0,08 ± 0,01***	56,3	254 ± 9***	4,0	0,05 ± 0,01**	80,2	257 ± 11***	11,9
Через 15 часов после ПО	0,13 ± 0,01***	28,4	261 ± 15***	16,1	0,09 ± 0,03*	96,1	268 ± 15***	16,1

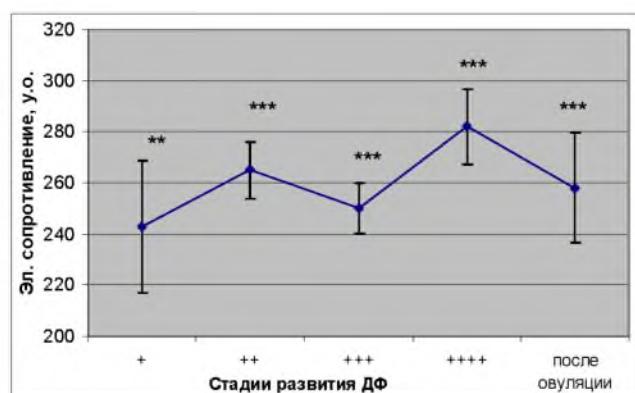
* – $P \geq 0,98$, ** – $P \geq 0,99$, *** – $P \geq 0,999$ – уровни достоверности данных.

Согласно полученным данным, коэффициент вариации электрического сопротивления был меньше, чем для разности температур. Однако, на их значения, измеренные во время охоты, не влияло последующее наличие или отсутствие овуляции. Результаты измерений не показали возможности использовать эти параметры в период ПО для прогнозирования последующей овуляции. Тем не менее, по температурному параметру во время ПО и после ее окончания было отмечено достоверное различие ($P \geq 0,98$) при наличии овуляции, поэтому по изменению разности температур можно судить о произошедших изменениях в организме.

В зависимости от степени зрелости ДФ (рис. 3) только по разности температур отмечено существенно отличие значения этого параметра (рис. 3, а) после овуляции со значениями, полученными при наличии ДФ на стадиях «++» и «+++» ($P \geq 0,999$). Однако, для показателя электрического сопротивления (рис. 3, б) определенной закономерности не наблюдалось.



а



б

Рис. 3 – Изменения разности температур и электрического сопротивления в соответствии со степенью зрелости ДФ

(уровни достоверности средних * – $P \geq 0,90$, ** – $P \geq 0,98$, *** – $P \geq 0,999$)

а – изменение разности температур, б – изменение электрического сопротивления

Несмотря на то, что измерение электрического сопротивления слизи проводилось специализированным промышленным прибором, для кондуктометрического показателя экспериментально подтвержденные зависимости не были установлены. Методика использования кондуктометрического показателя для контроля репродуктивной сферы самок КРС требует доработки.

Выводы

1. Проведен анализ особенностей применения методов кондуктометрии и термометрии в современных специализированных приборах и системах контроля репродуктивной сферы самок КРС. Рассмотрены ключевые вопросы измерения.

2. Оценка соответствия получаемых количественных характеристик действительному состоянию биообъекта показала определенную чувствительность температурного показателя к происходящим изменениям в организме самок КРС. Для кондуктометрического показателя экспериментально подтвержденные зависимости не установлены.

3. Результаты исследования показали недостаточную обоснованность для совместного использования датчиков проводимости и разности температур в одной системе измерения.

Список литературы: 1. Oestrus detection in dairy cows based on serial measurements using univariate and multivariate analysis [Text] / [Firk R., Stamer E., Junge W. and Krieter J.]. // Arch. Tierz., Dummerstorf. – 2003. – 46, №2. – P.127-142. 2. Concept study of an implantable microsystem for electrical resistance and temperature measurements in dairy cows, suitable for estrus detection [Text] / R. Morais, A. Valente, J. C. Almeida, A. M. Silva, S. Soares, M. J. C. S. Reis, R. Valentim, J. Azevedo // Sensors and Actuators A. – 2006. – 132. – P. 354–361. 3. Evaluation of a new approach for the estimation of the time of the LH surge in dairy cows using vaginal temperature and electrodeless conductivity measurements [Text] / A. D. Fisher, R. Morton, J. M. A. Dempsey, J. M. Henshall and J. R. Hill // Theriogenology. – 2008. – Vol. 70, Issue 7. – P. 1065-1074. 4. Jedrzej M. Jaskowski Interrelationship between vaginal mucus resistance, rectal and vaginal temperature and preovulatory LH peak and ovulation in cows [Text] / Jedrzej M. Jaskowski // Bull. vet. Inst. Pulawy. – 1995. – № 39. – P. 43-47. 5. Leidl, W. Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection [Text] / W. Leidl, R. Stolla // Theriogenology. – 1976. – 6. – P. 237-249. 6. Lewis, G. S. Changes in electrical resistance of vulvar tissue in Holstein cows during ovarian cycles and after treatment with prostaglandin F_{2α}. [Text] / G. S. Lewis, E. Aizinbud, and A. R. Lehrer // Anim. Reprod. Sci. – 1989. – 18. – P. 183–197. 7. Vaginal electrical resistance and size of dominant follicle in beef cows subjected to synchronization of ovulation protocol [Text] / Tadesse M., Thiengham J., Pinyopummin A. and Prasanpanich S. // Kasetsart J. (Nat. Sci.). – 2011. – 45. – P. 613-621. 8. Kyle, B. L. Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows [Text] / B. L. Kyle, A. D. Kennedy, J. A. Small // Theriogenology. – Vol. 49, No. 8. – June 1998. – P. 1437-1449. 9. Кореневский, Н. А. Проектирование электронной медицинской аппаратуры для диагностики и лечебных воздействий: [Текст] / Н. А. Кореневский, Е. П. Попечителев, С. А. Филист. – Курск: Курская городская типография., 1999. – 537 с. 10. Геращенко, О. А. Тепловые и температурные измерения: Справочное руководство [Текст] / О. А. Геращенко, В. Г. Федоров. – К. – Киев: Наукова думка, 1965. – 304 с. 11. Самынина, М. Г. Применение дифференциальной термометрии для повышения достоверности оценки температуры тела [Текст] / М. Г. Самынина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №6/5(54) – С. 30-33. 12. Самынина, М. Г. Способ построения измерительной системы для регистрации малых изменений температуры [Текст] / М. Г. Самынина // Бионика интеллекта. – Харьков. – 2008. — №1(68) – с.123-127. 13. Соколовская, И. И. Биология воспроизведения искусственного осеменения [Текст] / И. И. Соколовская, Л. Я. Бабичева. – Дубровицы, ОНТИ, 1966. – 137 с.

Bibliography (transliterated): 1. Firk, R., Stamer, E., Junge, W. and Krieter, J. (2003). Oestrus detection in dairy cows based on serial measurements using univariate and multivariate analysis. Arch. Tierz., Dummerstorf, 46, №2, 127-142. 2. Morais, R., Valente, A., Almeida, J. C., Silva, A. M., Soares, S., Reis, M. J. C. S., Valentim, R., Azevedo, J. (2006). Concept study of an implantable microsystem for electrical resistance and temperature measurements in dairy cows, suitable for estrus detection. Sensors and Actuators A, 132, 354–361. 3. Fisher, A. D., Morton, R., J. Dempsey, M. A., Henshall, J. M., Hill, J. R. (2008). Evaluation of a new approach for the estimation of the time of the LH surge in dairy cows using vaginal temperature and electrodeless conductivity measurements. Theriogenology, Vol. 70, Issue 7, 1065-1074. 4. Jaskowski, Jedrzej M. (1995). Interrelationship between vaginal mucus resistance, rectal and vaginal temperature and preovulatory LH peak and ovulation in cows. Bull. vet. Inst. Pulawy, № 39, 43-47. 5. Leidl, W, Stolla, R. (1976). Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. Theriogenology, 6, 237-249. 6. Lewis, G. S., Aizinbud, E., Lehrer, A. R. (1989). Changes in electrical resistance of vulvar tissue in Holstein cows during ovarian cycles and after treatment with prostaglandin F_{2α}. Anim. Reprod. Sci., 18, 183–197. 7. Tadesse, M., Thiengham, J., Pinyopummin, A. and Prasanpanich, S. (2011). Vaginal electrical resistance and size of dominant follicle in beef cows subjected to synchronization of ovulation protocol. Kasetsart J. (Nat. Sci.), 45, 613-621. 8. Kyle, B. L., Kennedy, A. D., Small, J. A. (1998). Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. Theriogenology, Vol. 49, No. 8, 1437-1449. 9. Korenevskij, N. A., Popechitelev, Y. P., Filist, S. A. (1999). Design of electronic medical equipment for the diagnosis and treatment modalities: Monography. Kursk: Kursk city typography. 10. Gerashchenko, O. A., Fedorov, V. G. (1965). Heat and temperature measurements: Reference. Kiev: Naukova dumka. 11. Samynina, M. G. (2011). Application of differential thermometer in order to improve reliability assessment body temperature. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, №6/5(54), 30-33. 12. Samynina, M. G. (2008). Approach to the development of the measuring system for registration of small temperature variations. Bionics of Intelligence: Sci. Mag., №1(68), 123-127. 13. Sokolovskaya, I. I., Babicheva, L. Y. (1966). Reproductive biology of artificial insemination. Dubrovic: ONTI.

Поступила (received) 22.08.2014

УДК 336.5.02:621.3:656.71(045)

A. Е. АСЛАНЯН, д-р техн. наук, проф., НАУ, Київ;
В. П. ЗАХАРЧЕНКО, канд. техн. наук, проф., НАУ, Київ;
Н. П. СОКОЛОВА, ст. викл., НАУ, Київ

УПРАВЛІННЯ СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ АЕРОПОРТІВ

В статті пропонується вирішення проблеми ефективного управління споживанням електричної енергії аеропорту. Ефективне управління режимом електроспоживання дозволить забезпечити раціональне споживання електричної енергії об'єктами аеропортів, сприятиме вирівнюванню графіків навантаження енергетичних систем, що забезпечить їх нормальне функціонування та мінімізує затрати в умовах зростання ціни на електричну енергію.

Ключові слова: показники енергоефективності, управління, електрична енергія, аеропорт, теорія автоматичного управління.

Вступ. Раціональне використання аеропортами електричної енергії та обґрунтованість її витрат є однією з найважливіших та актуальних проблем.

Одним із шляхів економії електроенергії є вдосконалення структури управління споживанням електричної енергії. Ефективне управління режимом

© А. Е. АСЛАНЯН, В. П. ЗАХАРЧЕНКО, Н. П. СОКОЛОВА, 2014

електроспоживання дозволить забезпечити раціональне споживання електричної енергії приймачами аеропортів, сприятиме вирівнюванню графіків навантаження енергетичних систем, що забезпечить їх нормальне функціонування та мінімізує затрати в умовах зростання ціни на електричну енергію.

Аеропорт – багатофункціональне транспортне підприємство, що є наземною частиною авіаційної транспортної системи [2]. Приймачами електричної енергії аеропорту є обладнання, яке забезпечує зліт і посадку транспортних суден, їх наземне обслуговування, прийом та відправлення пасажирів, багажу, пошти і вантажів. Для виконання своїх функцій аеропорт використовує злітно-посадкову смугу, аеровокзал, привокзальну територію, наземні споруди та їх обладнання з обслуговуючим персоналом. Тому, важливим та актуальним є реалізація політики енергозбереження для аеропортів України, як для підприємств із щорічним зростанням споживання електроенергії за рахунок збільшення обсягів авіаперевезень та введення нових об'єктів.

Метою дослідження є розроблення ефективної структури управління споживанням електричної енергії аеропорту.

Для досягнення вказаної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- аналіз існуючих методів управління споживання електричної енергії;
- аналіз діючого апарату управління споживанням електричної енергії аеропортів;
- розробка ефективної структури управління споживанням електричної енергії аеропортів.

Аналіз статистичних даних споживання електроенергії та підходи щодо управління споживанням електричної енергії аеропортів. На основі статистичних даних споживання електроенергії, зібраних в аеропортах України [5 –8] впродовж 2002-2013 рр., представлені фактичні значення питомих витрат електричної енергії (рис. 1-3).

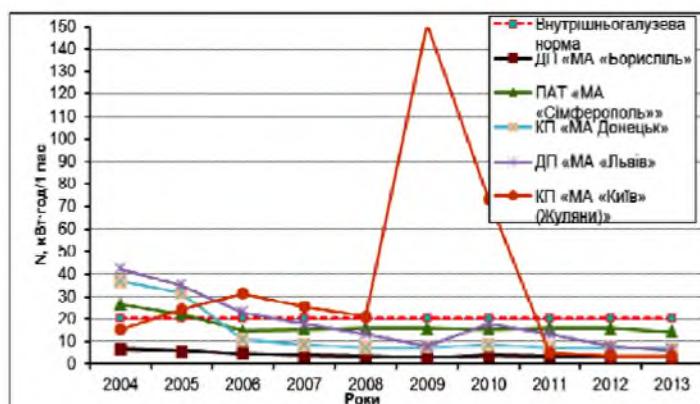


Рис. 1 – Графік часових рядів питомих витрат електроенергії на обслуговування 1 пасажира

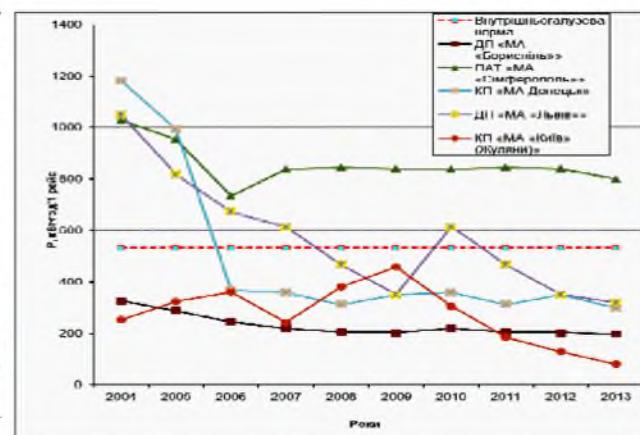


Рис. 2 – Графік часових рядів питомих витрат електроенергії на обслуговування 1 рейсу

Незважаючи на стабільну тенденцію щодо зміни обсягу споживання електричної енергії для всіх аеропортів, у певні роки спостерігаються деякі змінні характеристики. Так, для аеропорту «Львів» у 2008- 2010 роках, аеропорт КП «МА Київ» (Жуляни) у 2009 році величина обсягу споживання електричної

енергії відрізняється від характерної тенденції попереднього та наступного періодів.

Однією з причин таких результатів є відсутність налагодженої системи управління споживання електричної енергії.

Аналіз структур управління авіапідприємств. Одним із найважливіших елементів підприємства є його організаційна структура управління. Організаційна структура регулює: розподіл завдань по відділам і підрозділам підприємства;

компетентність відділів та підрозділів у вирішенні певних проблем; загальну взаємодію відділів та підрозділів. Організаційна структура має безпосередній вплив на реалізацію стратегії підприємства, його взаємодію із зовнішнім середовищем та ефективне вирішення поставлених завдань.

Згідно теорії автоматичного управління будь-якими процесами – управління може проводитись по розімкненій та замкненій схемам. Аналіз стану управління ефективністю споживання електричної енергії аеропортами показав, що використовуються в основному наступні схеми [1, 3, 4].

В одних аеропортах застосовується при управлінні розімкнена схема (рис. 4). Розглянемо детальну принцип дії такої схеми.

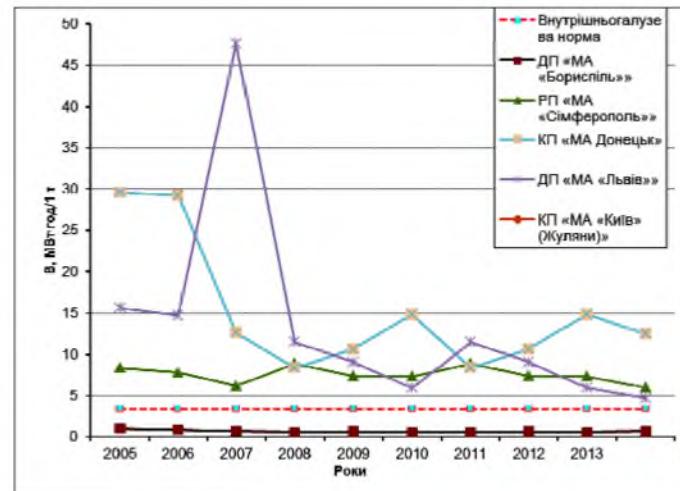


Рис. 3 – Графік часових рядів питомих витрат електроенергії на обслуговування 1 т вантажу

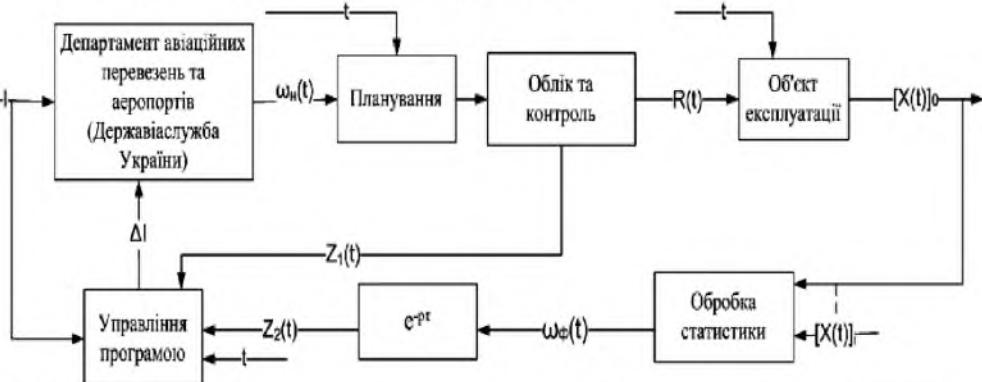


Рис. 4 – Розімкнена схема управління електроспоживанням

$$X(t) = F(I, t) + \omega \{X_i(t)\} \cdot e^{-p \cdot r}$$

t – запланований час роботи об'єктів; $Z_1(t)$ – вплив зовнішніх чинників на зміну обсягу споживання електричної енергії; $X(t)$ – вихідний параметр (обсяги споживання електричної енергії); $Z_2(t)$ – вплив результатів обробки статистики; $\omega_n(t)$ – нормативні значення; e^{-pr} – елемент затримки на проведення обробки статистики $R(t)$ – коригуюча дія на об'єкт експлуатації, $\omega\phi(t)$ – фактичні значення

Управляючу входною дією на схему є раціональне використання енергетичних ресурсів протягом встановленого терміну та економічна ефективність. При цьому управляюча дія на процес споживання енергетичних ресурсів визначається не вихідним параметром об'єкту, а часом напрацювання t відповідно до прийнятого плану. Залежність $X(t)$ носить випадковий характер,

тому за відсутності жорсткого зворотного зв'язку, обумовлена слабка взаємодія між процесом зміни технічного стану об'єкту та його технічної експлуатації. Лише після часу τ (на схемі це показано у вигляді елемента затримки $e^{-p\tau}$) у програму можна внести корекцію $Z_2(t)$. Проте навіть після внесення цієї корекції система управління залишається розімкненою за станом кожного об'єкту, отже, має місце невідповідність між процесом запланованих обсягів споживання та фактичними значеннями стану об'єкту. Відсутність вказаного вище зворотного зв'язку приводить до того, що в значній міри не використовується фактичний ресурс.

В інших аеропортах застосовується при управлінні розімкнена схема з незначним зворотнім зв'язком, схема представлена на рис. 5.

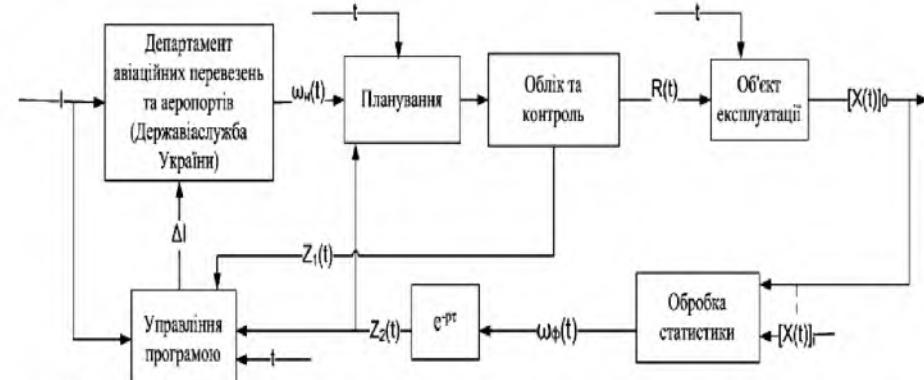


Рис. 5 – Замкнена схема управління електроспоживанням

$$X(t) = F(I, \omega \cdot e^{-p\tau}, t) + \omega \{X_i(t)\} \cdot e^{-p \cdot \tau}$$

В процесі експлуатації контролюється тільки поточний стан роботи споживачів. В структурі схеми управління відсутній жорсткий від'ємний зворотний зв'язок параметра, а статистичний зворотний зв'язок здійснюється лише за рівнем надійності. Характеристика надійності $\omega(t)$ порівнюється із заданою нормою $\omega_3(t)$. В результаті виробляється управлююча дія $\varepsilon\omega(t)$ на процеси споживання, що у свою чергу визначає коригуючу дію $R(t)$ на об'єкт експлуатації. Запізнювання τ у дії зворотного зв'язку визначається часом збирання і обробки статистики, а також тим, що всі споживачі електричної енергії мають неоднакові напрацювання.

Якщо значення показника енергоефективності знижується до мінімально допустимого, то управлюючими діями може бути заміна обладнання, зміна режимів роботи обладнання тощо. Вказані заходи надаються з дотриманням безпечної та ефективної роботи аеропорту.

Для контролю значення показника енергоефективності, а також оцінки економічної доцільності застосування такої системи управління необхідно систематично одержувати і обробляти наступну інформацію: кількість споживачів електричної енергії, їх технічні характеристики, час роботи, вартість заміни і ремонту обладнання тощо.

Розробка вдосконаленої замкненої системи управління електроспоживанням аеропортів. В роботі було розроблено замкнену схему управління. Суть якої полягає у проведенні коригування процесів електроспоживання всередині циклу. Задача зводиться до управління споживанням кожного конкретного об'єкту. При цьому здійснюється безперервний, або періодичний контроль параметрів стану об'єкту. За наслідками контролю ухвалюється рішення щодо проведення заходів з енергозбереження.

Структурна схема взаємозв'язку приведена на рис. 6, де основним контуром зворотного зв'язку є жорсткий від'ємний зворотний зв'язок між вихідним визначальним параметром $X(t)$ і управлінням процесом. Такий зв'язок забезпечує негайну корекцію управління при появі відхилення $\varepsilon_u(t)$ вихідного параметра $X(t)$ від його заданого значення $X_0(t)$. Під параметром $X(t)$ може бути сукупність декількох визначальних параметрів.

На управління впливає також зворотний зв'язок $\omega(t - \tau)$ за характеристикою надійності об'єкту. Крім того, програма споживання залежить від особливостей обладнання, що показане зв'язком $Z_1(t)$.

З умов забезпечення безвідмовності роботи устаткування контроль його параметрів бажано проводити безперервно в процесі експлуатації.

Попереджуvalний характер стратегії забезпечується регулярним спостереженням за обсягом споживання електричної енергії об'єкту з метою своєчасного

виявлення зон зменшення рівня енергоефективності на основі результатів дослідження статистичних даних обсягу споживання електричної енергії об'єктів та аеропорту в цілому.

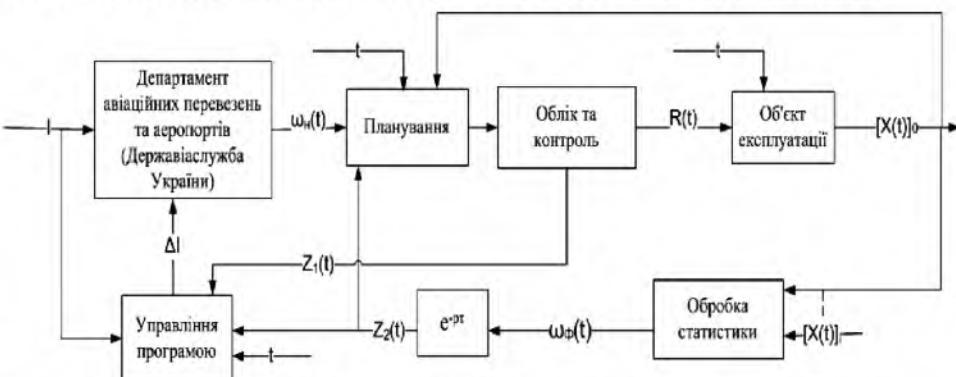


Рис. 6 – Вдосконалена замкнена схема управління електроспоживанням

$$X(t) = F(I, \omega \cdot e^{-pt}, X, t) + \omega \{X_i(t)\} \cdot e^{-pt}$$

Організаційно-методичний інструментарій управління ефективністю енерговикористанням аеропортів базується на принципах системності, регулярності, документованості, незалежності, вірогідності, відкритості, обґрунтованості та передбачає послідовну реалізацію наступних функцій: планування, облік та контроль, нормування, аналіз, прийняття рішень та коригуючи дії.

Для формування якісного апарату управління використовуються як знання і досвід персоналу підприємства, так і різна документальна інформація (енергетичний паспорт підприємства та окремих споживачів енергоресурсів; фінансово-економічні показники підприємства; форми державної статистичної звітності, режимні типові добові графіки навантаження електричної (теплової) енергії, документацію по проведенню ремонтних, налагоджувальних і випробувальних робіт енергоспоживаючого обладнання; річні програми енергозбереження та звіти щодо їх виконання; звіти по попереднім енергоаудитам; перспективні програми і проекти реструктуризації підприємства або модернізації окремих його підрозділів; результати опитування та анкетування керівництва і персоналу підприємства).

При побудові системи управління важливою характеристикою є її структура, що забезпечує технічне та економічне управління. За наведених умов вимоги до

системи формулюють у вигляді показників (кількісних та якісних вимірів). Ці показники задаються як фіксовані, або їх доводиться отримувати в процесі знаходження доцільного режиму управління (оптимальний режим). Такі системи вирішуються діючими системами управління в т.ч. автоматизованими і диспетчерськими та будуються на технологічній моделі об'єкту: технічний моніторинг, оцінка технічних спостережень, реалізація технічної оцінки. Варто зазначити, що у діючих системах управління закладені здебільшого технічні показники і приділена недостатня увага питанням економіки, енергозбереження та раціонального споживання електричної енергії.

Висновки. В роботі було розроблено замкнену схему управління, суть якої полягає у проведенні коригування процесів електроспоживання всередині циклу. Основним контуром зворотного зв'язку є жорсткий від'ємний зворотний зв'язок між вихідним визначальним параметром і управлінням процесом, який забезпечує негайну корекцію управління при появі відхилення вихідного параметра від його заданого значення. На управління впливає також зворотний зв'язок за характеристикою надійності об'єкту. Крім того, програма споживання залежить від особливостей обладнання аеропорту.

Задача зводиться до управління споживанням кожного конкретного об'єкту. При цьому здійснюється безперервний, або періодичний контроль параметрів стану об'єкту. За наслідками контролю ухвалюється рішення щодо проведення заходів енергозбереження, заміни об'єкту, регулювання режимів роботи тощо.

Список літератури: 1. Воробьев, В. Г. Надежность и эффективность авиационного оборудования [Текст] / В. Г. Воробьев, В. Д. Константинов. – М.: Транспорт, 1995. – 245 с. 2. Запорожець, В. В. Аеропорт: організація, технологія, безпека [Текст] / В. В. Запорожець. – К.: Дніпро, 2002. – 168 с. 3. Рябинин, И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем [Текст] / И. А. Рябинин. – СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2007. – 278 с. 4. Ямалов, И. У. Моделирование процессов управления и принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций [Текст] / И. У. Ямалов; 2-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 289 с. 5. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Бориспіль» [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.kbp.aero – Назва з екрану. 6. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Київ» (Жуляни) [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.airport.kiev.ua. – Назва з екрану. 7. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Львів» імені Данила Галицького [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.lwo.aero – Назва з екрану. 8. Офіційний сайт Міжнародного аеропорту «Донецьк» імені Сергія Прокоф'єва [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.airport.dn.ua> – Назва з екрану.

Bibliography (transliterated): 1. Vorobjov, V. G., Konstantynov, V. D. (1995). Nadezhnost i effectivnost aviacionnogo oborudovaniya. Moscow: Transport, 245. 2. Zaporozhiec, V. V. (2005). Aeroport: organizaciya, tehnologiya, bezpeka. Kiev: Dnipro, 168. 3. Ryabinin, I. A. (2007). Nadezhnost I bezopasnost structurno-slozhnih system. SPb.: SPbU, 278. 4. Yamalov, I. Y. (2012). Modelirovaniye processov upravleniya i prinyatiya reshenij v ysloviyah chrezvichajnih situacii. Moscow: BINOM, 289. 5. Official site of the International airport «Boryspil». Available at: www.kbp.aero (Title from the screen). 6. Official site of the International airport "Kyiv" (Juliani). Available at: www.airport.kiev.ua (Title from the screen). 7. Official site of the International airport «Lviv». Available at: www.lwo.aero (Title from the screen). 8. Official site of the International airport «Donetsk». Available at: www.airport.dn.ua (Title from the screen).

Надійшла (received) 25.08.2014

B. M. IVASENKO, аспірант, НТУУ «КПІ», Київ

РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ ВИПАРОВУВАНЬ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

Проаналізовано особливості впливу роботи автозаправних станцій (АЗС) на довкілля. Розглянуто технологічні особливості роботи АЗС: «мале» дихання, «велике» дихання. Рівні концентрацій і склад речовин: випаровувань газоподібних речовин, при різних експлуатаційних режимах роботи АЗС. Розглянуті методики визначення маси випаровувань різних видів палива: та скрапленого вуглеводневого газу, бензину, дизельного палива.

Ключові слова: викиди, автозаправна станція, методика розрахунку, розсіювання, джерело, забруднення, «мале» дихання, «велике» дихання.

Вступ. Станом на початок 2014р в Україні налічувалось більше 9,0 млн. шт. автотранспортних засобів, що належать приватним власникам, державним і комунальним підприємствам. Також необхідно врахувати значну кількість сільськогосподарських, будівельних і дорожніх машин. Для обслуговування та забезпечення усіх цих транспортних засобів пальним по всій країні розвинута широка мережа автозаправних станцій (АЗС). Існуюча мережа АЗС в Україні складає більше 6000 станцій [1]. До початку 2000р більшість АЗС, розташовувалась, як правило за містом, на в'їзді в міста, в промислових зонах, автодорогах за межами міської забудови. За останні роки ситуація суттєво змінилась – АЗС розташовують в міській смузі, житлових кварталах, безпосередньо біля великих торгових і розважальних комплексів.

Постановка задачі і огляд літературних джерел. Кожна АЗС є джерелом викиду забруднюючих речовин (ЗР) [1, 2]. Постійно зростаюча кількість АЗС, а також об'єми реалізованого пального передбачає необхідність детального підходу до вивчення впливу роботи АЗС на навколошнє середовище [3,4]. Основою для даного підходу є не лише визначення за допомогою розрахункових методик [8,9] кількості ЗР, що викидаються АЗС за певний проміжок часу, а і проведення розрахунків розсіювання ЗР з метою визначення зони розсіювання ЗР і факторів, що впливають на її утворення. Виникає потреба в вдосконаленні вищезгаданих розрахункових методик в залежності від місця розташування АЗС, кліматичної зони, пори року, типу палива, кількості автомобілів, що обслуговуються на АЗС. І що особливо важливо: застосування інструментальних засобів вимірювання рівня випаровувань [10] для корегування розрахункових методик з уточненням зон розповсюдження забруднення залежно від отриманих експериментальних даних.

Викиди АЗС : особливості утворення і характеристики викидів. Забруднення довкілля АЗС відбувається за рахунок попадання в атмосферне повітря випаровувань палива. Аналіз роботи АЗС показує, що викиди випарів палива відбувається: під час заправки ємкостей АЗС від цистерн заправників ; зберігання палива в ємкостях; під час безпосередньої заправки автомобілів.

Основними забруднюючими речовинами (ЗР) в процесі експлуатації АЗС при використанні бензину, дизельного палива (ДП) та скрапленого вуглеводневого

газу (СВГ) є: бензин, Вуглеводні насычені С₁₂-С₁₉ (розвинник РПК-26611 і ін.), пропан, бутан, етан, метан.

Безпосередньо джерелами викиду забруднюючих речовин на АЗС під час виконання технологічних операцій є: дихальний клапан резервуару з пальним(організоване джерело), ЗР утворюються під час заправки резервуару з бензовозу , а також при зберіганні в резервуарах; ирло бензобаку (неорганізоване джерело), ЗР утворюються під час заправки баків АТЗ.

На процес випаровування нафтопродуктів з резервуарів в статичних умовах впливають різні фактори: температура навколошнього середовища; тиск і об'єм газового простору; площа контакту нафтопродукту з газовим простором атмосферний тиск.

Загалом втрати нафтопродуктів у вигляді випаровування з резервуарів виникають у результаті «малих та великих» дихань.

Втрати за «малих дихань» спричиняються температурними коливаннями навколошнього середовища. Під час підвищення температури повітря у денний час поверхні резервуарів нагріваються, тиск та температура парогазової суміші нарastaє, внаслідок цього випаровування нафтопродуктів, особливо легких фракцій, збільшується. Збільшення тиску в парогазовому просторі призводить до спрацювання дихального клапану встановленому в резервуарі і виходу пароповітряної суміші до навколошнього середовища. При цьому важливе значення має ступінь заповнення резервуара нафтопродуктом і пов'язаний з нею об'єм газового простору.

«Великі дихання» виникають під час витиснення пароповітряної суміші до навколошнього середовища у процесі заповнення нафтопродуктом резервуара. При цьому об'єм газового простору зменшується, спрацьовує дихальний клапан. Об'єм «великого дихання» приблизно відповідає кількості нафтопродукту, що потрапив до резервуара. Втрати у разі «великих дихань» зростають під час збільшення кількості циклів «приймання – відвантаження» резервуарів і залежать від кліматичної зони [2].

Проведення досліджень джерел АЗС пов'язане з проблемою безпосередніх інструментальних замірів – джерело викидів конструктивно відсутнє [7]. Кількість ЗР (кг/год), які викидаються в атмосферне повітря з резервуарів визначається відповідно до затверджених розрахункових методик [8] для резервуарів з бензином та ДП, [9] для резервуарів СВГ.

Кількість викидів забруднюючих речовин (кг/год) для резервуар з бензином та ДП, за рахунок випарювання розраховуються по формулі [8]:

$$\Pi_P = 2,52 \cdot V_{\text{Ж}}^P \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{П}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \cdot (K_6 \cdot K_7 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9}) \quad (1)$$

де $V_{\text{Ж}}^P$ - об'єм рідини, яка наливається у резервуари на протязі року, м³/рік; $P_{S(38)}$ - тиск насыщених парів рідини при температурі 38°C; $M_{\text{П}}$ - молекулярна маса парів рідини; η - коефіцієнт ефективності газовловлюючих пристрій резервуару; K_{5T}, K_{5X} - коефіцієнти, які залежать від $P_{S(38)}$ та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пори року; K_6 - коефіцієнт, який залежить від $P_{S(38)}$ та річного оберту резервуарів; K_7 - коефіцієнт, який залежить від технічного

оснащення та режиму експлуатації з бензином та ДП, при наливних-зливних операціях розраховуються по формулі [8]:

$$P_{\text{ЦН}} = 2,52 \cdot V_{\mathcal{K}}^{\text{ЦН}} \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{п}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \cdot K_8 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9} \quad (2)$$

де $V_{\mathcal{K}}^{\text{ЦН}}$ - річний об'єм рідини, яка наливається, м³/рік; $P_{S(38)}$ - тиск насичених парів рідини при температурі 38°C; $M_{\text{п}}$ - молекулярна маса парів рідини; η - коефіцієнт ефективності газовловлюючих пристрій резервуару; K_{5T}, K_{5X} - коефіцієнти, які залежать від $P_{S(38)}$ та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пору року; K_8 - коефіцієнт, який залежить від $P_{S(38)}$ та кліматичної зони.

Аналіз формул (1) і (2) показує що в них не враховується часові зміни температури і тиску бензину та дизельного палива під час простою резервуару в даній кліматичній зоні. А це вагомий фактор що впливає кількість викидів.

Розрахункові методики втрат газу при різних технологічних операціях з використанням газу. Окрім бензину і дизельного пального на сучасних АЗС в значних кількостях реалізується газ (скраплений, стиснений) для автотранспортних засобів відповідно оснащених газобалонним обладнанням. Відповідно розроблені методики визначення витрат газу при відповідних технологічних операціях [8].

Розрахунок втрат газу (кг) під час наповнення резервуару СВГ:

$$B_u = B_u^p + B_u^n + B_u^{nn} \quad (3)$$

де, B_u^p - втрати СВГ у рідкій фазі під час зливу з резервуарів або цистерн, кг; B_u^n - втрати СВГ у паровій фазі під час зливу з резервуарів або цистерн, кг; B_u^{nn} - втрати СВГ у вигляді повернення парової фази, що заповнює об'єм резервуару або цистерни під час зливу СВГ, кг ;

$$B_u^p = N \cdot \rho_p \cdot V_{pp} \quad (4)$$

де N - кількість зливно-наливних ліній під час зливу з цистерни; ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³; V_{pp} - об'єм зливно-наливного рукава, м³;

$$B_u^n = \rho_n \cdot V_{pn} \quad (5)$$

де ρ_n - густина парової фази СВГ, кг/м³; V_{pn} - об'єм рукава парової фази, м³;

$$B_u^{nn} = \rho_n \cdot V_u \quad (6)$$

де ρ_n - густина парової фази СВГ, кг/м³; V_u - об'єм резервуара або цистерни фази, м³

Розрахунок втрат газу (кг) під час заправки (наповнення балонів) газобалонних автомобілів здійснюється зі формуллою:

$$B_u^p = 13 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_p \quad (7)$$

де, $13 \cdot 10^{-6}$ - втрати СВГ під час наповнення одного газобалонного автомобіля. м³; ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³.

Розрахунок втрат газу (кг) під час зберігання (природні втрати)

$$B_u^p = 0,001 \cdot H_{\mathcal{K}} \cdot V_{\mathcal{K}} \cdot \rho_p \quad (8)$$

де $H_{\text{зб}}$ - норма природніх втрат під час зберігання СВГ, кг/т за добу; $V_{\text{зб}}$ - об'єм рідкої фази СВГ у ємності, в якій він зберігається, м³; ρ_p - густина рідкої фази СВГ, кг/м³.

Недоліком формул (3) - (8) також є не врахування часових змін температури і тиску СВГ під час простою резервуару, крім цього дана методика призначена для розрахунку втрат (кг), тоді як при визначенні впливу на навколишнє середовище використовують масу шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю час (г/с), отже отримані результати не можливо використовувати при визначені впливу на навколишнє середовище.

Визначення впливу на стан забруднення проводиться за результатами розрахунку розсіювання парів викидів забруднюючих речовин від АЗС по методиці ОНД-86 [11]. Данна методика враховує данні про параметри джерел викиду і данні про характеристики розсіювання забруднюючих речовин в повітряному басейні міста. Користуючись формулою (9) визначається максимальне значення приземної концентрації забруднюючого 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 .

$$C_m = \frac{AMFnm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} \quad (9)$$

Відстань X_m від точкового джерела забруднення, на якій досягається максимальна концентрація C_m при небезпечної швидкості вітру U_m , обчислюється за наступною формулою:

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH \quad (10)$$

«Небезпечною» вважають таку швидкість вітру U_m , при якій за інших одинакових умов приземна концентрація досягає свого максимуму C_m .

До метеорологічних характеристик і коефіцієнтам, які визначають умови розсіювання ЗР в атмосфері міста були віднесені:

- коефіцієнт А, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;
- коефіцієнта рельєфу місцевості;
- середня максимальна температура навколишнього повітря найбільш жаркого місяця року, °C;
- середня температура повітря найбільш холодного місяця року, °C;
- 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 [12]. При цьому для кожної речовини, що викидається на АЗС, призначалося виконання співвідношення

$$q_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (11)$$

де C_i - розрахункова концентрація забруднюючої речовини в приземному шарі повітря населеного місця.

Експериментально-розрахункові дослідження типової АЗС. Результат експериментального-розрахункового дослідження забруднення атмосфери у зоні АЗС. Для проведення дослідження була вибрана типов АЗС, яка розташована у місті Києві за адресою вул. Привокзальна, 1-А.

АЗС здійснює приймання, зберігання та заправку автомобільного транспорту бензином марок А-95, А-95(євро), А-92, дизпаливом: ДП та ДП(євро), та СВГ. Для зберігання світлих нафтопродуктів АЗС має в своєму складі п'ять підземних резервуари об'ємом 25м³ кожний та два наземних резервуари об'ємом 5м³ для зберігання СВГ. Кожен резервуар обладнаний дихальним клапаном. Для відпуску палива АЗС має три двохсторонні паливо-роздавальні світлих нафтопродуктів та одну газозаправну колонку. Доставка нафтопродуктів та СВГ на АЗС здійснюється автоцистернами.

Згідно класифікації АЗС (зміна №10 ДБН 360-92) [13], по вул. Привокзальна, 1, а (рис.1) відноситься до II категорії (середньої) за потужністю, місткістю резервуарного парку та технологічними рішеннями. Найближча житлова забудова знаходитьться в південно-східному напрямку на відстані 110 м.



Рис. 1 – Карта-схема розміщення автозаправної станції за адресою вул. Привокзальна, 1-А

Вихідні дані, прийняті для розрахунку викидів ЗР базуються на даних про номінальну продуктивність АЗС, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Річний обсяг палива що відпускається АЗС

Найменування	Кількість	Документації, що регламентує вимоги до сировини
А-95 (євро)	200 м ³	ДСТУ 4063-2001
А-95	600 м ³	ДСТУ 4063-2001
А-92	400 м ³	ДСТУ 4063-2001
ДП	450 м ³	ДСТУ 3868-1999
ДП (євро)	150 м ³	ДСТУ 3868-1999
Пропан-Бутан (СВГ)	1095 м ³	ДСТУ 320.00149943.016-2000 «Гази вуглеводні скраплені»

На основі діючих методик були проведені розрахунки масових викидів забруднюючих речовин при проведенні різних технологічних процесів. Результати розрахунку представлена в табл. 2. Валовий викид даної АЗС складає 2,336 тонн випаровувань палива за рік роботи.

Таблиця 2 – Викиди від АЗС

Тип процесу	Найменування ЗР	Викид, г/с	Викид, т/р
Викиди при зберіганні та заправці нафтопродуктів в резервуар	бензин	0,0560402	1,768677849
	Вуглеводні насычені C ₁₂ -C ₁₉ (розвинник РПК-26611 і ін.)	0,000003133	0,00009886
	метан	0,000082	0,00072120
	етан	0,002045	0,0179247
	пропан	0,0218	0,1896
	бутан	0,01742	0,1522
Викиди при заправці паливних баків автомобіля	бензин	0,0108784	0,00380656
	Вуглеводні насычені C ₁₂ -C ₁₉ (розвинник РПК-26611 і ін.)	0,000001318	0,000000224
	метан	0,00005	0,0004
	етан	0,00122	0,01
	пропан	0,013	0,1066
	бутан	0,0104	0,0855

Розрахунки приземних максимальних концентрацій ЗР були виконані на основі розрахункової схеми нормативної методики ОНД-86 з допомогою ліцензованої програми «ЕОЛ+» (версія 5.23).

Для розрахунку викидів ЗР було проведено визначення джерел забруднення на АЗС та їх параметри. Дихальні клапани відносяться до організованих джерел викидів з висотою h (м) і діаметром d (м). Об'єм газоповітряної суміші дихального клапана визначається як продуктивність зливу палива з автоцистерни в резервуар (м³/хв.). При цьому через дихальний клапан з резервуару витісняється така ж кількість газоповітряної суміші (м3/с).

Параметри неорганізованих джерел викидів (бензобаки автотранспорту при заправці їх пально-роздавальними колонками) приймається згідно РД 52-04-52-85 [14]: діаметр - 0,5 м; висота - 2 м; швидкість - 1,5 м/с; об'єм газоповітряної суміші - 0,294 м3/с.

В якості прикладу на рис. 2 наводяться результати розрахунків максимальних приземних концентрацій ЗР віднесених до їх максимальних разових ГДК, на одній АЗС.

Розрахунки показали, що при несприятливих метеорологічних умовах і одночасній роботі всіх джерел викиду, відсутнє перевищення концентрацій досліджуваних ЗР.

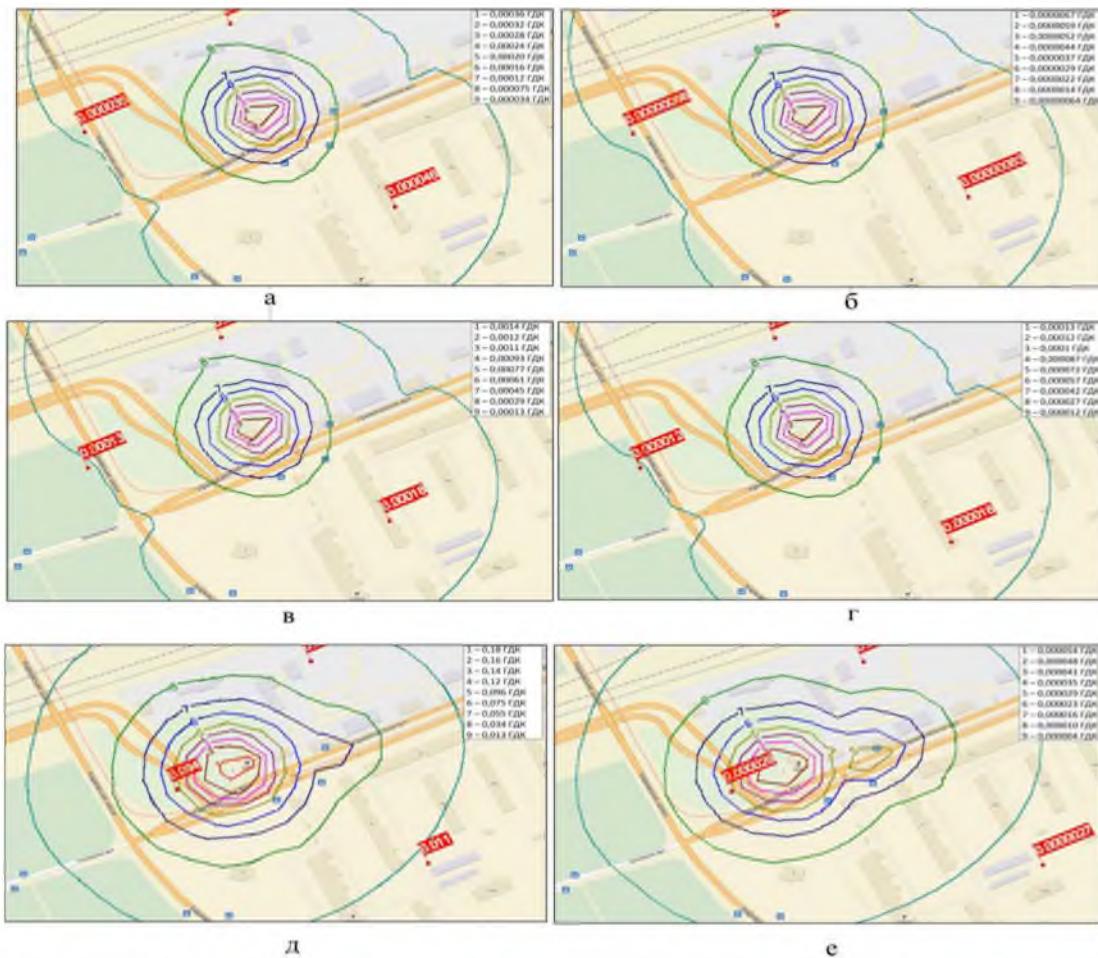


Рис. 2 – Кarta розсіювання забруднюючих речовин в районі АЗС по вул.

Привокзальній ,1-А: а – розподіл концентрацій для бутан (402), б – розподіл концентрацій для метан (410), в – розподіл концентрацій для пропан (10304), г – розподіл концентрацій для етан (10305), д – розподіл концентрацій для бензин (2704), е – розподіл концентрацій для Вуглеводні насычені C₁₂-C₁₉ (розвинник РПК-26611 і ін.).

Висновки. Із аналізу карт забруднення атмосферного повітря викидами АЗС, випливає що використання лише розрахункового методу не дозволяє дати повну і точну оцінки рівня забруднення, внаслідок обмеженої кількості параметрів які при цьому враховуються і інших методичних помилок існуючих методик, які суттєво спотворюють екологічну оцінку роботи АЗС.

Так повністю не враховується: зміни температури і тиску пального під час простою резервуару; реальна, постійна присутність на території АЗС значного скучення автомобілів різного класу і типів , які до того ж працюють у найбільш несприятливому режимі холостого ходу, а отже до появи додаткового джерела забруднення і викиду додаткових забруднюючих речовин, продуктів згорання палива.

В розрахункових методиках безпідставно: надаються неорганізованим джерелам викидів (паливні баки автотранспорту) властивості параметрів, стаціонарних джерел, які не відповідають дійсності; у випадку методики розрахунку втрат СВГ представлення результатів в розмінностях (кг) котрі неможливо використовувати при оцінці впливу(г/с).

Для повної оцінки впливу АЗС необхідно врахувати вище наведені зауваження та додатково виконувати комплекс робіт який включає проведення інструментального вимірювання фактичних концентрацій в атмосферному повітрі АЗС.

Список літератури: 1. Swinomatka wordpress [Електронний ресурс]: ринок України: гравці, сфера впливу / Режим доступу: <http://swinomatka.wordpress.com/> 2. Волгушев, Ю. В. станции: Оборудование. Эксплуатация [Текст] / Ю. В. Волгушев, А. Н. Сафонов, А .С. Ушаков. – СПб.:ДНК, 2001. – 176 с. 3. Красногорская, Н. Н. Оценка экологической опасности «больших дыханий» резервуаров автозаправочных станций крупного города [Текст] / Н. Н. Красногорская и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2009. – № 6. – С. 34–38. 4. Франчук, Г. М. Аналіз даних про токсичність паливно-мастильних матеріалів для людини [Текст] / Г. М. Франчук, М. М. Николяк // Вісник НАУ. – 2007. – № 3-4 (33). – С. 54–58. 5. Соколова, Е. В. Оценка факторов воздействия выбросов АЗС на воздушную среду их рабочей зоны и прилегающей территории [Текст] / Е. В. Соколова и др. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2011. – Вып. 25 (44). – С. 392–397. 6. Яковлев, В. С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды [Текст] / В. С. Яковлев. – М.: Химия, 1987. – 152 с. 7. Івасенко, В. М. Особливості інвентаризації і виміру викидів АЗС [Текст] : XI Міжн. наук.-тех. конф. / В. М. Івасенко, В. П. Приміський // Приладобудування: стан і перспективи. – Київ, 2012. – С. 142–143. 8. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от различных производств [Текст] / Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 196 с. 9. ГСТУ 320.00149943.016-2000. Гази вуглеводневі скраплені. Методика розрахунку втрат [Текст] / На заміну розділу 8 ГСТУ 320.24370569.009-98; введ. 2000-12-01. – К.: Держнафтогазпром, 2000. – 9 с. 10. Terrés, I. M. Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings [Text] / I. M. Terrés, M. D. Miñarro, E. G. Ferradas, A. B. Caracena, J. B. Rico // Journal of Environmental Management. – 2010. – № 91. – Р. 2754–2762. 11. Общесоюзный нормативный документ Госкомгидромета СССР (ОНД-86). Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий [Текст] / Гидрометеоиздат, 1987. – 93 с. 12. Збірник "Границно допустимі концентрації /ГДК/ та орієнтовні безпечні рівні діяння /ОБРД/ забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць" [Текст] / Донецьк: Український науковий центр технічної екології ОАО "УкрНТЕК", 2006. – 133 с. 13. Державні будівельні норми України ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень» [Текст]: наказ Держбуду України від 19 лютого 2002 р. № 44 / Земельний кодекс України з постатейними матеріалами: [зб. норм.-прав. актів та матер. суд. практик]. – [упоряд. А.М. Мирошинченко, наук. ред. В.В. Носік]. – Офіц. вид. К., 2006. – С. 187–206. 14. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях РД 52-04-52-85 [Текст] / М.: Гидрометеоиздат, 1987. – 52 с.

Bibliography (transliterated): 1. Rynok zapravnykh stantsij Ukrayni: hravtsi, sfery vplyvu (2013). [Petrol station market of Ukraine: Players, sphere of influence] SWINOMATKA.WORDPRESS.com Retrieved August 2, 2014. Available at: <http://swinomatka.wordpress.com> 2. Volhushev, A. N., Safonov, A. S., Ushakov, A. Y. (2001). Avtozapravochnie stantsyy: Oborudovanie. Ekspluatatsiya [Petrol station: Equipment. Operation]. SPb.: DNK, 176. [in Russian] 3. Krasnogorskaya, N. N. (2009). Otsenka ekologicheskoy opasnosti «bol'shykh dykhanyj» rezervuarov avtozapravochnykh stantsiy krupnoho horoda [Estimation of ecological danger from the large city's gasoline stations "big breath's"]. Bezopasnost' zhynedeliatel'nosty, 6, 34–38. [in Russian] 4. Franchuk, H. M., Nykoliak, M. M. (2009). Analiz danykh pro toksychnist' palyvno-mastyl'nykh materialiv dlja liudyny [Analysis of data on the toxicity of fuels and lubricants for human]. Visnyk NAU, 3-4 (33), 54–58. [in Ukrainian]. 5. Sokolova, E. V. (2011). Otsenka faktorov vozdejstvia vybrosov AZS na vozduzhnuju sredu ykh rabochej zony y prylehaiuschej territoryy [Assessment of impacts of emissions gas station on the air environment of the work area and adjacent areas]. Vestnyk Volhogradskoho hosudarstvennoho arkhytekturno-stroytel'noho unyversyteta. Ser.: Stroytel'stvo y arkhyektura, 25 (44), 392–397. [in Russian]. 6. Yakovlev, V. S. —

(1987). Khranenyе nefteproduktov. Problemy zaschity okruzhaiuschej sredy [Storage of petroleum products. Environmental issues]. Moscow: Khymya, 152. [in Russian]. 7. Ivasenko, V. M., Prymis'kyj, V. P. (2012). Osoblyvosti inventoryzatsii i vymiru vykydiv AZS [Specifics of inventory and measurement of emissions of petrol stations] XI Mizhnarodna naukovo-tehnichna konferentsiya «Pryladobuduvannia: stan i perspektyvy»: Tez. Dop. Kyiv, 142–143. [in Ukrainian]. 8. Sbornyk metodyk po raschetu vybrosov v atmosferu zahriazniauschykh veschestv ot razlichnykh proyzvodstv (1986). [Methods collection for calculation of emissions of air pollutants from various industries]. Leninhrad, 196. [in Russian]. 9. HSTU 320.00149943.016-2000. Hazy vuhevodnevi skrapleni. Metodyka rozrakhunku vrat (2000). [Liquefied hydrocarbon gases. The method of calculation of losses]. Na zaminu rozdilu 8 HSTU 320.24370569.009-98; vved. 2000-12-01. Kyiv: Derzhnaftohazprom, 9. [in Ukrainian]. 10. Terrés, I. M., Miñarro, M. D., Ferradas, E. G., Caracena, A. B., Rico, J. B. (2010). Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings. Journal of Environmental Management, 91, 2754–2762. [in English]. 11. Obschesoiuznyj normatyvnyj dokument Hoskomhydrometa SSSR (OND-86) (1987). Metodyka rascheta kontsentratsiy v atmosfernem vozdukhe vrednykh veschestv soderzhaschykh v vybrosakh predpriyatij [All-Union normative document State Committee for Hydrometeorology of USSR (AND -86) Method of calculating the concentrations in the air of harmful substances contained in industrial emissions]. Leninhrad: Hydrometeoyzdat, 93. [in Russian]. 12. Zbirnyk "Hranychno dopustymi kontsentratsii /HDK/ ta orijentovni bezpechni rivni diiannya /OBRD/ zabrudnuiuchykh rechovyn v atmosfernemu povitri naselenykh mists" (2006). [Collection of "maximum permissible concentration / MPC / or estimated safe level action / OBRD / pollutants in ambient air of places"]. Donets'k: Ukrains'kyj naukovyyj tsentr tekhnichnoi ekolohii OAO "UkrNTEK", 133. [in Ukrainian]. 13. Derzhavni budivel'ni normy Ukrainy DBN 360-92** «Mistobuduvannia (2006). Planuvannia ta zabudova mis'kykh i sil's'kykh poselen'» [State Construction Standard of Ukraine DBN 360-92 **"Urban Planning. The planning and development of urban and rural settlements " Order of the State Construction Committee of Ukraine of 19 February 2002]. Collection of legal acts and judicial records. Kyiv, 187–206. [in Ukrainian]. 14. Rehulyrovanye vybrosov pry neblahopriyatnykh meteorolohycheskih usloviyah RD 52-04-52-85 (1987). [Emission control under adverse weather conditions GD 52-04-52-85]. Moscow: Hydrometeoyzdat, 52.

Національна (received) 25.08.2014

УДК 656.222.3:658.5

O. В. ЛАВРУХІН, д-р техн. наук, доц., УкрДАЗТ, Харків
ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЮ БЕЗПЕЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ПОЇЗНОЮ РОБОТОЮ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ СТАНЦІЇ

Роботу присвячено формуванню критерію безпечної управління поїздною роботою на залізничній станції, який надає можливість якісно оцінити рівень безпеки виконання експлуатаційної роботи оперативним персоналом при управлінні поїздами пересуваннями без застосування автоматизованих робочих місць на протязі робочої зміни. В процесі виконання наукової роботи було розраховано критерій безпечної експлуатації K_s , сортувальної позакласної станції Харківської дирекції залізничних перевезень Південної залізниці Основа, за результатами якого станцію було віднесено до 4 рівня безпеки.

Ключові слова: безпека, критерій безпечної управління, функція приналежності, негабаритний вантаж, спеціалізована колія

Вступ. Залізничний транспорт – динамічна система, яка вимагає високих стандартів щодо забезпечення безпечної виконання експлуатаційної роботи. Відповідно до цього на залізницях України розробляються та впроваджуються техніко-технологічні заходи спрямовані на досягнення максимального рівня

© O. В. ЛАВРУХІН, 2014

безпеки при виконанні усіх видів робіт, приділяючи особливої уваги виконанню поїзної та маневрової роботи. Однак слід зауважити, що незважаючи на позитивні аспекти в галузі безпеки руху на залізничному транспорті є певні недоліки, які негативно впливають на покращення виконання одного з важливіших якісних показників до яких можливо віднести: порівняно низький рівень автоматизації експлуатаційних процесів та автоматизованого контролю за їх виконанням, практична відсутність систем підтримки прийняття рішень оперативного персоналу. Такий стан на залізницях обумовлений тим, що при впровадженні нових інноваційних техніко-технологічних рішень в першу чергу виходять з підрахунку економічного ефекту, а безпеку експлуатаційної діяльності фактично можливо оцінити тільки за наслідками. Логічним є припущення, що настав час коли необхідно створити інструмент, який дозволить обґрунтовано приймати рішення щодо необхідності впровадження передових техніко-технологічних інструментів для безпечної експлуатації залізниць.

Мета і задача дослідження. Як було зазначено безпека експлуатаційної роботи є одним з найважливіших якісних показників на залізничному транспорті [1], але в силу своєї природи даний показник складно описати математично. Відповідно до цього постає задача наукового дослідження – розробити критерій, який буде характеризувати рівень безпечної експлуатації протягом визначеного інтервалу (в даному випадку його доцільно визначати в межах робочої зміни, яка у оперативних робітників триває 12 годин). В аспекті вирішення поставленої задачі слід зазначити, що безпечну експлуатацію на залізничному транспорті регламентують відповідні документ мережного або місцевого значення.

Матеріали і методи дослідження щодо формування критерію безпечної управління експлуатаційною роботою. Даний критерій повинен в першу чергу ґрунтуватися на відношенні кількості випадків, які мали місце в результаті невиконання відповідних інструкцій і могли привести до транспортних подій з різними наслідками до загальної кількості випадків, які виникали протягом визначеного інтервалу, в даному випадку зміни [2]

$$K_{\delta} = \frac{\sum z_{\text{неб}}}{\sum z_{\text{зас}}} \rightarrow 0, \quad (1)$$

де $\sum z_{\text{неб}}$ – кількість експлуатаційних подій, які мали місце в результаті невиконання відповідних інструкцій при виконанні поїзної роботи і могли привести до транспортних подій (на протязі зміни); $\sum z_{\text{зас}}$ – загальна кількість експлуатаційних подій, які могли виникнути протягом зміни на станції в поїзній роботі у випадку ігнорування відповідних інструкцій.

Таким чином запропонований критерій характеризує відношення кількості випадків, які мали місце в результаті невиконання відповідних інструкцій і могли привести до транспортних подій з різними наслідками до загальної кількості випадків, які виникали протягом визначеного інтервалу. Рівність даного відношення значенню „0” означає, що на протязі зміни оперативний працівник виконував всі операції, пов’язані з поїзною роботою відповідно до діючих інструкцій та вказівок. Відповідно до цього доцільно деталізувати параметр $\sum z_{\text{неб}}$, який в свою чергу містить в собі наступний набір складових: кількість поїздів, які було прийнято на зайняту колію (у більшості випадків дана подія може виникати у

випадку хибної вільності колії приймання); кількість поїздів, які прибувають на станцію з негабаритним вантажем на неспеціалізовану колію; кількість довгосоставних поїздів, що прибувають на станцію на неспеціалізовану колію; кількість схрещень пасажирських поїздів з вантажними із порушенням вимог техніко-розпорядчого акту станції; кількість поїздів, які надходять на станцію при заборонному сигналі світлофора (у більшості випадків дана подія може виникати у випадку хибної зайнятості колії приймання); кількість поїздів, які відправляються зі станції при заборонному показанні вихідного світлофора (в наслідку реалізації даної дії поїзд може бути відправлений на фактично зайнятий перегін).

Таким чином, критерій (1) прийме наступний вигляд [2]

$$K_{\delta} = \frac{z_{\text{зан}} + z_{\text{нв}} + z_{\text{дс}} + z_{\text{nac}}^{\text{cx}} + z_{\text{з}} + z_{\text{з}}^{\text{від}}}{\sum z_{\text{зас}}} \rightarrow 0, \quad (2)$$

де $z_{\text{зан}}$ – параметр, який відповідає за кількість поїздів, які було прийнято на зайяту колію протягом зміни; $z_{\text{нв}}$ – параметр, який відповідає за кількість поїздів, які прибувають на станцію з негабаритним вантажем на неспеціалізовану колію, протягом зміни; $z_{\text{дс}}$ – параметр, який відповідає за кількість довгосоставних поїздів, що прибувають на станцію на неспеціалізовану колію, протягом зміни; $z_{\text{nac}}^{\text{cx}}$ – параметр, який відповідає за кількість схрещень пасажирських поїздів з вантажними порушенням вимог технічно-розпорядчого акта (TPA) станції, протягом зміни; $z_{\text{з}}$ – параметр, який відповідає за кількість поїздів, які надходять на станцію при заборонному сигналі світлофора, протягом зміни; $z_{\text{з}}^{\text{від}}$ – параметр, який відповідає за кількість поїздів, які відправляються зі станції при заборонному показанні вихідного світлофора (в наслідку реалізації даної дії поїзд може бути відправлений на фактично зайнятий перегін), протягом зміни.

Запропонований критерій K_{δ} в такому вигляді, як його було визначено у виразах (1) і (2) не дозволяє адекватно оцінювати безпеку при виконанні експлуатаційної роботи. Відповідно до цього постає задача трансформування критерію K_{δ} в такий вигляд, який дозволить найбільш об'єктивно оцінювати ступень безпеки з урахуванням перелічених факторів згідно наведених раніше параметрів.

Оскільки задача формування критерію безпечної експлуатації K_{δ} слабо структурована по своїй сутності і вирішення її буде ґрунтуватися на узагальненні ряду незалежних та різних, а в деяких випадках і зовсім безрозмірних параметрів та факторів. Відповідно до цього найбільш доцільним в даному випадку є застосування теорії нечіткої логіки, яка дозволяє адекватно вирішувати задачі таких класів [3–6].

Вирішення задачі трансформації критерію безпечної експлуатації в даному випадку буде ґрунтуватися на формуванні ряду функцій приналежності, призначенням яких є відтворення та врахування набору наступних факторів та параметрів [2]:

1. Функції приналежності $\mu_{\alpha_w^z}(z)$ описують параметр, який відповідає за прийняття поїзду на зайяту колію;

2. Функції приналежності $\mu_{\alpha_q^u}(d)$ описують параметр, який відповідає за прийняття або пропуск поїзду з негабаритним вантажем залізничною станцією по неспеціалізованій колії;

3. Функції приналежності $\mu_{\alpha_e^s}(f)$ описують параметр, який відповідає за прийняття або пропуск довгосоставного поїзду залізничною станцією по неспеціалізованій колії;

4. Функції приналежності $\mu_{\alpha_r^n}(g)$ описують параметр, який відповідає за приймання пасажирського поїзду на станцію та пропуску по суміжній колії вантажного поїзду під час висадки пасажирів;

5. Функції приналежності $\mu_{\alpha_u^v}(h)$ описують параметр, який відповідає за прийняття поїзду на залізничну станцію при заборонному показанні вхідного сигналу;

6. Функції приналежності $\mu_{\alpha_y^w}(j)$ описують параметр, який відповідає за відправлення поїзду з залізничної станції при заборонному показанні вхідного сигналу;

7. Функції приналежності $\mu_{\alpha_k^x}(k)$ описують d_{\min}, d_{\max} параметр, який відповідає за стаж роботи на посаді оперативного працівника;

8. Функції приналежності $\mu_{\alpha_p^y}(l)$ описують параметр, який відповідає за рівень уваги оперативного працівника (ДСП, ДНЦ) протягом робочої зміни (12 годин). Причому при формуванні зазначененої функції приналежності слід врахувати той факт, що згідно досліджень наведених в [7] рівень уваги працівника в денну зміну і нічну в ті ж самі проміжки часу відрізняються в силу природних особливостей людського організму;

9. Функції приналежності $\mu_{\alpha_s^{vae}}(v)$ описують параметр, який відповідає за рівень завантаження оперативного персоналу поїзною роботою (мається на увазі кількість прийнятих, відправлених та пропущених поїздів по станції за робочу зміну).

В даній науковій роботі визначення терм-множин відповідних лінгвістичних змінних буде виконано на прикладі функції приналежності $\mu_{\alpha_q^u}(d)$. Відповідно до цього терм-множина та додаткові умови у спрощений формі, які складаються з трьох параметрів функції приналежності $\mu_{\alpha_q^u}(d)$ можуть бути сформовані в наступному вигляді [8, 9]:

$$\langle \tilde{\alpha}_q^u, T_2, D \rangle \rightarrow \langle \text{"негабаритний поїзд"}, T_2, [d_{\min}, d_{\max}] \rangle, \quad (3)$$

де $T_2 = \{\text{"порушення", "інцидент", "сер. інцидент"}\}$, – область визначення базової множини $D = \{d\}$, яка характеризує кількість випадків прийняття або пропуску поїзду з негабаритним вантажем по неспеціалізованій колії і представляє собою область визначення нечіткої змінної $\tilde{\alpha}_q^u$.

$$\tilde{\alpha}_q^u = \left\{ \mu_{\alpha_q^u}(d) / (d) \right\}, \quad (d \in D). \quad (4)$$

В даному випадку значення лінгвістичної змінної "негабаритний поїзд" з терм-множиною T_2 будуть описуватися нечіткими змінними з відповідними обмеженнями на можливі значення, а саме:

$$\begin{aligned}
 & \langle \text{"порушення"}, [d_{\min}, d_{\max}], \tilde{\alpha}_1'' \rangle, \\
 & \langle \text{"інцидент"}, [d_{\min}, d_{\max}], \tilde{\alpha}_2'' \rangle, \\
 & \langle \text{"сер. інцидент"}, [d_{\min}, d_{\max}], \tilde{\alpha}_3'' \rangle.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Відповідно до сформованої методики побудови функцій відображення, яку викладено в роботі [2] та раніше визначеним функціям приналежності побудуємо функцію приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$, яка характеризується ступенем небезпечності при прийнятті негабаритного поїзду на неспеціалізовану колію зі значеннями термів $T_2 = \{\text{"порушення"}, \text{"інцидент"}, \text{"сер. інцидент"}\}$ та функцію приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$, яка буде відповідати значенням $\tilde{\alpha}_q''$ на універсальній шкалі (рис. 1).

Функція приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$ відображає ступень приналежності виникнення події – прийняття або безупинного пропуску

негабаритного поїзда по неспеціалізованій колії терму "порушення". Графічний вид функції приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_1''}(d)$ характеризується тим, що на практиці доволі рідко виникають серйозні наслідки при прийнятті або безупинному пропуску негабаритного поїзда по неспеціалізованій колії настільки, що дану подію не занесено до переліку класифікації. Але в певних випадках дана подія прямо або непрямо може привести до виникнення транспортної події, яка класифікується як „порушення”. Причому зі збільшенням таких випадків мова може вже йти не про порушення, а про виникнення більш значної транспортної події – інциденту, який в свою чергу визначається відповідним термом і описується функцією приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_2''}(d)$. Функція приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_3''}(d)$ є протилежною по сенсу та за значеннями функції $\mu_{\tilde{\alpha}_1''}(d)$ оскільки як і у випадку визначення функцій приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_1''}(z)$ і $\mu_{\tilde{\alpha}_3''}(z)$ мова йде про переход від терму "порушення" до терму "сер. інцидент" при якому транспортна подія „порушення” фактично втрачає сенс при появі транспортної події – серйозний інцидент.

При формуванні функції приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$ за попередньою методикою точки з координатами $(d_{\min}, 0)$ та $(d_{\max}, 1)$ було з'єднано прямою лінією π_0 . Далі для довільної точки t на універсальній шкалі D було побудовано її прообраз $d_t = \pi_0^{-1}(t)$ на предметній шкалі D . Далі по функціям приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$ нечітких множин, які відповідають термам $\tilde{\alpha}_q''$ ($q \in T_2 = \{1, 2, 3\}$), визначаються значення $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d_t)$, які приймаються в якості значень відповідних функцій приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$ ($q \in T_2$) в

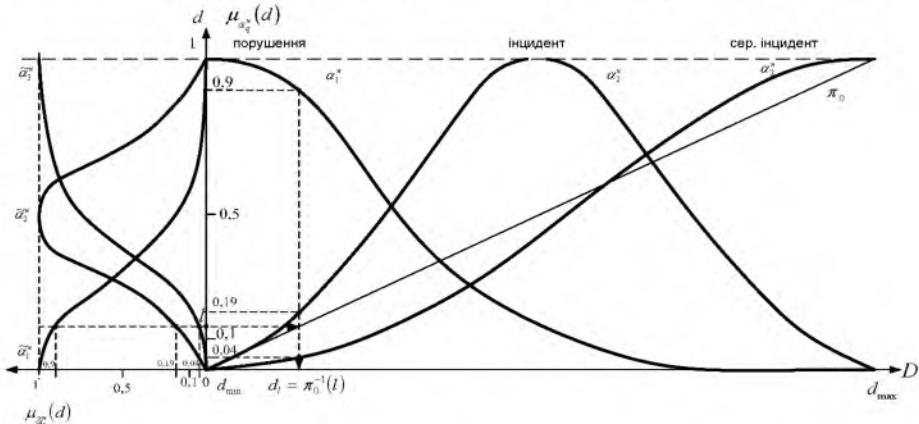


Рис. 1 - Графічна інтерпретація побудови функцій приналежності $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$ та $\mu_{\tilde{\alpha}_q''}(d)$

точці i на універсальній шкалі. Переход здійснюється для наступних значень відповідних функцій приналежності: $\mu_{\alpha_1^u}(d) = 0,9$, $\mu_{\alpha_2^u}(d) = 0,19$, $\mu_{\alpha_3^u}(d) = 0,04$. Відповідно методики побудови універсальних шкал [10] значення функції приналежності на універсальній шкалі у відповідних точках переходу будуть дорівнювати наступним значенням переходних функцій приналежності: $\mu_{\alpha_1^s}(d) = 0,9$, $\mu_{\alpha_2^s}(d) = 0,19$, $\mu_{\alpha_3^s}(d) = 0,04$. Як і у випадку побудови функції відображення π_1 [130] функція π_0 , яка використовується в процедурі побудови універсальної шкали, в першому наближенні описує функцію відображення π_2 , за допомогою якої здійснюється переход з предметної шкали на універсальну і навпаки (рис. 2).

Вид функції відображення π_2 відбиває частотну

характеристику виникнення таких транспортних подій як порушення, інцидент та серйозний інцидент при прийнятті або безупинному пропуску поїзду з негабаритним вантажем по неспеціалізованій колії. Причому як видно з графічного виду π_2 при виникненні певної незначної кількості випадків порушення технології приймання негабаритних поїздів значення функції практично дорівнюють „0”, що свідчить про доволі низький ступень безпечності при виникненні зазначеного переліку транспортних подій, які відповідають прийняттю або безупинному пропуску поїздів з негабаритним вантажем по неспеціалізованій колії.

Після того як було сформовано всі визначені функції приналежності та функції відображення можливо виконати трансформацію критерію безпечної експлуатації K_6 . Причому слід зауважити, що функції відображення $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6$ будуть оказувати вплив на виникнення відповідних експлуатаційних подій $Z_{зан}, Z_{нв}, Z_{oc}, Z_{nac}^{cx}, Z_3, Z_3^{eio}$.

$$K_6 = \frac{Z_{зан} \cdot \pi_1 + Z_{нв} \cdot \pi_2 + Z_{oc} \cdot \pi_3 + Z_{nac}^{cx} \cdot \pi_4 + Z_3 \cdot \pi_5 + Z_3^{eio} \cdot \pi_6}{\sum Z_{зах}} \rightarrow 0, \quad (6)$$

де π_1 – функція відображення параметру, який відповідає за кількість поїздів, які було прийнято на залізницю протягом зміни; π_2 – функція відображення параметру, який відповідає за кількість поїздів, які прибувають на станцію з негабаритним вантажем на неспеціалізовану колію, протягом зміни; π_3 – функція відображення параметру, який відповідає за кількість довгосоставних поїздів, що прибувають на станцію на неспеціалізовану колію, протягом зміни; π_4 – функція відображення параметру, який відповідає за кількість схрещень пасажирських поїздів з вантажними порушенням вимог технічно-розпорядчого акту станції, протягом зміни; π_5 – функція відображення параметру, який відповідає за кількість поїздів, які надходять на станцію при заборонному сигналі світлофора, протягом

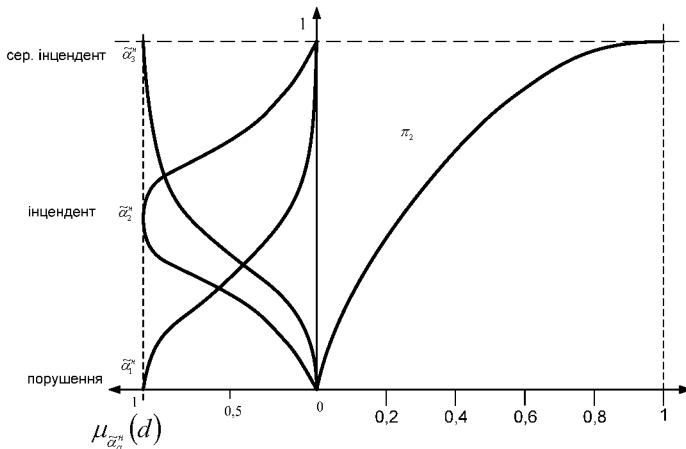


Рис. 2 - Формування функції відображення π_2

зміни; π_6 – функція відображення параметру, якій відповідає за кількість поїздів, які відправляються зі станції при заборонному показанні вихідного світлофора (в наслідку реалізації даної дії поїзд може бути відправлений на фактично зайнятий перегін), протягом зміни.

Оскільки функції відображення $\pi_7, \pi_8, \pi_9, \pi_{10}$ не мають прямого впливу на конкретні поїзні ситуації і при певних умовах експлуатації можуть впливати одночасно на всі означені події то значення цих функцій будуть враховані шляхом помноження чисельника (6) на їх диз'юнкцію:

$$K_6 = \frac{(z_{\text{зан}} \cdot \pi_1 + z_{\text{ем}} \cdot \pi_2 + z_{\text{не}} \cdot \pi_3 + z_{\text{nac}}^{\text{ex}} \cdot \pi_4 + z_3 \cdot \pi_5 + z_3^{\text{eio}} \cdot \pi_6) \cdot (\pi_7 V \pi_8 V \pi_9 V \pi_{10})}{\sum z_{\text{зан}}} \rightarrow 0. \quad (7)$$

Загальний вигляд K_6 необхідно адаптувати для денної (K_6^d) і нічної (K_6^n) зміни:

$$K_6^d = \frac{(z_{\text{зан}} \cdot \pi_1 + z_{\text{ем}} \cdot \pi_2 + z_{\text{не}} \cdot \pi_3 + z_{\text{nac}}^{\text{ex}} \cdot \pi_4 + z_3 \cdot \pi_5 + z_3^{\text{eio}} \cdot \pi_6) \cdot (\pi_7 V \pi_8 V \pi_{10})}{\sum z_{\text{зан}}} \rightarrow 0, \quad (8)$$

$$K_6^n = \frac{(z_{\text{зан}} \cdot \pi_1 + z_{\text{ем}} \cdot \pi_2 + z_{\text{не}} \cdot \pi_3 + z_{\text{nac}}^{\text{ex}} \cdot \pi_4 + z_3 \cdot \pi_5 + z_3^{\text{eio}} \cdot \pi_6) \cdot (\pi_7 V \pi_9 V \pi_{10})}{\sum z_{\text{зан}}} \rightarrow 0. \quad (9)$$

Результати досліджень. Взявши статистичні дані щодо виконання експлуатаційної роботи станції Основа Південної залізниці за один довільний робочий день отримано

$$K_6^d = \frac{(0+5 \cdot 0,4+12 \cdot 0,7+0+11 \cdot 0,3+4 \cdot 0,3) \cdot (0,6 V 0,5 V 0,9)}{0+8+19+0+11+4} = 0,35$$

Згідно виконаного розрахунку станцію Основа можливо віднести до 4 рівня безпечної експлуатації, який характеризується роботою в умовах стійкого виникнення інцидентів, які виникають по вині оперативних працівників. Отримані значення критерію K_6 свідчить про необхідність виконання заходів щодо підвищення рівня безпеки лінійного об'єкту, в основу яких можуть бути покладені технології автоматизованого управління.

Висновки.

1. Визначено основні експлуатаційні події в поїзній роботі, виникнення яких оказує безпосередній негативний вплив на рівень безпеки в експлуатаційній роботі залізничних станцій. Згідно до цього було сформовано дві групи терм-множин відповідних функцій приналежності, які безпосередньо впливають на рух поїздів та, які на рух поїздів оказують непрямий вплив.

2. На основі використання нечіткої логіки було сформовано ряд функцій приналежності, які описують рівень небезпеки при роботі ДСП в умовах відсутності відповідних АРМ та програмного забезпечення. На основі врахування відповідних функцій приналежності сформовано критерій безпечної експлуатації K_6 , який надає можливість якісно оцінити рівень безпеки при виконанні експлуатаційної поїзної роботи оперативного персоналу без застосування автоматизованих робочих місць на протязі робочої зміни.

3. Розраховано критерій безпечної експлуатації K_6 , роботи сортувальної позакласної станції Харківської дирекції залізничних перевезень Південної залізниці Основа, за результатами якого станцію було віднесено до 4 рівня безпеки. Це свідчить про необхідність виконання заходів щодо підвищення рівня безпеки лінійного об'єкту, в основу яких можуть бути покладені технології автоматизованого управління.

Список літератури: 1. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог: Учеб. пособие для вузов [Текст] / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с. 2. Лаврухін, О. В. Формування критерію безпеки для оцінки транспортної події – прийняття поїзда на залізниці колію [Текст] / О. В. Лаврухін // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Науково-технічний журнал. – 2011. – Вип. 2. – С. 102–108. 3. Орловский, С. А. Игры в нечётко определённой обстановке [Текст] / С. А. Орловский // Ж.: вычисл. матем. и матем. физ. – 1976. – Вип. 16. – С. 1427–1435. 4. Орловский, С. А. Проблемы принятия решений при нечёткой исходной информации [Текст] / С. А. Орловский. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 208 с. 5. Орловский, С. А. Об одной задаче принятия решений в нечётко определённой обстановке [Текст] / С. А. Орловский. – Вопросы прикладной математики. – Иркутск, 1976. – 208 с. 6. Mamdani, E. H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers [Text] / E. H. Mamdani // Int. J. of Man – Machine Studies. – 1976. – Vol. 8. – P. 669–678. 7. Лаврухін, О. В. Формування моделей і методів інтелектуальної автоматизованої технології оперативного планування та управління поїздопотоками [Текст] / О. В. Лаврухін // Тези 74-ї міжнародної науково-практичної конференції УкрДАЗТ. – 2012. – Вип. 129. – С. 258. 8. Zadeh, L. A. Fuzzy orderings [Text] / L. A. Zadeh. – Inf. Sci. – 1971. – Vol. 3. – P. 177–200. 9. Zadeh, L. A. Fuzzy logic and approximate reasoning [Text] / L. A. Zadeh // Synthese. – 1975. – Vol. 80. – P. 407–428. 10. Мелихов, А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой [Текст] / А. Н. Мелихов, Л. С. Бернштейн, С. Я. Коровин. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат.-лит., 1990. – 272 с.

Bibliography (transliterated): 1. Kochnev, F. P., Sotnikov, I. B. (1990). Upravlenie jekspluatacionalnoj rabotoj zheleznyh dorog: Ucheb. posobie dlja vuzov. Moscow: Transport, 424. 2. Lavruhin, O. V. (2011). Formuvannja kriteriju bezpeki dlja ocinki transportnoї podii – priijnjattja poizda na zajnjatu koliju. Informacijno-kerujuchi sistemi na zaliznichnomu transporti. Naukovo-tehnichnij zhurnal, 2, 102–108. 3. Orlovskij, S. A. (1976). Igry v nechjotko opredeljonnnoj obstanovke. Zh.: vychisl. matem. i matem. fiz., 16, 1427–1435. 4. Orlovskij, S. A. (1981). Problemy prinjatija reshenij pri nechjotkoj ishodnoj informacii. Moscow: Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoy literatury, 208. 5. Orlovskij, S. A. (1976). Ob odnoj zadache prinjatija reshenij v nechjotko opredeljonnnoj obstanovke. Voprosy prikladnoj matematiki. Irkutsk, 208. 6. Mamdani, E. H. (1976). Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers. Int. J. of Man – Machine Studies, 8, 669–678. 7. Lavruhin, O. V. (2012). Formuvannja modelej i metodiv intelektual'noi avtomatizovanoi tehnologii operativnogo planuvannja ta upravlinnja poizdopotokami. Tezi 74 mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii UkrDAZT, 129, 258. 8. Zadeh, L. A. (1971). Fuzzy orderings. Inf. Sci., 3, 177–200. 9. Zadeh, L. A. (1975). Fuzzy logic and approximate reasoning. Synthese, 80, 407–428. 10. Melihov, A. N., Bernshtejn, L. S., Korovin, S. Ja. (1990). Situacionnye sovetujushchie sistemy s nechjotkoj logikoj. Moscow: Nauka. Gl. red. Fiz.-mat.-lit., 272.

Надійшла (received) 25.08.2014

УДК 004.32; 004.48; 004.45; 004.82

Ж. Ю. ЗЕЛЕНЦОВА, инженер, ОНЭУ, Одесса;
Е. О. ЙОНА, соискатель, ОНЭУ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ЕДИНОГО ВХОДА. ЧАСТЬ 1: МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ И ИДЕНТИФИКАЦИИ В СЕРВИСНЫХ ПОДСЕТЯХ

С ростом количества сервисов в глобальной сети возникает необходимость их агрегации. Показано, что существует несколько подходов «бесшовного» объединения сервисов в пользовательском сегменте сети. Отмечено, что остается открытым вопрос организации единого доступа к сетевым сервисам. Обосновывается необходимость введения систем идентификации и обеспечения доступа с единым входом. Рассмотрена модель представления данных, что сочетает фиксацию сведений о пользователях, их устройствах и действиях в глобальной сети.

Ключевые слова: системы единого входа, организация доступа, Single Sign-On, iGenotype, e-passport, идентификация

© Ж. Ю. ЗЕЛЕНЦОВА, Е. О. ЙОНА, 2014

Введение. Глобальная вычислительная среда становится все более разнообразной по количеству предоставляемых сервисов. В результате возникает необходимость их интеграции в рамках единой пользовательской платформы, подразумевающей поддержку единого входа. В рамках этой проблемы нужно рассматривать архитектурные особенности интеграционных систем, т.к. существует ряд ограничений и требований безопасности, которые должны быть учтены при разработке сервисов идентификации. Также интенсивно развивается сетевая инфраструктура, что подразумевает изменение и архитектурных принципов.

Цель работы. Целью работы является обоснование систем идентификации и обеспечения доступа с единым входом (англ.: *Single Sign-On [SSO]*), адаптированных к текущим особенностям сервисных систем. Такие системы предложены целым рядом производителей и готовятся к повсеместному использованию.

Результаты исследования: модели идентификации и представления персональной информации в мультисервисных системах. Технология единого входа SSO – одна из технологий, относящихся к широкому классу систем управления идентификацией и доступом пользователей (англ.: *Identity management and access [IAM]*). Основное отличие технологии SSO состоит в совмещении процессов идентификации (ID) и аутентификации (AuthN) с единой точкой отказа [1]. Эту технологию на сегодняшний день реализует ряд производителей VMWare, Google, Pay Pal. Ими отмечается ряд проблемных вопросов и уязвимостей архитектурного уровня, которые непременно будут оказывать значительное влияние на процесс развития систем при текущих признаках цифровой вселенной (англ.: *Digital Universe*) – при росте количества пользователей, устройств, данных, а также при расширении сервисных возможностей сети.

Предлагаемая здесь к анализу тема рассматривалась в рамках задачи организации единого входа в сервисной подсети [2]. Как подчеркивается в [2-5], для современной сетевой инфраструктуры свойственно большое количество пользователей, устройств и данных. Стремительно растет количество низкопроизводительных устройств типа Internet of Things (IoT) или «интернет-вещей». По версии IDC, количество уникальных подключений в 2020 году достигнет 212 млрд. [6]. Наращивание количества подключений будет происходить в четырех сервисных сегментах: мобильных технологий, медиа, «облачных» сервисов и средств безопасности. Также в своем отчете компания Akamai, подчеркивает необходимость разработки hyper-connected платформ, ориентированных на обслуживание большого количества уникальных подключений, которое будет характерно для сервисных платформ в среднесрочной перспективе [1].

Относительно сегментации пользователей, эксперты отмечают последующую сегментацию сервисных сетей, что подразумевает формирование различий в восприятии потребителей между государственными, «облачными» и частными внедрениями [7]. Т. о., исследование процесса развития направления сервисных подсетей, агрегирующих определенное количество сервисов, работающих с большим количеством пользователей посредством устройств и генерирующих данные, является актуальным и востребованным.

Архитектурные особенности мультисервисной платформы, о которой ведется речь, отмечены на рис. 1.

Как следует из рис. 1 и показано в [3-5], платформа имеет сервис-ориентированную архитектуру (англ.: *Service-Oriented Architecture* [SOA]). Она представляет собой набор высокопроизводительных и низкопроизводительных ресурсов, объединенных между собой посредством слоя виртуализации разных интеграционных уровней. Зона высокопроизводительных ресурсов объединена с зоной низкопроизводительных ресурсов (устройствами пользователей) с помощью слоя сопряжения – «облачного» слоя. Каждое облако является отдельным сервисом или представляет собой платформу сервисов PaaS. Сервисы между собой взаимно-интегрированы с помощью технологии программно-конфигурируемых сетей (англ.: *Software-defined Networking* [SDN]) с топологией «cloud-to-cloud». Подсеть предусматривает интеграцию сервисов-«облаков» в один интерфейс, которые могут быть слабосвязными. При этом обеспечивается «бесшовное» подключение сервисов различных поставщиков решений. Сервисы-«облака» предоставляют услуги конечному пользователю посредством интеграционного интерфейса пользователя и подключаются по типу Plug-In.

Для подключения большого количества сервисов запросы унифицированы по принципу SLA-запросов (англ.: *Service Level Agreement* [SLA]).

Интеграционная сервисная платформа с приведенной архитектурой может управлять идентификацией и доступом с помощью менеджера идентификации (англ.: *Identity Manager*), основанного на технологии единого входа SSO и обеспечивающего идентификацию пользователя в различных сервисных составляющих, подключенных к подсети (рис. 1). Решение, касающееся менеджера идентичностей, использовано из Dell One Identity [8].

В совокупности системы управления идентификацией (англ.: *Identity Management Systems*) управляют процессом цифровой идентификации устройств посредством выявления данных о пользователях с помощью аппаратных и программных методов. Сам процесс идентификации может значительно отличаться в зависимости от архитектурных особенностей сетевых сред, а проектирование систем доступа должно учитывать архитектурные особенности и технологические тренды, предполагающие изменения процесса доступа к сервисным платформам.

Процесс управления учетными записями и доступом IAM классически состоит из нескольких подпроцессов [9]:

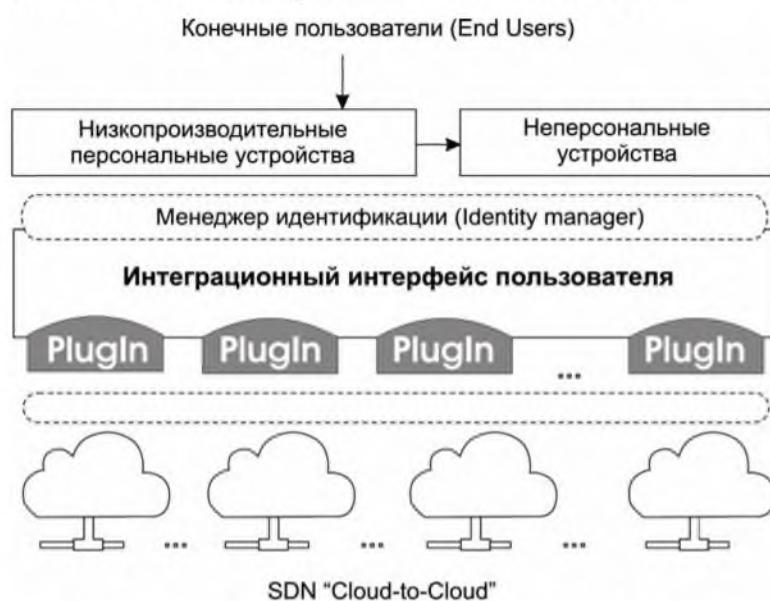


Рис. 1 – Архитектура сервисной подсети «облачного» типа

- управления идентификацией и учетными записями (англ.: *Identity Management* [IdM]), состоящего из управления жизненным циклом идентичностей и администрирования учетных записей;
- управления доступом (англ.: *Access Management* [AM]), состоящего из аутентификации [AuthN] и авторизации [AuthZ];
- контроллинга, управления рисками и соответствия требованиям (англ.: *Governance, Risk and Compliance* [GRC]), состоящего из сбора информации для аудита, отчета о действиях (Actionable reports), оценки и контроля рисков (Risk Management), соответствия государственным и корпоративным стандартам (Compliance).

Существует целый ряд технологий, которые могут быть использованы как составляющие системы IAM. Так, это: системы контроля доступа (англ.: *Access Control*); цифровые удостоверения (англ.: *Digital Identities*); менеджеры паролей (англ.: *Password Managers*), агрегирующие пароли разных систем и обеспечивающие «быстрый» доступ с идентифицированных устройств; системы единого входа (англ.: *Single Sign-on*); маркеры безопасности (англ.: *Security Tokens*), система глобальной идентификации OpenID.

Идентификация в теоретических и практических моделях строится на получении некоторой модели с набором идентифицирующих атрибутов [10]. К идеальным моделям относят модель «чистой идентичности» (англ.: *Pure Identity*). На практике обычно рассматривают только некоторые аспекты идентичности в рамках построенной агрегирующей семантической модели – такой подход не подразумевает совпадение полного набора параметров.

Семантическая модель, в свою очередь, состоит из внешних и внутренних паттернов. Модель «чистой идентичности» связана только внутренними паттернами, т. е. не зависит от работы приложения в котором проходит идентификация и других факторов. На практике применяются несколько моделей определения идентичности, обеспечивая разброс параметров. В результате снижается погрешность распознавания при выполнении условий упрощения доступа.

В рамках глобальных платформ, о которых идет речь [3-5], рассматривается сетевой сервис OpenID, обеспечивающий единую идентификацию пользователей в социальных средах: в качестве основного атрибута идентификации выступает адрес электронной почты – e-mail. Этот адрес является основным идентификатором в социальных сетях: идентификация не подразумевает полной персональной идентичности личности. Для критически важных приложений имеются специализированные базы, включая базу персональной информации (англ.: *Personal identifying information* [ПИ]), созданную в США на основе официальных данных и используемую системами идентификации с высоким уровнем доверия. В других странах существуют Единые реестры или другие подобные структуры, которые подразумевают всю совокупность национальных данных с целью использования в электронных приложениях, прежде всего, связанных с сервисами госуслуг.

Очевидно, что любая сервисная подсеть подразумевает регистрацию пользователей. Обычно основным идентификатором является e-mail пользователя, но это не исключает применение дополнительных методов «скрытой

идентификации», упрощающей процесс распознавания. Современная электронная система должна обеспечить одновременно интуитивную простоту регистрации и предполагать минимальный объем вводимых данных при условии максимально полной идентификации пользователей – так называемый интеллектуальный доступ к сервисам. При описании такой модели идентификации предполагается, что именно внешний паттерн идентификации будет иметь большое значение в определении идентичности пользователя. Подход наиболее применим для систем, где пользователь должен сам заботиться о безопасности персональных данных, а система выполняет только надзорную роль. В критически важных системах функция безопасности в полной мере отслеживается системой: применяются, например, цифровые удостоверения и биометрические данные, поэтому внешние паттерны идентификации имеют второстепенное значение.

Понятие персональной информации определяет стандарт NIST Special Publication 800-122 – подразумевается «любая информация, которая помогает отличить или проследить личность человека – такая как: имя, номера кредитных карт, идентификационные номера или номера социального страхования, дата и место рождения, фамилия матери, биометрические данные, а также сопряженная информация медицинского, образовательного, финансового и квалификационного характера» [11]. В России и Украине использование персональных данных, в соответствии с законами о персональных данных (в Украине – Закон «О защите персональных данных» от 01.06.2010, №2297-VI, в России – Закон РФ «О персональных данных» от 26.06.2006, №152-ФЗ) предполагает ведение соответствующего реестра пользователей, что создает определенные сложности для каждой отдельной фирме и создает прецедент создания государственного сервиса единого реестра идентификации со скрытием данных о пользователях.

В контексте идентификации в сервисных подсетях и развитии систем глобальной идентификации необходимо упомянуть о двух понятиях, описывающих новые типы сетевых данных. Речь идет о *цифровом следе* (англ.: *Digital Footprint*) и о *цифровой тени* (англ.: *Digital Shadow*). Эти данные возникают в результате активных и пассивных действий пользователя в электронных сервисах [12]. Поэтому они могут быть включены в множество «связных» персональных данных неофициального характера – внешние паттерны идентификации. Фактически все данные о пользователях в сети могут быть консолидированы, представлены в виде метаданных и, впоследствии, использованы в качестве атрибутов идентификации и внешних паттернов персональной идентификации в глобальных системах.

Такой подход – введение метаданных пользователям – потребует особого формата организации данных, по своей логике отличных от классического представления данных в SQL, возможностей процедурного расширения PLPG SQL, а также методов хранения в реляционных хранилищах. В целом, на основании внешних и внутренних паттернов идентификации может быть создана модель *цифрового паспорта* человека (англ.: *Digital Passport* или *E-Passport*), включающая в себя целый набор образцов для идентификации и видов слабосвязных данных внешних паттернов, которые могут быть отнесены к определенной персоналии.

Идея введения E-Passport не нова. Аппаратная реализация электронных паспортов активно применяется в Великобритании и ЕС. Они выдаются в Великобритании с 2006 года и представляют собой информацию о персоне и машиносчитываемую биометрическую фотографию [13]. В некоторых странах применяются автоматизированные полосы паспортного контроля, которые фиксируют передвижения владельцев электронных паспортов ЕС: это классический пример создания «цифровой тени» человека при консолидации данных.

Используемая в Великобритании технология HM Passport отличается от технологической реализации, требующейся при проведении идентификации в глобальных сетевых платформах и сервисных подсетях с высоким уровнем доверия. Наличие такого чипа обеспечивает установление условно-полной идентичности, но исключает связывание сетевых персональных, косвенных данных и устройств пользователя. Новые подходы, подразумевающие связывание данных, пользователей и устройств, требуются в глобальной сети, в том числе, для решения проблемы больших данных (англ.: *Big Data*) и для реализации основополагающей функции государства – охрана правопорядка, также предполагающую правоохранительную деятельность в социально-общественных средах, к которым относится Интернет. Связывание позволяет одновременно уменьшить полезную емкость цифровой вселенной (англ.: *Digital Universe*) [13] и отслеживать действия пользователей в сети с целью правового контроля.

По сути, рассматривая связные данные о пользователе, имеющие персональный характер, в рамках некоторого массива метаданных, называемого Е-Паспортом, говорится о процессе виртуализации пользователей, который может быть рассмотрен не только в рамках идентификации. В данном случае должны быть затронуты новые технологические решения. Речь идет о дополненной, смешанной и виртуальной реальности. Очевидно, что массив данных о пользователе может быть структурно расширен, иметь публичную и непубличную зону данных. Эти данные могут поддаваться коррекции при условии соответствия уровня мандатного доступа к редактируемому массиву.

В рамках решения предлагается использовать модель iGenotype, связывающую устройства и данные с владельцем. Этот подход, предполагающий связывание данных, устройств и пользователей, может быть согласован с моделями доставки сервисов (англ.: *Delivery Models*), упоминаемых компанией Cisco, позволяющими унифицировать пользовательские запросы и обрабатывать их в составе SLA-запросов (англ.: *Service Level Agreement [SLA]*): «пользователь-пользователь» – People-to-People (P2P), «машина-машина» – Machine-to-Machine (M2M), «пользователь-машина» – People-to-Machine (P2M) (рис. 2).

Унификация запросов, снижает сложность любой сервисной системы, а также позволяет описать процесс предоставления сервисов в рамках современного подхода доставки сервисов по SLA-запросам. С целью дальнейшего анализа, представим это в виде математических описаний так, как это представлено ниже.

Задача идентификации и управления доступом IAM в сервисной подсети описывается целевой функцией $IAM(\cdot)$. Область определения системы задается входными (набором атрибутов идентификации и доступа) и выходными данными

$X_n \times S_n \subseteq Z$ при наборе ограничений g_n . На выходе функциональной группы получаем множество состояний системы $\{s_n\}$.

Система IAM может быть представлена в качестве о упорядоченного кортежа длины «3»:

$IAM : \langle IdM, AM, GRC \rangle$ при условии, что $IAM : IdM \rightarrow AM \rightarrow GRC$ условии. Для IdM существует набор атрибутов идентификации $A = \{a_i\}$, формирующих набор нечетких правил-паттернов идентификации $\{\tilde{p}(a_i)\}$.

Задачу идентификации пользователей подсети можно разбить на две части: идентификацию по внешним и по внутренним атрибутам: $IdM(t+1) = IdM_{endo} + IdM_{ekzo}(t)$. Эндопаттерн относится к неизменным атрибутам идентификации, экзопаттерн зависит от времени. Таким образом, информационная емкость эндопаттерна (состоит из официальных, биометрических и др. неизменных данных) будет постоянной $C_{p_{endo}}^U = const$, информационная емкость экзопаттерна (цифровая тень и след) изменяется в зависимости от сетевой активности пользователей $C_{p_{ekzo}}^U(t+1) \neq C_{p_{ekzo}}^U(t)$. После идентификации IdM система должна предоставить доступ (выполнить процесс AM) к ресурсам подсети, которые разделим на зону публичных сервисов и зону персональных сервисов. Так как каждому процессу IdM соответствуют определенные процессы AM (предоставления доступа) и GRC (контроллинга рисков), можно говорить о двухэтапном процессе $IdM / AM / GRC$ в подсети $IAM = IAM_{pub} + IAM_{pers}$.

Выводы. Рассмотрены цифровые возможности обеспечения одной из функций государства в интернет-сегменте – охрана правопорядка. Речь идет о зонах социальных отношений нового поколения, которые оформились в отдельную общественную структуру в последние десятилетия. При этом рассмотрена модель представления данных, которая будет сочетать в себе фиксацию данных о пользователях, их устройствах и действиях в глобальной сети наряду с сохранением конфиденциальности персональной информации и защитой частной жизни. Предложен подход, который позволяет создать защищенные государственные депозитарии связных официальных и неофициальных данных о сетевых пользователях, а также избавиться от необходимости особого режима обработки персональных данных для каждой отдельной организации, на сегодняшний день нормированного законодательно. Рассмотрен один из вариантов решения проблемы больших данных с использованием модели

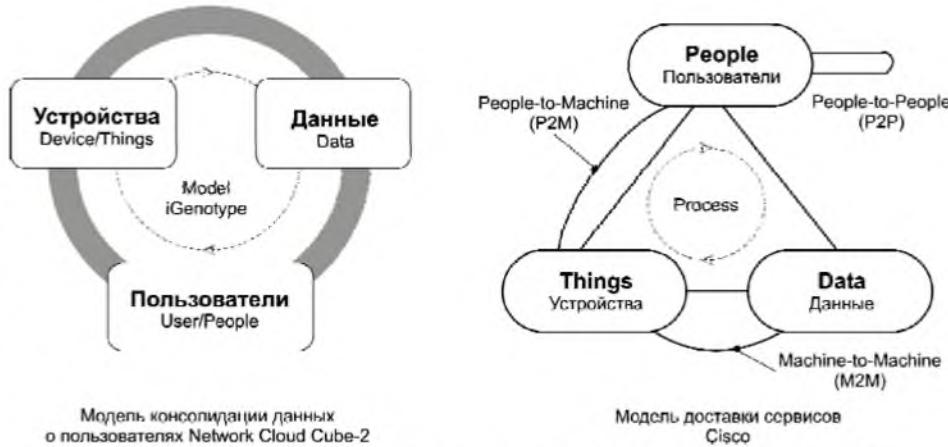


Рис. 2 – Модель iGenotype и новые модели доставки сервисов [14, 15]

iGenotype связывания данных в сети, так как в этом случае снижается информационная емкость за счет сокращения объема неструктурированной информации. Предложен метод двухэтапной идентификации на основе эндо- и экзопаттерна в публичную и доверенную зоны сервисных подсетей. Такой подход может быть применен в ряде сервисов электронных госуслуг для обеспечения высокого уровня безопасности, и в развлекательных сервисных подсетях – для монетизации отдельных развлекательных сегментов. Предложена модель связывания данных, которая предполагает расширение ряда унифицированных SLA-запросов в контексте развивающихся моделей доставки сервисов (People-to-People [P2P], Machine-to-Machine [M2M], People-to-Machine [P2M]).

Список литературы: 1. The Hyperconnected World: A New Era of Opportunity, White Paper, Akamai [Электронный ресурс] // Портал : akamai.com. — Режим доступа \www/ URL: http://www.akamai.com/dl/akamai/hyperconnected_world.pdf. — Заглавие с контейнера, доступ свободный, 13.12.2013. 2. Global Internet Traffic Projected to Quadruple by 2015, Press Release, Cisco, 2011 [Электронный ресурс] // Портал : cisco.com. — Режим доступа \www/ URL: <http://newsroom.cisco.com/press-release-content?type=webcontent&articleId=324003>. — Заглавие с экрана, доступ свободный, 26.09.2013. 3. Зеленцова, Ж. Ю. Конвергенция глобальной сети как новый этап развития: обзор инфраструктурных решений и технологий с целью нахождения решений для повышения безопасности обработки данных при облачных вычислениях [Текст] / Ж. Ю. Зеленцова, Н. Ф. Казакова // Інформаційна безпека. — 2013. — № 4 (12). — С. 23-40. 4. Зеленцова, Ж. Інфраструктурні рішення та технології підвищення безпеки обробки даних при хмарних обчисленнях [Текст] / Ж. Зеленцова, Н. Казакова // Захист інформації і безпека інформаційних систем : III міжнар. наук.-техн. конф., 5-6 червня 2014 р. : матер. конф. — Львів, НУ «Львівська політехніка». — С. 58-59. 5. Казакова, Н. Ф. Дослідження та застосування в системах захисту інформації кореляційного критерію подібності графічних структур [Текст] / Н. Ф. Казакова, О. О. Фразе-Фразенко // Системи обробки інформації. — 2014. — Т. 2, № 2(118). — С. 246. 6. Internet of things: \$8.9 trillion market in 2020, 212 billion connected things, ZDNet, October 3, 2013 [Электронный ресурс] // Портал : zdnet.com. — Режим доступа \www/ URL: <http://www.zdnet.com/internet-of-things-8-9-trillion-market-in-2020-212-billion-connected-things-7000021516/>. — Заглавие с экрана, доступ свободный, 12.12.2013. 7. Florentine, Sh. Forecast for Cloud Computing, CIO, December 2013 [Электронный ресурс] / Sh. Florentine, Th. Olavsrud // Портал : cio.com. — Режим доступа \www/ URL: http://www.cio.com/article/745155/2014_Forecast_for_Cloud_Computing. — Заглавие с экрана, доступ свободный, 18.03.2014. 8. Identity management solution that automates and streamlines access governance [Электронный ресурс] // Портал : Dell. — Режим доступа \www/ URL: <http://software.dell.com/products/identity-manager/>. — Заглавие с экрана, доступ свободный, 30.12.2013. 9. Shapiro, Vl. Решение Dell One Identity – от менеджмента идентичностей до управления и контроля доступа, Dell Security Software – IAM [Электронный ресурс] / Vl. Shapiro // Портал : eiseverywhere.com. — Режим доступа \www/ URL: https://www.eiseverywhere.com/file_uploads/ba9e74372c8f2370ab447b10810122a6_DellOneIdentitySolution-Russian_1_v3.pdf. — Заглавие с экрана, доступ свободный, 18.02.2014. 10. Казакова, Н. Ф. Міжнародна регламентація правового регулювання та стандартизації аудиту інформаційної безпеки [Текст] / Н. Ф. Казакова, Е. А. Плешико, К. Б. Айвазова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2013. — Т. 1, № 15(204). — С. 172-181. 11. McCallister, Er. Guide to Protecting the Confidentiality of Personally Identifiable Information (PII), Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-122, NIST, April 2010 [Электронный ресурс] / Er. McCallister, T. Grance, K. Scarfone // Портал : csric.nist.gov. — Режим доступа \www/ URL: <http://csric.nist.gov/publications/nistpubs/800-122/sp800-122.pdf>. — Заглавие с контейнера, доступ свободный, 16.03.2014. 12. Луговой, А. В. Эра мегаданных. Состояние и эволюция мирового информационно-вычислительного пространства [Текст] / А. В. Луговой, Ж. Ю. Зеленцова, О. В. Луговая // Вісник Кременчуцького

національного університету імені Михайла Остроградського. — 2012. — Т. 1, № 1/2012 (72). — С. 36-42. **13.** HM Passport Office [Электронный ресурс] // Портал : gov.uk. – Режим доступа \www/ URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/hm-passport-office>. – Заглавие с экрана, доступ свободный, 30.01.2014. **14.** Модель iGenotype – виртуализация устройств, данных и пользователей [Электронный ресурс] // Портал : network-cloud-cube-2.ru. – Режим доступа \www/ URL: <http://www.network-cloud-cube2.ru/model-igenotype>. – Заглавие с экрана, доступ свободный, 28.03.2014. **15.** 2013 Cisco Annual Security Report, Cisco [Электронный ресурс] // Портал : cisco.com. – Режим доступа \www/ URL: https://www.cisco.com/web/offer/gist_ty2_asset/Cisco_2013_ASR.pdf. – Заглавие с контейнера, доступ свободный, 13.12.2013.

Bibliography (transliterated): **1.** The Hyperconnected World: A New Era of Opportunity, White Paper, Akamai. http://www.akamai.com/dl/akamai/hyperconnected_world.pdf. **2.** Global Internet Traffic Projected to Quadruple by 2015, Press Release, Cisco, 2011. <http://newsroom.cisco.com/press-release-content?type=webcontent&articleId=324003>. **3.** Zelencova, Zh. Ju., Kazakova, N. F. (2013). Konvergencija global'noj seti kak novyj jetap razvitiya: obzor infrastrukturnyh reshenij i tehnologij s cel'ju nahozdenija reshenij dlja povyshenija bezopasnosti obrabotki dannyh pri oblichnyh vychislenijah. Informacijna bezpeka, 4 (12), 23-40 (in russian). **4.** Zelencova, Zh. Ju., Kazakova, N. F. (2014). Infrastrukturni rishennja ta tehnologii pidvishhennja bezpeki obrabki dаних pri hmarnih obchislennjah. Zahist informacii i bezpeka informacijnh sistem, Ukraine, Lviv, National University «Lviv Polytechnic», 2014.06.06, proc. of conf., 58-59 (in ukrainian). **5.** Kazakova, N. F., Fraze-Frazenko, O. O. (2014). Doslidzhennja ta zastosuvannja v systemah zahystu informacii' koreljacijnogo kryteriju podibnosti grafichnyh struktur. Systemy obrabky informacii', 2(118), v. 2, 246 (in ukrainian). **6.** Internet of things: \$8.9 trillion market in 2020, 212 billion connected things, ZDNet, October 3, 2013. <http://www.zdnet.com/internet-of-things-8-9-trillion-market-in-2020-212-billion-connected-things-7000021516/>. **7.** Florentine, Sh., Olavsrud, Th. (2014). Forecast for Cloud Computing, CIO, December 2013 http://www.cio.com/article/745155/2014_Forecast_for_Cloud_Computing. **8.** Identity management solution that automates and streamlines access governance. <http://software.dell.com/products/identity-manager/>. **9.** Shapiro, Vl. Reshenie Dell One Identity – ot menedzhmenta identichnostej do upravlenija i kontrolja dostupa, Dell Security Software – IAM. https://www.eiseverywhere.com/file_uploads/ba9e74372c8f2370ab447b10810122a6_DellOneIdentitySolution-Russian_1_v3.pdf (in russian). **10.** Kazakova, N. F., Pleshko, E. A., Ajvazova, K. B. (2013). Mizhnarodna reglamentacija pravovogo reguljuvannja ta standartyzacii' audytu informacijnoi' bezpeky. Visnyk Shidnoukrai'ns'kogo nacional'nogo universytetu imeni Volodymyra Dalja, 15(204), v. 1, 172-181 (in ukrainian). **11.** McCallister, Er., Grance, T., Scarfone, K. (2014). Guide to Protecting the Confidentiality of Personally Identifiable Information (PII), Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-122, NIST, April 2010. <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-122/sp800-122.pdf>. **12.** Lugovoj, A. V., Zelencova, Zh. Ju., Lugovaja, O. V. (2012). Jera megadannyh. Sostojanie i jevoljucija mirovogo informacionno-vychislitel'nogo prostranstva. Visnik Kremenchuc'kogo nacional'nogo universitetu imeni Mihajla Ostrograds'kogo, 1/2012 (72), v. 1, 36-42. **13.** HM Passport Office. <https://www.gov.uk/government/organisations/hm-passport-office>. **14.** Model' iGenotype – virtualizacija ustrojstv, dannyh i pol'zovatelej. <http://www.network-cloud-cube2.ru/model-igenotype> (in russian). **15.** 2013 Cisco Annual Security Report, Cisco. https://www.cisco.com/web/offer/gist_ty2_asset/Cisco_2013_ASR.pdf.

Поступила (received) 22.08.2014

В. І. РОМАНОВСЬКИЙ, доц., Сумський державний університет;
О. О. ІВАНОВ, аспірант, Сумський державний університет

МОДЕЛЮВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДИНАМІЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запропоновано метод моделювання процесу роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії в електричних мережах промислових підприємств. Застосування теорії миттєвої потужності дозволяє оцінити вплив режиму роботи таких споживачів на мережу в цілому та на суміжних споживачів. Виконано моделювання роботи обладнання у цеху промислового підприємства, що дозволило підвищити ефективність споживання електричної енергії.

Ключові слова: енергоефективність, миттєва потужність, ефективна потужність, динамічне навантаження, математичне моделювання.

Вступ. Питання підвищення енергоефективності роботи промислових споживачів електричної енергії у сучасних умовах є одним з ключових напрямків, що безпосередньо впливають на економічні показники будь-якого промислового підприємства. Інтенсивний розвиток та впровадження перетворюючих джерел живлення у промисловому обладнанні призводить до спотворення форми кривих напруги та струму в електричній мережі, створює суттєві складнощі в процесі підвищення енергоефективності виробництва [1]. Більшість існуючих методів підвищення енергоефективності орієнтовані на те, що підприємство отримує та споживає електричну енергію, яка повністю відповідає всім нормованим показникам якості, хоча у сучасних умовах це не відповідає дійсності [2]. Розробка моделей споживання електричної енергії та методів підвищення енергоефективності споживання електричної енергії промисловими підприємствами є актуальним науковим та практичним напрямком розвитку сучасної електроенергетики.

Аналіз літератури та постановка проблеми. Системою внутрішнього електропостачання вважають сукупність основних пристрій, які забезпечують розподілення електричної енергії, яку одержано від системи зовнішнього електропостачання, по території промислового підприємства, та її перетворення на робочу напругу електроприймачів. Система внутрішньозаводського електропостачання складається з розподільних пристрій, ліній електропередач, струмопроводів, що відходять від розподільних пристрій, та цехових розподільних, перетворювальних та трансформаторних пістанцій.

Споживачем внутрішньозаводської системи електропостачання є промислове обладнання, яке в сучасних умовах низько серійного та періодичного виробництва продукції споживає електричну енергію нерівномірно у часі, тільки за необхідності, у відповідності до певних технологічних процесів [3]. Тому

споживання електричної енергії промисловими підприємствами набуло змінного характеру, а навантаження промислового підприємства, як споживача електричної енергії, є динамічним у часі. Крім того, останнім часом проглядається тенденція зростання кількості електроприймачів з різко змінним характером навантаження. При цьому збільшується як одинична потужність даного роду установок, так і сумарна частка потужності різко змінних навантажень [4]. До такого типу електроприймачів відносять: козлові і мостові крани, пілорами, дугові сталеплавильні печі, електрозварювальні машини, прокатні стани, і інші електроприймачі, для яких характерні різкі зміни значення потужності або струму.

Наявність на підприємстві динамічного навантаження призводить до погіршення показників якості електроенергії, що збільшує сумарні втрати в мережі та погіршує процес компенсації реактивної потужності. Для дослідження впливу різко змінного навантаження на роботу електричної мережі сьогодні застосовують методи математичного моделювання, хоча більш точний результат можна отримати при фізичному моделюванні [5].

Математичне моделювання режиму роботи динамічного навантаження більшість дослідників виконує за допомогою оригінальних програм, при цьому не враховується як змінюється режим роботи суміжно працюючих електроприймачів. Окрім того, в більшості методів визначення енергетичної ефективності систем змінного струму використовуються поняття повної та уявної потужності, її активної та реактивної складових. Ці складові відносяться до розрахункових інтегральних величин, які являють собою усереднені за період коливань основної частоти значення. Однак використання таких величин не є коректним для систем, де струми та напруги є несинусоїдальними, а характер споживання електричної потужності є різко змінним. Використання інтегральних розрахункових величин в електричних мережах з динамічним навантаженням не розкриває фізичної сутності явищ, що відбуваються в електричній мережі. Це призводить до неоднозначних результатів, які не дозволяють об'єктивно оцінити ефективність споживання електричної енергії промисловим обладнанням та розробити заходи щодо підвищення енергоефективності роботи електричної мережі.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є розробка методів оцінювання впливу режимів роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії в електричних мережах промислових підприємств на мережу в цілому та на суміжних споживачів електричної енергії. Задля вирішення поставленої мети потрібно розробити математичну модель роботи такого обладнання і встановити зв'язок між режимом його роботи та параметрами режиму роботи електричної мережі.

Моделювання динамічного навантаження при споживанні електричної енергії промисловим обладнанням. У якості об'єкту дослідження взято систему внутрішньоцехового електропостачання цеху №6 промислового підприємства ПАТ „Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання ім. М.В. Фрунзе”. Схема електропостачання цеху показана на рис. 1.

Особливістю режиму споживання електричної енергії вказаним об'єктом є те,

що основними споживачами електричної енергії в цеху є чотири дугові печі, а також декілька потужних обробних верстатів з числовим програмним керуванням. Взаємний вплив роботи обладнання крізь електричну мережу призводить до збоїв технологічного процесу, хоча на підприємстві прийняті всі традиційні заходи щодо поліпшення якості електричної енергії та підвищення енергоефективності споживання електричної енергії промисловим обладнанням.

Дослідження форм кривих струмів та напруг в електричній мережі цеху показало, що при роботі промислового обладнання виникають несинусоїdalальні перехідні процеси. Для аналізу таких перехідних процесів, взаємного впливу режимів електроспоживання промислового обладнання та оцінювання енергоефективності роботи обладнання пропонується застосувати теорію енергопроцесів [6], в якій розглядаються складні енергообмінні процеси між джерелами електричної енергії та споживачами електричної енергії. Застосування теорії енергопроцесів дозволяє врахувати як зовнішні процеси енергообміну між джерелом та споживачами, так і внутрішні процеси енергообміну між споживачами електричної енергії.

Параметром, який найбільш повно характеризує режим електроспоживання будь-якого пристроя в електричній мережі, є миттєва потужність $p(t)$:

$$p(t) = u(t)i(t), \quad (1)$$

де $u(t)$ – миттєва напруга; $i(t)$ – миттєвий струм.

Миттєва потужність $p(t)$ згідно виразу (1) може бути як позитивна так і негативна, вона окремо визначається для кожної фази електричної мережі. Аналіз миттєвої потужності $p(t)$, яка розрахована за виразом (1) є складною задачею, оскільки однозначно зрозумілої залежності між режимом роботи промислового обладнання споживачів та характером поведінки миттєвої потужності $p(t)$ не має.

Задля спрощення аналізу процесів енергообміну, що відбуваються у електричній мережі, згідно математичного апарату теорії миттєвої потужності виконаємо перетворення струмів і напруг у мережі та отримаємо ортогональні складові напруг та струмів у системі координат Кларка:

$$\begin{aligned} u_\alpha(t) &= \frac{1}{3}(u_{ab}(t) - u_{ca}(t)) \\ u_\beta(t) &= \frac{1}{\sqrt{3}}u_{bc}(t) \\ i_\alpha(t) &= i_a(t) \end{aligned} \quad (2)$$

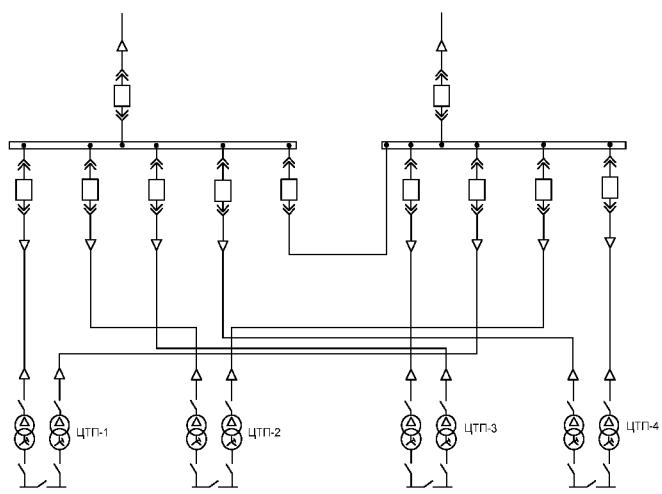


Рис. 1 – Схема внутрішньоцехового електропостачання цеху № 6

$$i_{\beta}(t) = \frac{1}{\sqrt{3}}(i_b(t) - i_c(t))$$

Згідно запропонованого у роботі [7] методу отримаємо миттєві значення активних та реактивних складових повної комплексної потужності та пульсуючої потужності:

$$\begin{aligned} p(t) &= u_{\alpha}(t) \cdot i_{\alpha}(t) + u_{\beta}(t) \cdot i_{\beta}(t); \\ q(t) &= u'_{\alpha}(t) \cdot i_{\alpha}(t) + u'_{\beta}(t) \cdot i_{\beta}(t); \\ p2(t) &= u_{\alpha}(t) \cdot i_{\alpha}(t) - u'_{\beta}(t) \cdot i'_{\beta}(t); \\ q2(t) &= u'_{\alpha}(t) \cdot i_{\alpha}(t) - u_{\beta}(t) \cdot i'_{\beta}(t). \end{aligned} \quad (3)$$

У виразах (3) $p(t)$ та $q(t)$ являють собою відповідно миттєві активні та реактивні потужності, що відображають “корисні” процеси енергообміну при споживанні електричної енергії від джерела до споживача. Потужності $p2(t)$ та $q2(t)$ є відповідно пульсуючою активною та пульсуючою реактивною потужностями, що відображають “шкідливі” процеси енергообміну у мережі, пов’язані з несинусоїдальним, несиметричним або різко змінним характером споживання електричної енергії у мережі.

Виконаємо комп’ютерне моделювання мережі внутрішньоцехового електропостачання, схема якої наведена на рис.1. Моделювання виконано в середовищі

Matlab із

застосуванням

елементів

бібліотеки

SimPowerSystems

[8]. Модель

наведена на рис.

2.

Елемент 3–Phase Dynamic Load моделює

трифазне трипровідне динамічне навантаження, активна потужність P якої змінюється як функція напруги прямої послідовності. Налаштування елементу Dynamic Load відповідає параметрам та характеристикам дугової печі, яка використовується в технологічному процесі виробництва в цеху. Метою моделювання було виявлення закономірностей між режимом роботи динамічного навантаження та розрахунковими величинами, які визначаються виразами (3). Задля розрахунку вказаних величин використовувався спеціальний розрахунковий блок Measurement block, який реалізує математичні функції за допомогою елементів середовища Matlab.

Зміна режиму роботи дугової печі викликає переходний процес, при якому форма кривих струмів у мережі змінюється, як показано на рис. 3.

Аналіз миттєвих струмів та напруг, таких наприклад, як графік миттєвого струму, що наведений на рис. 3, не дає повного уявлення про процеси, які відбуваються у електричній мережі. Всупереч складним для аналізу миттєвим

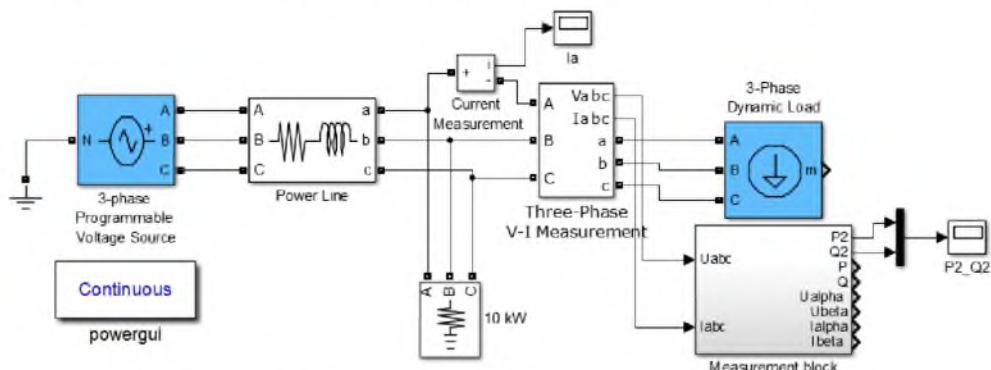


Рис. 2 – Модель внутрішньоцехової системи електропостачання

струмам та напругам, зміна миттєвих активних $p(t)$ та реактивних потужностей $q(t)$, а особливо зміна миттєвих пульсуючих потужностей $p_2(t)$ та $q_2(t)$ є більш наглядною та більш придатною для аналізу, що показано на рис. 4.

Проаналізувавши графіки миттєвих потужностей, що наведені на рис. 4 можна зробити висновок, що спотворення форм кривих струмів та напруг, що виникають в момент зміни режиму

роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії викликає появу пульсуючих активних та реактивних потужностей. Величина цих потужностей відображує ступінь впливу обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії на електричну мережу та на суміжних споживачів електричної енергії. Зменшення пульсуючих потужностей призводить до підвищення ефективності споживання електричної енергії.

Було проведено аналіз перехідних процесів, які відбуваються в електричній мережі цеху. Проаналізувавши чисельні значення струмів та напруг в мережі, які були отримані у результаті вимірювань за допомогою приладу моніторінгу показників якості електричної енергії фірми Fluke, було зроблено висновок, що результати моделювання є адекватними тим фізичним процесам, які відбуваються у мережі внутрішньоцехового електропостачання.

Застосування запропонованої методики оцінки впливу динамічного навантаження на роботу як електричної мережі загалом, так і на режим роботи суміжних споживачів електричної енергії, дозволяє оцінювати енергоефективність роботи електричної мережі та оцінювати ступінь впливу суміжних споживачів електричної енергії один на одного. Застосування результатів моделювання динамічного навантаження у цеху, схема електричної мережі якого показана на рис. 1, дозволило запропонувати та провести перебалансування схем живлення обладнання цеху, що значно зменшило кількість збоїв, які виникали при роботі промислового обладнання.

Висновки. У статті запропоновано метод моделювання процесу роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії в

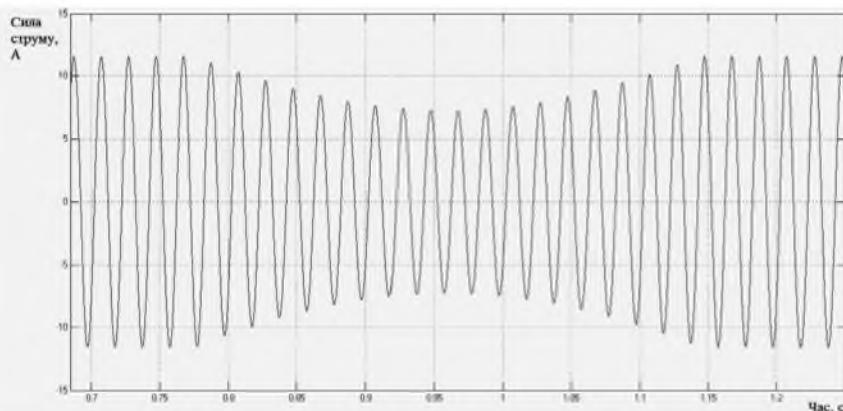


Рис. 3 – Форма кривих струму в мережі при зміні режиму роботи динамічного навантаження

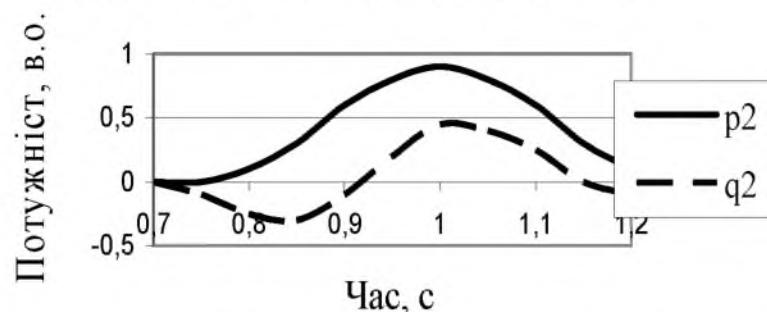


Рис. 4 – Форма кривих миттєвих потужностей при зміні режиму роботи динамічного навантаження

електричних мережах промислових підприємств. Метод базується на визначенні миттєвих активних та реактивних потужностей, а також миттєвих пульсуючих активних та реактивних потужностей, що визначаються за допомогою математичного апарату теорії миттєвої потужності.

Застосування теорії миттєвої потужності дозволяє оцінити вплив режиму роботи таких споживачів на мережу в цілому та на суміжних споживачів. При зміні режиму роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії з'являються коливання потужності.

Виконано моделювання роботи обладнання у цеху промислового підприємства, що дозволило підвищити ефективність споживання електричної енергії.

Список літератури: 1. Родькин, Д. И. Возможности и эффективность метода энергодиагностики в идентификационных задачах [Текст] / Д. И. Родькин, Ю. В. Ромашкин // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – Днепродзержинск: ДГТУ, 2007. – С. 507–512. 2. Сиротин, Ю. А. Качество энергоснабжения и энергопотребления в разбалансированной трехфазной системе [Текст] / Ю. А. Сиротин // Электрика. – 2009. – № 6-7. – С. 22–27; 15–21. 3. Крогерис, А. Ф. Мощность переменного тока [Текст] / А. Ф. Крогерис, К. К. Ращевич, Э. Ц. Трейманис, Я. К. Шинка. – Рига: Физ.-энерг. ин-т Латв. АН, 1993. – 294 с. 4. Тонкаль, В. Е. Баланс энергий в силовых цепях [Текст] / В. Е. Тонкаль, А. Е. Новосельцев, С. П. Денисюк. – Киев: Наукова думка, 1992. – 312 с. 5. Жемеров, Г. Г. Мгновенные и средние активные и реактивные мощности в линейных цепях с синусоидальными напряжениями [Текст] / Г. Г. Жемеров, Д. В. Тугай // Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика. – 2004. – № 43. – С. 153–160. 6. Czarnecki, L. S. Powers of asymmetrically supplied loads in terms of the CPC power theory [Text] / L.S. Czarnecki // Electrical Power Quality and Utilization Journal. – 2007. – Vol. XIII, No 1, – P. 97–103. 7. Akagi, H. Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning [Text] / H. Akagi, E.H. Watanabe, M. Arede. – New York: Wiley, 2007. – 379 p. 8. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink [Текст] / И. В. Черных. – Санкт-Петербург: ДМК Пресс, 2008. – 288 с.

Bibliography (transliterated): 1. Rod'kin, D. I., Romashikhin, Ju. V. (2007). Vozmozhnosti i effektivnost' metoda jenergodiagnostiki v identifikacionnyh zadachah. Problemi avtomatizovanogo elektroprivodu. Teoriya i praktika. Dneprodzerzhinsk: DGTU, 507–512. 2. Sirotin, Ju. A. (2009). Kachestvo jenergosnabzhenija i jenergopotreblenija v razbalansirovannoj trehfaznoj sisteme. Jelektrika, 6, 22–27. 3. Krogeris, A. F., Rashevic, K. K., Trejmanis, Je. C., Shinka, Ja. K. (1993). Moshhnost' peremennogo toka. Riga: Fiz.-energ. in-t Latv. AN, 294. 4. Tonkal', V. E., Novosel'cev, A. E., Denisjuk, S. P. (1992). Balans jenergij v silovyh cepjakh. Kiev: Naukova dumka, 312. 5. Zhemerov, G. G., Tugaj, D. V. (2004). Mgновенные и средние активные и реактивные мощности в линейных цепях с sinusoidal'nymi naprjazhenijami. Problemy avtomatizirovannogo jelektroprivoda. Teoriya i praktika. Har'kov: NTU «HPI», 43, 153–160. 6. Czarnecki, L. S. (2007). Powers of asymmetrically supplied loads in terms of the CPC power theory. Electrical Power Quality and Utilization Journal, XIII (1), 97–103. 7. Akagi, H., Watanabe, E. H., Arede, M. (2007). Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning. New York: Wiley, 379. 8. Chernyh, I. V. (2008). Modelirovanie jeklektrotehnicheskikh ustrojstv v MatLab, SimPowerSystems i Simulink. Sankt-Peterburg: DMK Press, 288.

Наочний (received) 25.07.2014

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Е. В. ДОРОШЕНКО, канд. техн. наук, доц., НАУ, Киев;
Ю. Ю. ТЕРЕЩЕНКО, канд. техн. наук, асист, НАУ, Киев;
А. ТЕХРАНИ, аспирант, НАУ, Киев

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕЧЕНИЯ В РЕШЕТКАХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

В работе представлена разработанная методика расчета критических режимов «запирания» течения в решетках аэродинамических профилей с учетом вязкости. Предложены зависимости для расчета течения в межлопаточных каналах с учетом пограничного слоя для больших положительных и отрицательных углов атаки. Методика апробирована путем сопоставления известных экспериментальных данных и полученных авторами результатов численного эксперимента.

Ключевые слова: методика, запирание, течение, решетка, моделирование, срыв, пограничный слой, компрессор, вязкость, сжимаемость.

Введение. Аэродинамический расчет ступеней осевого компрессора начинается с расчета течения воздуха в элементарных ступенях, которые моделируются решетками аэродинамических профилей. Аэродинамические характеристики компрессорных решеток применяются при расчетах характеристик ступеней осевого компрессора и определении характерных ограничений режимов его работы [1–3].

К основным ограничениям работы ступени компрессора относятся ограничения по срыву потока при больших положительных углах атаки, и ограничения по максимальному расходу воздуха в межлопаточных каналах ступеней осевого компрессора (ограничения по «запиранию»).

Отрывные течения широко распространены в природе и их описание важно для инженерных расчетов. Поскольку возникновение отрыва является результатом вязко – невязкого взаимодействия слоев течения, для его предсказания необходимо точно моделировать как вязкие, так и невязкие процессы. При этом необходимо учитывать, что они взаимодействуют нелинейно. Известно, что расположение точки отрыва пограничного слоя определяется градиентом давления на обтекаемой поверхности. Турбулентный пограничный слой более устойчив к отрыву, поскольку вязкое сдвиговое напряжение противодействует градиенту давления в турбулентном слое выше, чем в ламинарном. Поэтому при исследовании отрывных течений необходимо учитывать и достаточно точно моделировать состояние пограничного слоя.

В настоящее время выполнено ряд исследований по вопросам определения параметров и характеристик компрессорных решеток. Например, в работе [3] экспериментально исследовано влияние критических режимов течения в лопаточных венцах на характеристики компрессора. В работах [2, 3]

© Е. В. ДОРОШЕНКО, Ю. Ю. ТЕРЕЩЕНКО, А. ТЕХРАНИ, 2014

представлены результаты исследований влияния вращающегося срыва на потерю газодинамической устойчивости. В работе [4] исследовано влияние входной неравномерности на потерю газодинамической устойчивости в трансзвуковом компрессоре.

При течении реального газа в компрессорной решетке на поверхности профилей формируется пристенный пограничный слой. В результате его создания уменьшается площадь проходного сечения горла межлопаточных каналов, что в свою очередь, влияет на режим течения и возникновения режимов «запирания».

Учет влияния сжимаемости и вязкости потока предполагает необходимость достаточно точного определения наступления режимов «запирания» при отрицательных углах атаки последних ступеней с целью согласования расходных характеристик первых и последних ступеней многоступенчатого осевого компрессора и обеспечения газодинамической устойчивости компрессора на нерасчетных режимах работы ГТД.

Цель работы. Целью данного исследования является разработка методики расчета критических режимов «запирания» течения в решетках аэродинамических профилей при отрицательных углах атаки с учетом вязкости.

Методика расчета критических режимов течения в решетках аэродинамических профилей с учетом вязкости. Течение воздуха в компрессорной решетке на режимах «запирания» можно разграничивать на участки конфузорного (до горла) и диффузорного (за горлом) течения (рис. 1). Если течение потока в горле межлопаточных каналов соответствует условию $w_r = a_{kr}$, то возникает режим «запирания» с максимально возможной расходом воздуха. На рис. 1 обозначено: w_1 – вектор скорости на входе в решетку; γ – угол установки профилей в решетке; β_1 – угол входа потока; b – хорда профиля; t – шаг решетки; F_1 – площадь нормального сечения на входе в решетку; F_r – площадь “горла” межлопаточного канала; F_a – площадь сечения межлопаточного канала; δ_n – толщина пограничного слоя на нижней поверхности профиля; δ_b – толщина пограничного слоя на верхней поверхности профиля.

В работе рассматривается методика расчета течения в решетках аэродинамических профилей при положительных и отрицательных углах атаки для случаев: течение невязкого и вязкого сжимаемого газа.

Рассмотрим расчет течения невязкого сжимаемого газа в решетках аэродинамических профилей. Для такого течения уравнение расхода для сечений F_1 и F_r запишется в виде:

$$mF_1 \frac{P_1^*}{\sqrt{T_1^*}} q(\lambda_1) = mF_r \frac{P_r^*}{\sqrt{T_r^*}} q(\lambda_r),$$

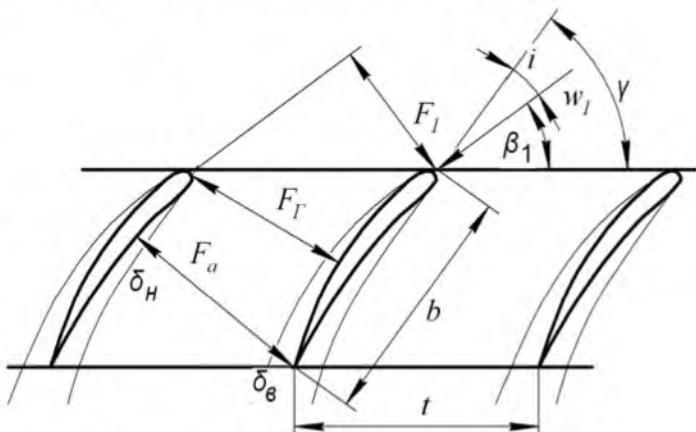


Рис. 1 – Схема течения в решетке аэродинамических профилей

где m – коэффициент расхода воздуха, учитывающий особенности физических свойств рабочего тела, равный $m = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{\frac{k}{R}}$; R – газовая постоянная; F_1 – площадь нормального сечения на входе в решетку; F_r – площадь “горла” межлопаточного канала; P_1^*, T_1^* – полное давление и температура в сечении F_1 ; P_r^*, T_r^* – полное давление и температура в “горле” межлопаточного канала; $q(\lambda_1)$, $q(\lambda_r)$ – плотность тока в характерных сечениях.

Из условия $P_1^* = P_r^*$ и $T_1^* = T_r^*$, получаем:

$$\frac{q(\lambda_r)}{q(\lambda_1)} = \frac{F_1}{F_r} = \frac{t \cdot \sin \beta_1}{t \cdot \sin \gamma}; \quad \frac{q(\lambda_r)}{q(\lambda_1)} = \frac{\sin \beta_1}{\sin \gamma}; \quad q(\lambda_1) = q(\lambda_r) \frac{\sin \gamma}{\sin \beta_1}.$$

Значение функции расхода в сечении F_1 для режима “запирания”, которое соответствует режиму критического течения в горле F_r , имеет вид:

$$q(\lambda_1) = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta_1}.$$

Величина $M_{\max} = \frac{w_1}{a}$, которая соответствует возникновению критического течения в “горле” межлопаточного канала, определяется выражением:

$$M_{\max} \left(\frac{\frac{k+1}{2}}{1 + \frac{k-1}{2} M_{\max}^2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} = \frac{\sin \gamma}{\sin \beta_1}. \quad (1)$$

Для течения вязкого газа в решетке уравнение неразрывности течения в межлопаточном канале с учетом пограничного слоя запишется в виде:

$$m F_1 \frac{P_1^*}{\sqrt{T_1^*}} q(\lambda_1) = m (F_r - \delta^* l) \frac{P_r^*}{\sqrt{T_r^*}} q(\lambda_r),$$

где δ^* – толщина вытеснения пограничного слоя в сечении $F_r = h_r \cdot l$; h_r – линейный размер «горла»; l – высота лопатки.

При $P_1^* = P_r^*$ и $T_1^* = T_r^*$ получаем:

$$\frac{F_1}{(F_r - \delta^* l)} = \frac{q(\lambda_r)}{q(\lambda_1)}; \quad \frac{q(\lambda_r)}{q(\lambda_1)} = \frac{t \cdot \sin \beta_1}{(t \cdot \sin \gamma - \delta^*)}; \quad \frac{\sin \beta_1}{\left(\sin \gamma - \frac{\delta^*}{t}\right)} = \frac{q(\lambda_r)}{q(\lambda_1)}.$$

Для режима «запирания» при $q(\lambda_r) = 1$ получаем:

$$q(\lambda_1) = \frac{\left(\sin \gamma - \frac{\delta^*}{t}\right)}{\sin \beta_1};$$

где $\frac{\delta^*}{t}$ – относительная толщина вытеснения пограничного слоя на поверхности профиля в районе “горла”; t – шаг решетки ($t = b \cdot \frac{t}{b}$); b – хорда профиля; $\frac{t}{b}$ – густота решетки. Для потока вязкого газа режим запирания решетки определяется выражением:

$$M_{\max} \left(\frac{\frac{k+1}{2}}{1 + \frac{k-1}{2} M_{\max}^2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} = \frac{\sin \gamma - \frac{\delta^*}{t}}{\sin \beta_1}. \quad (2)$$

Рассмотрим расчет критического течения вязкого сжимаемого газа в решетках аэродинамических профилей при обтекании с отрицательными углами атаки. В этом случае уравнение неразрывности течения в межлопаточном канале с учетом пограничного слоя запишется в виде:

$$mF_1 \frac{P_1^*}{\sqrt{T_1^*}} q(\lambda_1) = m(F_a - \delta_h^* l - \delta_e^* l) \frac{P_a^*}{\sqrt{T_a^*}} q(\lambda_a),$$

где δ_h^* – толщина вытеснения пограничного слоя на нижней поверхности лопатки в сечении F_a ; δ_e^* – толщина вытеснения пограничного слоя на нижней поверхности лопатки в сечении F_a .

При $P_1^* = P_r^*$ и $T_1^* = T_r^*$ получаем:

$$\frac{F_1}{(F_a - \delta_h^* l - \delta_e^* l)} = \frac{q(\lambda_a)}{q(\lambda_1)}, \quad ; \quad \frac{q(\lambda_a)}{q(\lambda_1)} = \frac{t \cdot \sin \beta_1}{(t \cdot \sin \gamma - \delta_h^* - \delta_e^*)}, \quad ; \quad \frac{\sin \beta_1}{\left(\sin \gamma - \frac{\delta_h^*}{t} - \frac{\delta_e^*}{t} \right)} = \frac{q(\lambda_a)}{q(\lambda_1)}.$$

Для режима «запирания» при $q(\lambda_a) = 1$ получаем:

$$q(\lambda_1) = \frac{\left(\sin \gamma - \frac{\delta_h^*}{t} - \frac{\delta_e^*}{t} \right)}{\sin \beta_1}.$$

Для потока вязкого газа режим «запирания» решетки при обтекании с отрицательными углами атаки определяется выражением:

$$M_{\max} \left(\frac{\frac{k+1}{2}}{1 + \frac{k-1}{2} M_{\max}^2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} = \frac{\sin \gamma - \frac{\delta_h^*}{t} - \frac{\delta_e^*}{t}}{\sin \beta_1}. \quad (3)$$

С помощью уравнений (1)-(3) рассчитываются теоретически максимальные значения параметров воздуха на входе в решетку, при которых в горле решетки наступает критический режим течения. Этот режим соответствует максимальным расходом воздуха через межлопаточные каналы и характеризуется как режим «запирания» компрессорной решетки по расходу воздуха. Толщина вытеснения пограничного слоя для вязкого сжимаемого газа рассчитывается по интегральным характеристикам пограничного слоя [1].

Для апробации методики расчета критических режимов течения в решетках аэродинамических профилей был выбран численный эксперимент, достоверность которого подтверждалась сопоставлением с результатами физического эксперимента.

В качестве объекта исследования выбрана решетка аэродинамических профилей, которые имеют следующие геометрические параметры: хорда $b = 0,3 \text{ м}$; относительная максимальная толщина профиля $\bar{c} = 10\%$. Основные параметры решетки: густота $b/t = 0,77$; угол установки $\gamma = 45^\circ$; угол атаки i .

Исследования характера обтекания проводились при значениях угла атаки

$i=-15\dots+15$. Для каждого угла атаки исследования проводились при нескольких значениях числа M_1 . Число Рейнольдса, вычисленное по хорде лопатки, при продувках решетки изменялось в пределах $2\cdot10^5 - 8\cdot10^5$.

Расчет течения газа выполнялся путем численного решения осредненных уравнений Навье – Стокса (уравнений Рейнольдса), которые замыкались моделью турбулентности. В данной работе использовалась модель турбулентности SST [7], которая хорошо зарекомендовала себя для решения подобного класса задач [8]. Для решения задачи была построена нерегулярная адаптивная расчетная сетка с приблизительно 1 млн. ячеек.

При проведении расчетов боковые границы расчетной области формировались по линиям тока при условии непрозрачности твердых стенок. Твердые стенки принимались адиабатическими. Также использовалось условие прилипания. В качестве рабочего тела использовался воздух.

На рис. 2 показан фрагмент мгновенного поля скорости при обтекании решетки профилей для угла атаки $i = -5^\circ$ и числа Maxa $M = 0,729$, полученного путем численного эксперимента с использованием модели турбулентности SST. В случае больших дозвуковых скоростей ($M_1 > 0,5$) вследствие проявления эффекта сжимаемости изменяется поле скоростей в решетке. При этом увеличиваются градиенты скоростей вдоль линий тока, изменяется форма линий тока, а также смещаются области максимальных и минимальных скоростей. На рис. 2 можно видеть, что горло межлопаточного канала (сечения с минимальной площадью «живого сечения») сдвигается вниз по потоку. На рис. 3 представлены результаты расчетных исследований режимов «запирания» решеток аэродинамических профилей с использованием зависимостей (1–3), результаты экспериментальных исследований [2] и результаты вычислительного эксперимента.



Рис. 2 – Фрагмент мгновенного поля скорости при обтекании решетки профилей для углов атаки $i = -5^\circ$ и числа Maxa $M = 0,729$

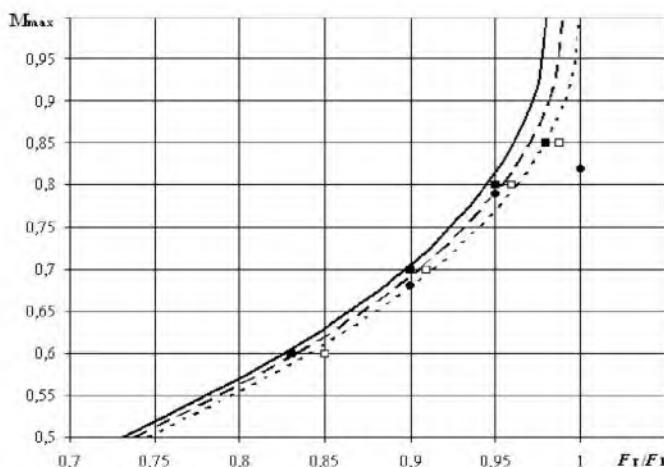


Рис. 3 – Зависимости значения M_{max} для решетки аэродинамических профилей от отношения F_r / F_1 : — – теоретическая зависимость (1); – – – теоретическая зависимость (2); - - - – теоретическая зависимость (3); ● – экспериментальные данные [2]; □ – результаты численного эксперимента для положительных углов атаки; ■ – результаты численного эксперимента для отрицательных углов атаки

Анализ этих зависимостей свидетельствует о том, что в результате влияния вязкости реального потока существенно уменьшаются значения скорости на входе в решетку, при которых происходит запирание горла межлопаточного канала при условии максимального расхода воздуха.

Выводы

1. Сравнение расчетных характеристик режимов «запирания» для решеток аэродинамических профилей с экспериментальными данными свидетельствует о достаточной корректности предложенной методики расчета.

2. Результаты вычислительного эксперимента показали, учет реальных параметров газового потока при расчете аэродинамических характеристик компрессорных решеток позволяет более достоверно определять границу «запирания» межлопаточных каналов по расходу воздуха.

Список литературы: 1. Терещенко, Ю. М. Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов компрессоров [Текст] / Ю. М. Терещенко. – М.: Машиностроение, 1987. – 168 с. 2. Бунимович, А. И. Аэродинамические характеристики плоских компрессорных решеток при большой дозвуковой скорости [Текст] / А. И. Бунимович, А. А. Святогоров // Лопаточные машины и струйные аппараты. – 1967. – № 2. – С. 5–35. 3. 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. Outa // Journal of Thermal Science. – 2011. – Vol. 20, Issue 1. – P. 6–12. doi: 10.1007/s11630-011-0427-z. 4. 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. 5. Ohta, Y. Unsteady behavior of surge and rotating stall in an axial flow compressor [Text] / Y. Ohta, Y. Fujita, D. Morita // Journal of Thermal Science. – 2012. – Vol. 21, Issue 4. – P. 302–310. doi: 10.1007/s11630-012-0548-z. 6. Du, J. Numerical study on the influence mechanism of inlet distortion on the stall margin in a transonic axial rotor [Text] / J. Du, F. Lin, J. Chen, S. C. Morris, C. Nie // Journal of Thermal Science. – 2012. – Vol. 21, Issue 3. – P. 209–214. doi: 10.1007/s11630-012-0537-2. 7. 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. 8. 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.

Bibliography (transliterated): 1. Tereschenko, Yu. M. (1987). Ajerodinamicheskoe sovershenstvovanie lopatochnyh apparatov kompressorov. Moscow, USSR: Mashinostroenie, 168. 2. Bunimovich, A. I., Svyatogorov, A. A. (1967). Ajerodinamicheskie harakteristiki ploskikh kompressornyh reshetok pri bol'shoj dozvukovoj skorosti. Lopatochnye mashiny i strujnye apparaty, 2, 5–35. 3. Hara, T., Morita, D., Ohta, Y., Outa, 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. 4. 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. 5. Ohta, Y., Fujita, Y., Morita, D. (2012). Unsteady behavior of surge and rotating stall in an axial flow compressor. Journal of Thermal Science, 21 (4), 302–310. doi: 10.1007/s11630-012-0548-z. 6. Du, J., Lin, F., Chen, J., Morris, S. C., Nie, C. (2012). Numerical study on the influence mechanism of inlet distortion on the stall margin in a transonic axial rotor. Journal of Thermal Science, 21 (3), 209–214. doi: 10.1007/s11630-012-0537-2. 7. Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy viscosity turbulence models for engineering applications. AIAA J., 32 (8), 1598–1605. doi: 10.2514/3.12149. 8. Bojko, A. V., Govorushchenko, Ju. N., Burlaka, M. V. (2012). Primenenie vychislitel'noj ajerodinamiki k optimizacii lopatok turbomashin. Har'kov, Ukraine: NTU «ХПИ», 192.

Поступила (received) 05.08.2014

O. С. КРОЛЬ, канд. техн. наук, доц., Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск;

В. В. ЖУРАВЛЕВ, студент, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Луганск

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТЫ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ШЕСТИШПИНДЕЛЬНОЙ РЕВОЛЬВЕРНОЙ ГОЛОВКОЙ

Построены 3D-модели специализированного вертикального фрезерно-сверлильного станка второго типоразмера модели СФ16МФ3 в интегрированной САПР КОМПАС-3D и проведено комплексное исследование напряженно-деформированного состояния деталей привода главного движения и револьверной головки в модулях APM SHAFT, APM BEAR и APM STRUCTURE 3D.

Ключевые слова: 3D-модель, станок, шпиндель, жесткость, опора, САПР

Введение. По конструкции металлорежущие станки (МРС) с ЧПУ существенно отличаются от МРС универсальных наличием, как специфических узлов, так и принципом их построения, суть которого состоит в отсутствии "жестких" кинематических связей между узлами станка, обеспечивающих кинематику формообразования [1]. Эта особенность МРС с ЧПУ связана с построением таких механизмов, как механизмы смены инструмента и заготовок. Альтернативой таких механизмов могут стать многошпиндельные револьверные головки специализированных фрезерных станков с ЧПУ.

Повышение уровня сложности проектов в станкостроении, создание конкурентоспособных конструкций предполагает широкое использование различных систем автоматизированного проектирования. В технологии процесса проектирования важное значение приобретают процедуры построения 3D-моделей и параметрических представлений деталей и сборочных единиц. В современных системах автоматизированного проектирования «среднего» и «тяжёлого» класса наличие параметрической модели заложено в идеологию самих САПР. Существование параметрического описания объекта является базой для всего процесса проектирования [2]. Практически у всех систем, таких как Autodesk Mechanical Desktop, Unigraphics, CATIA, I-DEAS и т.д., используется один параметризатор английской фирмы D-CUBED.

Эффективные редакторы 3D-моделирования внедряются в практику станкостроения. В последнее время прогрессирует интегрированная САПР КОМПАС 3D, оснащенная собственным параметризатором. [3].

Наряду с геометрическим моделированием необходимо проведение всестороннего инженерного анализа проектируемого объекта с использованием инструментов САЕ-анализа, а также осуществление комплекса расчетов по критериям прочности и жесткости. Нужны программы дающие представления о напряжено-деформированном состоянии формообразующих деталей и узлов станка. Такой программный комплекс представляет известная CAD/CAE система APM WinMachine [4].

Начиная с версии КОМПАС 3D v.13 в ее состав интегрирован модуль АРМ FEM, являются составной частью единой среды проектирования и анализа с использованием ассоциативной геометрической модели, единой библиотеки материалов и общего с КОМПАС-3D интерфейса [5].

Эффективность процесса создания металлорежущих станков зависит от уровня качества формообразующих узлов [6, 7]. Шпиндельный узел (ШУ) являющийся исполнительным органом несущей системы станка, оказывает решающее влияние на жесткость, виброустойчивость и производительность станка в целом [8, 9]. Оценка точности шпиндельного узла осуществляется с учетом той части, которую вносит ШУ в суммарную погрешность обработки. Эти исследования показали, что в формировании показателей точности взаимного расположения поверхностей и точности формы влияние шпиндельного узла составляет соответственно 50 ... 80% и 60 ... 90 в общем распределении точности станка.

Цель работы. Целью данной работы является совершенствование процесса проектирования привода главного движения специализированного фрезерного станка с ЧПУ за счет использования инструментария 3D-моделирования и параметризации конструкции.

Обсуждение результатов. В качестве объекта исследования рассматривается специализированный вертикальный фрезерно-сверлильный станок второго типоразмера модели СФ16МФ3, который используется в условиях мелкосерийного и серийного производства и предназначен для многооперационной обработки изделий сложного профиля из сталей, чугуна, легких и цветных металлов. Станок оснащен устройством автоматической смены инструмента, которая осуществляется путем поворота шестишпиндельной револьверной головки в нужную позицию по программе.

Для анализа работоспособности конструкции, выбора оптимального варианта проекта и его исследования методом конечных элементов создана 3D-модель станка СФ16МФ3 с шестишпиндельной револьверной головкой (рис.1) в САПР КОМПАС-3D [3].

Эта система автоматизированного проектирования, разработанная группой компаний АСКОН, позволяет реализовать технологию коллективного сквозного 3D-проектирования изделий различного назначения. С ее помощью конструктор может проводить весь спектр необходимых работ от первоначальной трехмерной подготовки своей идеи и детального моделирования конечного изделия до автоматического создания документации и чертежей. Начиная с версии КОМПАС-3D V.13 и выше появляется возможность исследования напряженно-деформированного состояния с помощью интегрированного модуля АРМ FEM, а также осуществлять технологическую подготовку производства и подготовку управляющих программ для станков с ЧПУ.

Разработанный проект в виде 3D-модели станка принимает участие в XII международном конкурсе будущих асов компьютерного 3D-моделирования 2014, проводимым группой компаний АСКОН. Проект включает 791 3D-моделей деталей и 73 сборочных единиц различных узлов и агрегатов станка (рис. 1).

В процессе создания данной модели использованы новейшие

функциональные возможности САПР КОМПАС и специализированных приложений. При разработке таких сложных деталей как корпус станины с коробкой скоростей и корпус шестишпиндельной револьверной головки нашли применения специализированные прикладные библиотеки САПР, что значительно усовершенствовало процесс геометрического моделирования. Использование модуля фотореалистического изображения Artisan Rendering встроенного в КОМПАС формирует соответствующий дизайн и представление о конструкции станка.

Станина станка является базовым узлом, на котором монтируются узлы и механизмы станка. Жесткая конструкция станины достигается за счет развитого основания и большого числа ребер. В верхней части корпуса станины смонтирована коробка скоростей с соответствующим механизмом переключения скоростей (рис. 2, а) и механизм вращения револьверной головкой (рис. 2, б)

Основным формообразующим узлом является шестишпиндельная револьверная головка (рис. 3, а), которая представляет собой чугунный корпус, в радиальных расточках которого закрепляется шесть шпиндельных узлов (рис. 3, б).

Шестишпиндельная револьверная головка является альтернативой достаточно дорогостоящему инструментальному магазину со своим приводом. Это справедливо в случае обработки определенной номенклатуры корпусных изделий. Выбор инструмента осуществляется с помощью специальных кулачков, а поворот головки реализуется посредством зубчатого зацепления с использованием гидродвигателя. При работе станка подвижная часть револьверной головки фиксируется пакетом тарельчатых пружин с постоянным усилием 20580 Н.

В данной работе реализована процедура построения формирования 3D-моделей инструментальной оснастки: для фрезерования (рис. 4, а), развертывания (рис. 4, б), сверления (рис. 4, в), резьбонарезания (рис. 4, г) и других.

Формообразующий шпиндельный узел представляет двухпорную

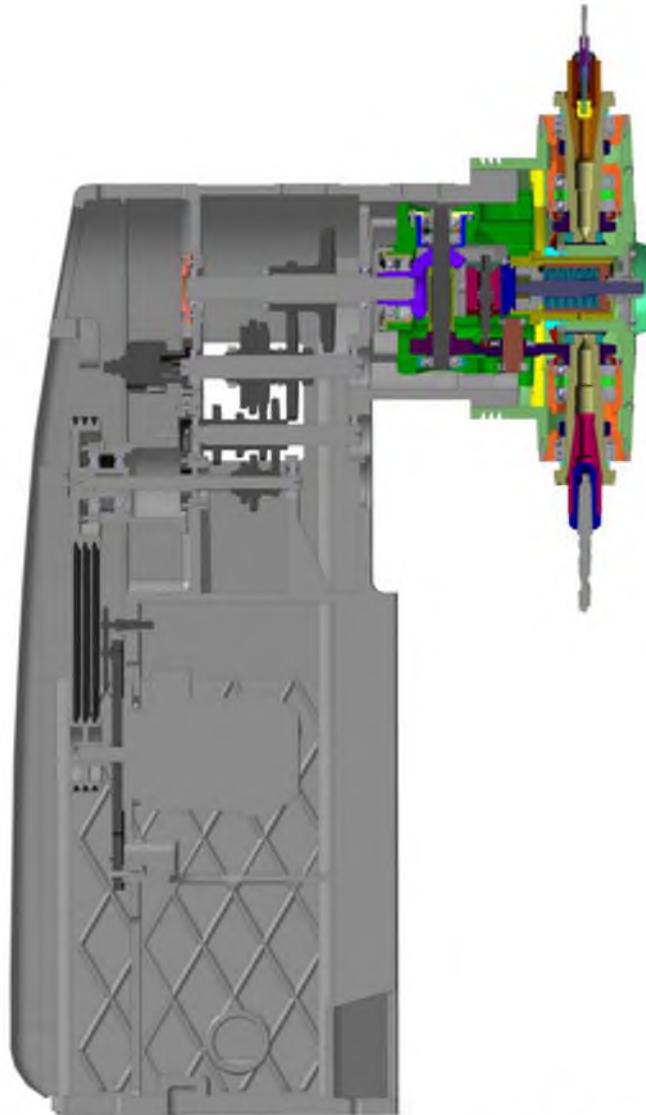


Рис. 1 – 3D-модель станка СФ16МФ3 в системе КОМПАС-3Д

конструкцию [10]. В процессе исследования построена твердотельная модель шпиндельного узла головки (рис. 5). В передней опоре шпинделя установлен высокоточный радиально-упорный двухрядный конический роликовый подшипник, который воспринимает радиальные и двухсторонние осевые нагрузки и характеризуется допустимой

радиальной нагрузкой в 1,7 раза выше, чем у соответствующего однорядного подшипника. Кроме этого, он обеспечивает повышенную жесткость опоры. В задней опоре установлены сдвоенные радиально-упорные шарикоподшипники, которые воспринимают радиальные комбинированные и двусторонние осевые нагрузки, что в свою очередь позволяет применять их в плавающих опорах без фиксирования наружных колец в осевом направлении. Поэтому их эффективно использовать в узлах с большими осевыми усилиями при относительно высоких частотах вращения.

При монтаже задней опоры выбрано X-образное соединение радиально-упорных шарикоподшипников («лицевыми» сторонами) с использованием предварительного натяга в виде проставочных колец разной ширины. Регулировка колец позволяет уменьшить избыточный нагрев опор. При этом следует увеличить ширину проставочной втулки между внутренними кольцами подшипника (заменить ее) либо уменьшить на величину перешлифовки ширину проставочной втулки между наружными кольцами. В практике станкостроения величина перешлифовки зависит от диаметра отверстия подшипника. Для внутреннего диаметра в диапазоне от 70 до 100 мм – величина перешлифовки составляет порядка 6 мкм.

Комплексное исследование привода главного движения эффективно осуществить в интегрированной САПР АРМ WinMachine, разработанной в научно-техническом центре НТЦ АРМ [4]. Система предназначена для автоматизированного расчета и проектирования механического оборудования и

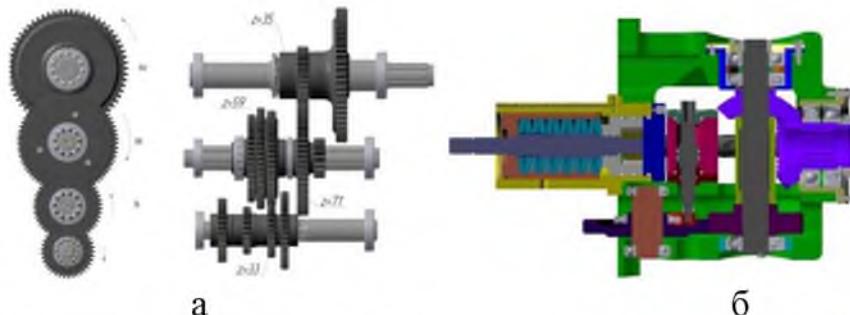


Рис. 2 – Модели узлов станка: а – коробка скоростей; б – механизм вращения



Рис. 3 – 3D-модели формообразующих узлов: а – шестишпиндельная револьверная головка; б – шпиндельный узел

конструкций в области машиностроения, разработанная с учетом последних достижений в вычислительной математике, области численных методов и программирования, а также теоретических и экспериментальных инженерных решений. Система построена по модульному принципу и позволяет провести инженерные расчеты шкивов, валов, зубчатых колес, подшипников и других деталей привода станка.

Особенностью модуля АРМ GRAPH является наличие встроенного параметризатора, обеспечивающего увеличение производительности, с одной стороны и повышение качества принимаемых проектных решений - с другой. В современных системах «среднего» и «тяжёлого» класса наличие параметрической модели заложено в идеологию самих САПР. Существование параметрического описания объекта является базой для всего процесса проектирования [11]. Параметрическая модель представляет собой последовательность чертежных команд с указанными параметрами. Параметры задаются либо численно, либо через математические выражения.

С помощью средств параметризации реализовано построение параметрической модели ступенчатого вала [12], на каждой ступени которого формируются аналитические выражения с помощью синтаксиса системы САПР АРМ WinMachine.

Такие выражения и их графическая интерпретация для ступеней, на которых монтируются опоры и блоки зубчатых колес представлены на рис. 6, а, б.

На входной ступени вала станка СФ16МФ3 (первая ступень под открытую передачу), на который монтируется шкив ременной передачи, окружное закрепление шкива ременной передачи осуществляется посадками, шпоночным соединением и соединениями с натягом.

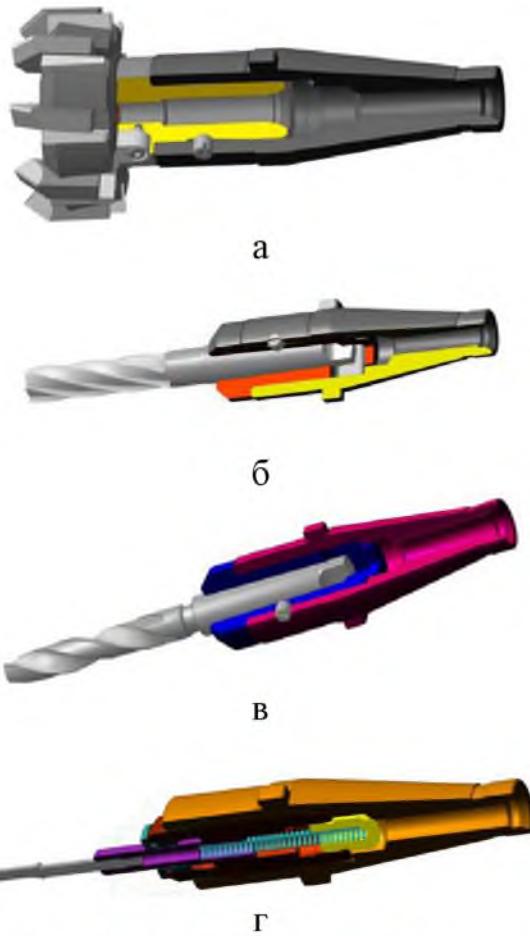


Рис. 4. – Инструментальная оснастка:
а – фрезерная оправка; б – оправка с
разверткой; в - сверлильная оправка; г
– оправка для резьбонарезания

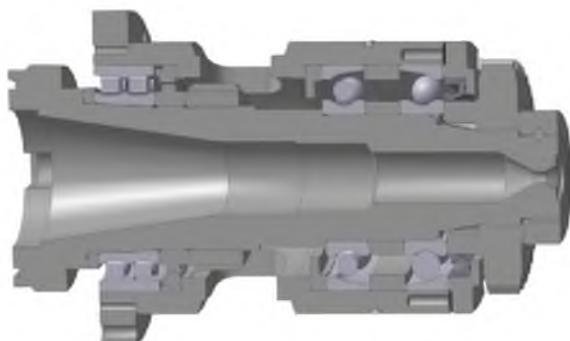


Рис. 5. – 3D-модель шпиндельного
узла станка СФ16МФ3

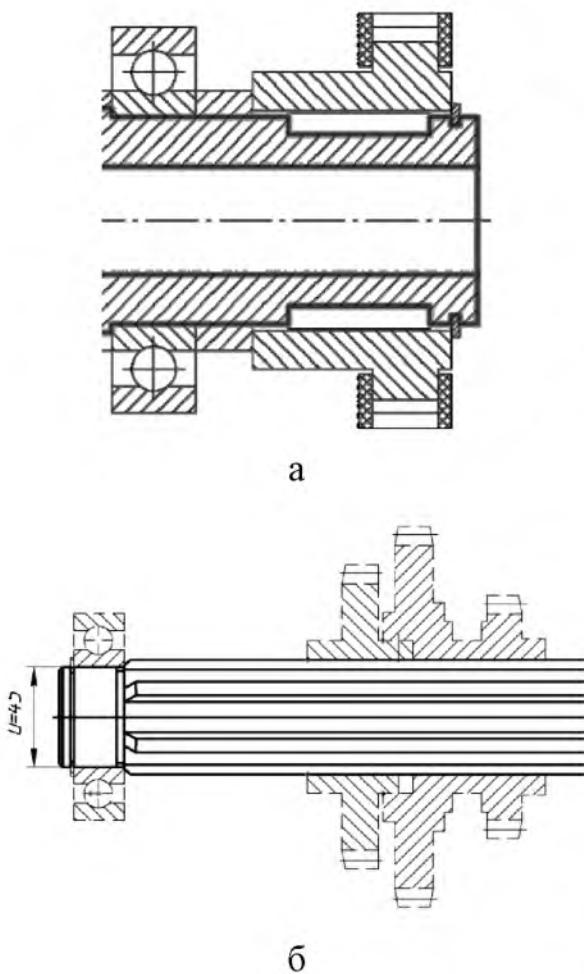


Рис. 6 – Формирование моделей ступеней вала:

а – ступень под опору

$$d22 = (d1 + 2*t1)/5$$

$$d21 = \text{abs}(\text{floor}(d22)-d22)$$

$$d2 = (\text{floor}(d22)*5)*(d21 >= .01 \& d21 < .5) + (\text{ceil}(d22)*5)*(d21 >= .5 \& d21 < .99);$$

б – ступень под блок зубчатых колес

$$b3 = 8*(ls1 > 4 \& ls1 < = 8) + 10*(ls1 > 8 \& ls1 < = 10) \\ t3 = 3.5*(d3 > 17 \& d3 < 24) + 4*(d3 > = 24 \& d3 < 30).$$

В окне команд вызов определенного варианта осевой фиксации осуществляется за счет формирования условия выполнения команды. При построении параметрической модели переходного участка между двумя ступенями вала следует учитывать ряд соотношений между диаметральными размерами ступеней и параметрами переходных участков.

Аналогичным путем формируются параметрические модели шкивов [13] и зубчатых колес [12].

Рассмотрим решение задачи расчета валов коробки скоростей в среде специализированного модуля APM SHAFT [11], который позволяет выполнить весь цикл проектирования валов и осей, начиная от разработки конструкции и

Осеневая фиксация шкива на валу может выполнять одним из следующих способов:

а) силами трения, возникающими в посадках с большим натягом;

б) установочным винтом с цилиндрическим концом, для которого на валу выполняется цилиндрическое гнездо; при этом на поверхности ступицы шкива протачивают узкую канавку для предотвращения от самопроизвольного вывинчивания; планкой, входящей в поперечный паз, выполненный в шпонке;

в) пружинными упорными кольцами.

Наличие двух параметрических моделей вала и шкива ременной передачи позволяет эффективно решать конструкторские проблемы монтажа этих деталей и их осевой фиксации. Как известно, при малых расчетных диаметрах ведомого шкива $d_{p2} \leq 100$ мм используется монолитная конструкция шкива (рис. 7, а).

Предпочтительным способом осевой фиксации при этом является применение гаек с шлицевыми пазами (рис. 7, б). В этом случае возникает необходимость в добавлении еще одной ступени вала с резьбой (рис. 7, а). Различные варианты осевой фиксации реализуются в параметрической модели за счет выбора конструкции ступицы шкива по критерию отношения длины ступицы к диаметру – удлиненная ступица в первом случае, в противном случае – укороченная.

заканчивая статическим и динамическим расчетом. В этом модуле деформированное состояние вала описывается методом Мора, а раскрытие статической неопределенности осуществляется методом сил.

Для оценки жесткости и прочности разработана конструктивная и расчетная схемы выходного вала и построены эпюры моментов (рис.8, а) перемещений (рис.8, в; г), углов поворота (рис.8, б), напряжений (рис.8, д) и коэффициентов запаса по усталостной прочности (рис. 8, е) для двух вариантов представления опор – жесткой шарнирной опоры и упругой опоры.

Анализ перемещений и углов поворота в различных сечениях вала на жестких шарнирных опорах показывают, что их значения находятся в пределах допустимых: $[\theta] = 0,029^0$; $[y] = 0,1276$.

$$\Theta_{\max} = 0,0118^0 < [\theta]; y_{\max} = 0,032 \text{ мм} < [y].$$

Шпиндельные узлы как конечные звенья привода главного движения станка оцениваются по комплексу критериев: нагружочная способность, точность, жесткость и надежность. Известен ряд работ [14, 15], которые используют приближенные и уточненные методы расчета, основанные, в основном, на использовании алгоритмов матричного исчисления и численных методов начальных параметров. При этом самое распространенное представление шпиндельного узла рассматривает его как линейно-деформированную систему, в которой перемещение узлов шпинделя выражается в виде линейной функции прилагаемых сил, не позволяет решить комплексно эту задачу. Усложнение расчетов шпиндельных узлов на жесткость и сопротивление пластическим деформациям с учетом распределения и режимов изменения напряжений и перемещений, требует применения развитых систем автоматизированного проектирования.

Одним из эффективных средств решения трудоемких проектных заданий по созданию оптимальных машиностроительных конструкций есть модуль АРМ Structure 3D [11]. Этот модуль предназначен для анализа упруго деформированного состоянию произвольных трехмерных машиностроительных конструкций, которые состоят из стержневых, пластинчатых, оболочных и объемных элементов в их произвольной комбинации. Расчет выполняется численным методом - методом конечных элементов (МКЭ) и позволяет рассчитывать величины напряжений и деформаций в любой точке конструкции с учетом собственного веса каждого из элементов и с учетом концентраторов напряжений.

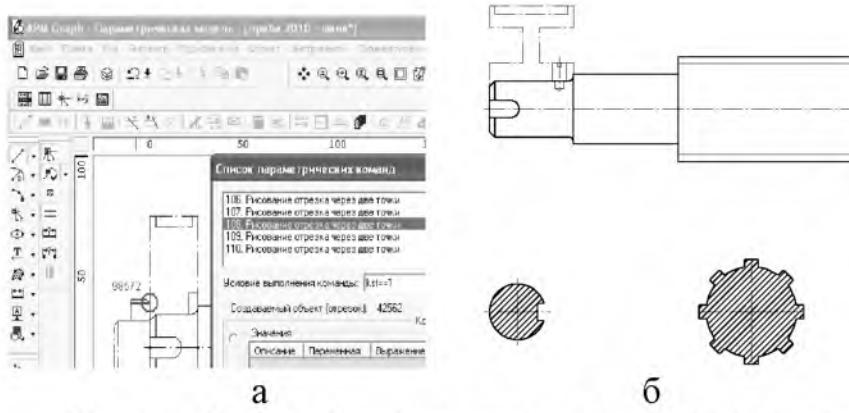


Рис.7. – Осевая фиксация шкива: а – монолитная конструкция; б – дисковая конструкция

а

б

а

б

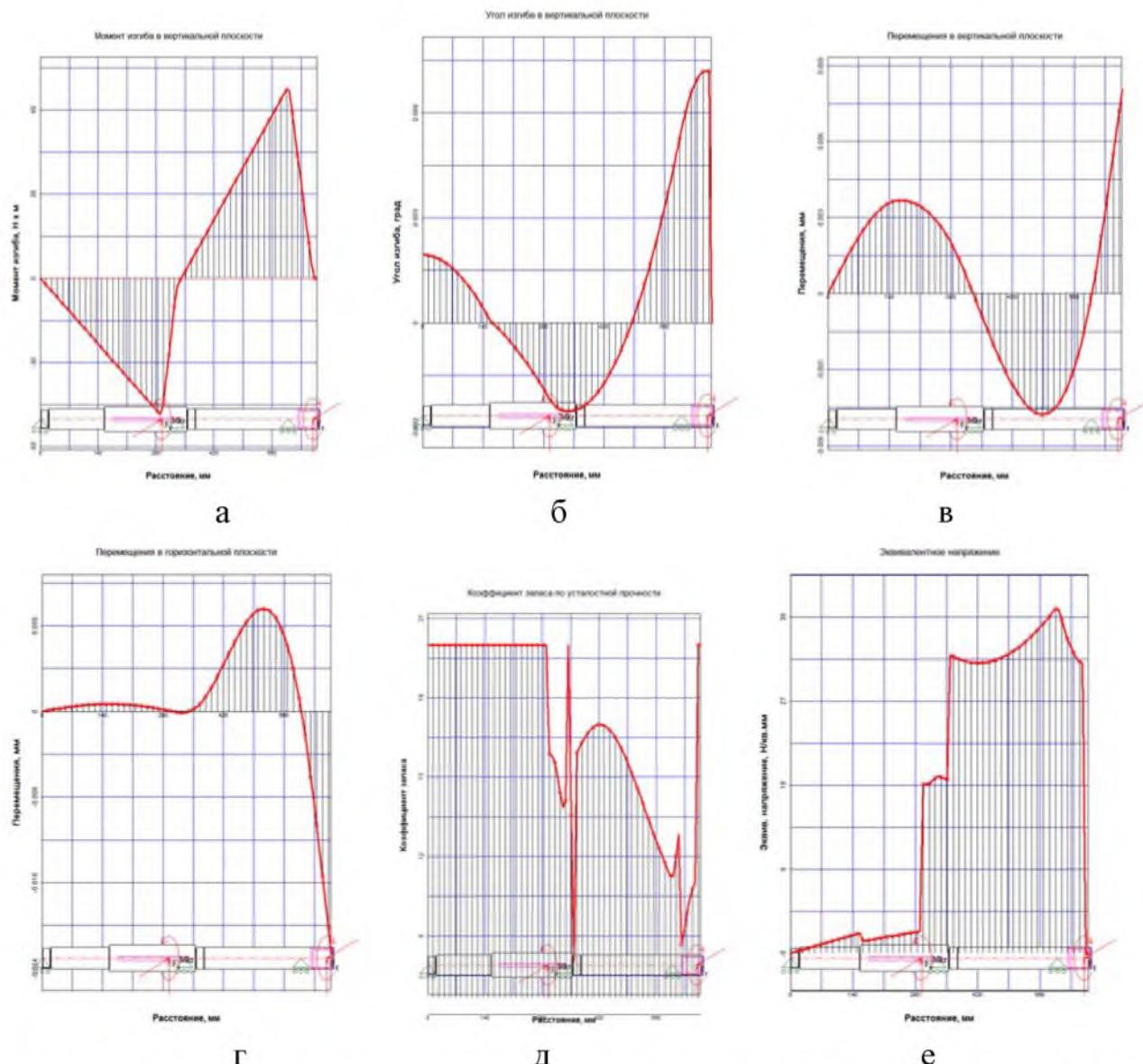


Рис. 8 – Результаты расчета выходного вала: а – момент изгиба; б – угол изгиба; в – перемещений в вертикальной плоскости; г - перемещений в горизонтальной плоскости; д – коэффициент запаса по усталостной прочности; е – эквивалентных напряжений

Определение неизвестных силовых факторов в каждом из узлов и внутренних силовых факторов в пределах каждого конечного элемента обеспечивает информацию для расчета шлицевых, резьбовых и других соединений.

Рассмотрим задачу моделирования вертикального шпинделя привода главного движения фрезерного станка модели СФ16МФ3. В процессе моделирования в среде APM Structure 3D создается «проводочная» модель конструкции (рис. 9),

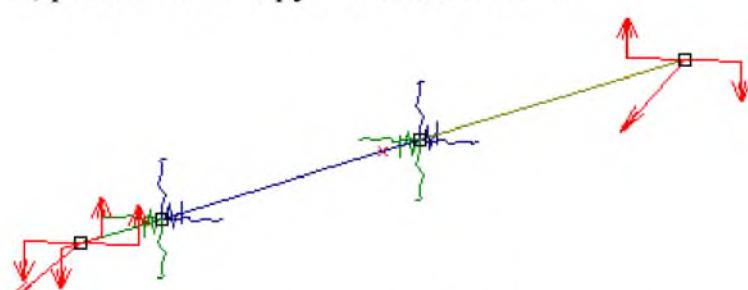


Рис. 9 – Проволочная модель шпинделя

в которой каждый стержень изображен в виде линии, которая располагается по центру веса будущего пересечения.

Каждый стержень имеет конкретные размеры и соединяется с помощью узлов с другими стержнями конструкции шпинделя, твердотельная и каркасная модель которого изображена на рис 10, а; б.

Для проведения расчета этой конструкции необходимо дополнительно задать: поперечные сечения

каждому из стержней (рис. 11); опоры для созданной конструкции, которые определяют ее положение в пространстве; внешние нагрузки, которые действуют на конструкцию (включая собственный вес ее элементов); параметры материала элементов конструкции.

Расчет в среде APM Structure 3D позволяет оценить полную картину напряженно-деформированного состояния вала в любом его сечении, включая оценку нагрузок, силовые факторы и др., представленные в табл. 1 – табл.6.

Таблица 1 – Нагружения в узлах: (Нагружение 0)

N	Тип	Номер узла	Проекции			Модуль
			на x	на у	на z	
0	сила , Н	0	-6442.00	0.00	-5187.00	8270.69
1	сила , Н	3	-2355.00	0.00	-2616.00	3519.87

Таблица 2 – Перемещения в узлах: (Нагружение 0)

N	Линейное перемещение [мм]			Угловое перемещение [Град]		
	x	y	z	x	y	z
0	-0.0707	6.56e-038	-0.0576	0.0251	-0.0454	-0.0297
1	-0.0504	6.56e-038	-0.0412	0.0135	-0.00234	-0.0182
2	-0.0226	2.54e-037	-0.0219	-0.000167	0.00946	-0.00135
3	-0.0254	3.1e-021	-0.0293	-0.00428	0.0191	0.00236

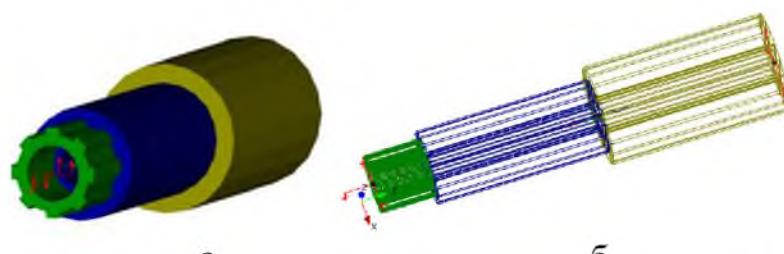


Рис. 10 – Модели шпинделя в APM Structure 3D:
а – твердотельная; б – каркасная

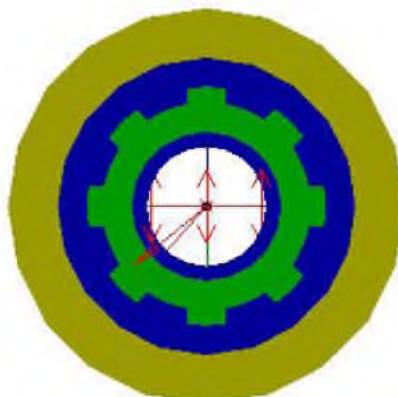


Рис. 11 – Поперечные сечения шпинделя

Таблица 3 – Индекс стержня 0 (Rod 0)

Узел	Сила [Н]			Момент [Н*м]		
	Fx (осевая)	Fy	Fz	Mx кручение	My	Mz
0	-0.00	5187.00	6442.00	347.00	0.00	-29.00
1	-0.00	5187.00	6442.00	347.00	-289.89	-262.41

Таблица 4 – Индекс стержня 1 (Rod 1)

Узел	Сила [Н]			Момент [Н*м]		
	Fx (осьова)	Fy	Fz	Mx (крутилля)	My	Mz
1	0.00	1485.91	1894.83	138.92	-121.73	-102.34
2	0.00	1485.91	1894.83	138.92	-390.79	-313.34

Таблица 5 – Индекс стержня 2 (Rod 2)

Узел	Сила [Н]			Момент [Н*м]		
	Fx осевая	Fy	Fz	Mx кручение	My	Mz
2	-0.00	-2616.00	-2355.00	347.00	-346.18	-384.55
3	-0.00	-2616.00	-2355.00	347.00	0.00	-0.00

Общая масса конструкции 7.89 кг;

Максимальное перемещение 0.09 мм (Rod 0) (Нагружение 0).

Таблица 6 – Напряжение в стержне (макс.) [МПа] (Нагружение 0)

N	Обозначение	Узлы	Экв. напряжение
0	Rod 0	0,1	124
1	Rod 1	1,2	24.7
2	Rod 2	2,3	12.2

Максимальное напряжение 123.6 МПа (Rod 0) (Нагружение 0)

Инструментарий модуля APM Structure 3D позволяет выполнить комплексный расчет шпинделя станка СФ16МФ3. На рис. 12 изображенные эпюры моментов изгиба (рис. 12, а) и поперечных сил (рис. 12, б)

Упруго - деформированное состояние в произвольном сечении шпинделя позволяет определить метод конечных

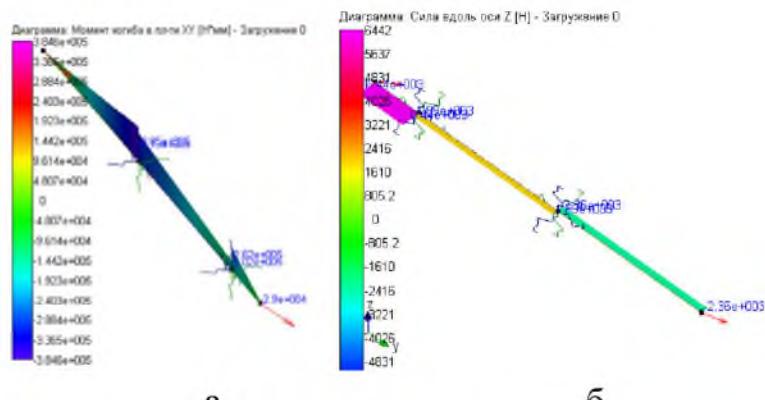


Рис.12 – Результаты прочностного расчета: а – эпюры изгибающих моментов; б – эпюры поперечных сил

элементов (МКЕ). С помощью метода МКЕ построены поля напряжений и поля перемещений шпинделя (рис. 13, а, б, в)

Анализ полученных результатов позволяет выбрать наилучшие конструктивные решения, работая с разными нагрузлениями и их комбинациями. При этом, появляется возможность проектировать конструкции близкие к равнопрочным по критериям прочности, жесткости, и виброустойчивости.

Комплексный расчет роликового двухрядного радиального подшипника 3182116 ГОСТ 7634-75) осуществим в модуле APM Bear [11]. В этом модуле реализован новый подход к расчету подшипников, в котором учитывается существенно статистическая природа процессов, вызванная наличием погрешности формы поверхностей в реальном контакте между телами качения и дорожками качения. Амплитуда этих погрешностей сопоставима с величиной контактных перемещений, что делает, в этом случае, непригодными классические методы решения контактной задачи.

В APM Bear рассчитывается выборочная реализация контактных перемещений подшипника, состоящая из 100 элементов. Используя эту реализацию можно определить средние значения перемещений и жесткости, их дисперсии, максимальные, минимальные и наиболее частые значения, форму полей рассеивания и т.д.

В результате выполнения комплексных расчетов получены значения расчетных параметров передней опоры шпинделя на наиболее нагруженном роликовом двухрядном подшипнике 3182116 ГОСТ 7634-75 (рис. 14, а), распределение нормальных сил для одного из вариантов (итерация № 3) виртуального положения центра подшипника (рис. 14, б), гистограмму радиальных биений (рис. 14, в) и поле комбинированных осевых и радиальных биений (рис. 14, г).

Согласно расчетам, перемещения в передней опоре (при фиксированной жесткости $j = 98000 \text{ Н/мм}$) приближаются к допустимым значениям. Вместе с тем, наличие деталей, обеспечивающих осевую фиксацию (распорные втулки, кольца) повышают жесткость шпиндельного устройства, что позволяет считать рассматриваемый вариант конструкции удовлетворяющим критерию жесткости.

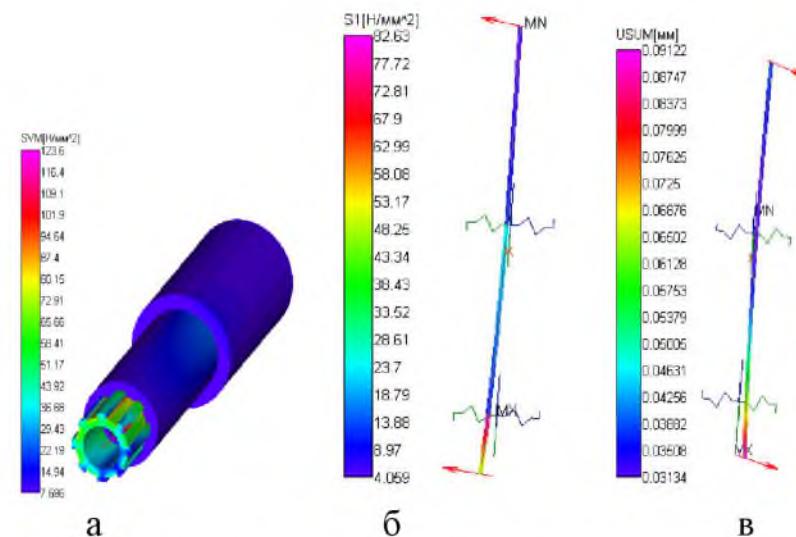
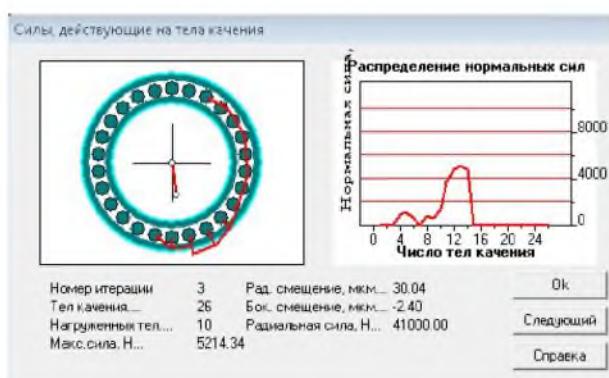


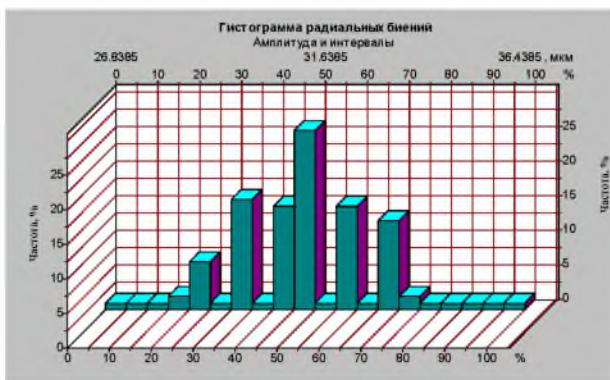
Рис. 13 – Выходные характеристики шпинделя: а - поля эквивалентных напряжений; б - поля главных напряжений; в - поля перемещений

Средняя долговечность	2511	час
Максимальное контактное напряжение	1285	МПа
Выделение тепла	59628	Дж/час
Динамическая грузоподъемность	127831	Н
Радиальные биения	31.478	мкм
Боковые биения	0.216	мкм
Момент трения	0.989	Н × м
Потери мощности	16.564	Вт

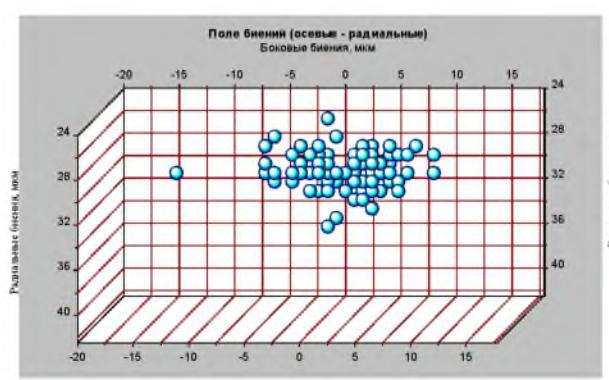
а



б



в



г

Рис. 14 – Результаты расчета передней опоры шпинделья: а – расчетные параметры; б – распределение нормальных сил; в – гистограмма радиальных биений; г - поле биений (осевые-радиальные)

Выводы

1. Проведено комплексное исследование конструкции специализированного вертикального фрезерно-сверлильного станка второго типоразмера модели СФ16МФ3 с использованием геометрического моделирования в САПР КОМПАС и инженерного анализа проектируемого объекта с использованием модулей САПР APM WinMachine.

2. Построена 3D - модель станка и его формообразующих узлов в системе КОМПАС-3D, дающая реальное представление о конструкции и являющаяся основой для проектных расчетов и исследования работоспособности станка.

3. Выполнен всесторонний анализ напряженно – деформированного состояния шпинделья станка в модуле APM STRUCTURE-3D методом конечных элементов. Построены поля эквивалентных напряжений и перемещений в различных сечениях проектируемого объекта, что дает возможность проводить экспресс – анализ конструкции по критериям прочности и жесткости.

Список литературы: 1. Таратынов, О. В. Проектирование и расчет металорежущих станков на ЭВМ: Учебное пособие для вузов [Текст] / О. В. Таратынов, О. И. Аверьянов, В. В. Клепиков и др. – М.:МГИУ,2002. – 384 с. 2. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст] / К.Ли. – СПб:

Питер, 2004. – 560 с. **3.** Ганин, Н. В. Трехмерное проектирование в КОМПАС-3D [Текст] / Н. В. Ганин. – М.: ДМК, 2012. – 776 с. **4.** Шелофаст, В. В. Основы проектирования машин [Текст] / В. В. Шелофаст – М.: АПМ, 2005. – 472 с. **5.** Магомедов, А. Интегрированный конечно-элементный анализ в КОМПАС-3D/ А. Магомедов, А. Алексин // CAD/CAM|CAE observer/ – 2010/ – #8(60)/ – С. 1-5. **6.** Бушуев, В. В. Основы конструирования станков [Текст] / В. В. Бушуев. – М.: Станкин, 1992. – 520 с. **7.** Проников, А. С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Справочник-учебник в 3-х т. Т.1. Проектирование станков [Текст] / А. С. Проников, В. В. Бушуев, В. Э. Пуш и др. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 1994. – 444 с. **8.** Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э.Пуша. – М.: Машиностроение. – 1986. – 586 с. **9.** Пуш, А. В. Шпиндельные узлы. Качество и надежность [Текст] / А. В. Пуш. – М.: Машиностроение, 1992. – 288 с. **10.** Krol, O. Modeling of spindle for turret of the specialized tool type SF16MF3 [Text] / O. Krol, V. Zhyravlev // TEKA Commisionof Motorization and Energetic in Agriculture. –Vol.13. – № 4. – Lublin, Poland. - Р. 134 – 142. **11.** Замрий, А. А. Практический учебный курс CAD/CAE APM WinMachine. Учебно-методическое пособие. [Текст] / А.А. Замрий – М.: Изд-во АПМ, 2007. – 144 с. **12.** Кроль, О. С. Параметрическое моделирование металлорежущих станков и инструментов: монография [Текст] / О. С. Кроль. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля, 2012. – 116 с. **13.** Кроль, О. С. Построение параметрических моделей ременных передач с использованием системы APM WINMACHINE [Текст] / О. С. Кроль // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – Х: – 2012. № 2/7(62). – С. 61 – 63. **14.** Попов, В. И. Динамика станков [Текст] / В. И. Попов, В. И. Локтев. – Киев: Техника, 1975. – 136 с. **15.** Орликов, М. Л. Динамика станков [Текст] / М. Л. Орликов. – К.: Вища шк., 1989. – 272 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Taratinov, O. V., Averyanov, O. I., Klepikov, V. V. (2002). Planning and calculation of metal-cutting machine tools on Computer: Train aid for institutions of higher learning. Moscow: Publishing house MGIU, 384. **2.** Li, K. (2004) Bases are CAD (CAD/CAM/CAE). Sankt PiterBurg: Publishing house Piter, 560. **3.** Ganin, N. V. (2012). The three-dimensional design in KOMPAS- 3D. Moscow: Publishing house DMK, 384. **4.** Shelofast, V. V. (2005) Bases of design of machines. Moscow: Publishing house APM, 472. **5.** Magomedov, A., Alehin, A. (2010). The Integrated finite-element analysis in KOMPAS-3D. J. CAD/CAM/CAE observer, 8(60), 1 – 5. **6.** Bushuev, V. V. Bases of design of machine-tools (1992). Moscow: Publishing house Stankin, 520. **7.** Pronikov, A. S., Bushuev, V. V., Push, V. E. (1994). Designing of metal-cutting machine tools and machine-tool systems. Book-textbook in 3 t. T.1. Designing of machine-tools. Moscow: Publishing house MGTU, 444. **8.** Metal-cutting machine tools: Textbook for machine-building vtuzov / Under red. V. E. Push. Moscow: Publishing house Engineer, 586. **9.** Push, A. V. Spindle's node. Quality and reliability (1992). Moscow: Publishing house Mashinebuilding, 288. **10.** Krol, O., Zhyravlev, V. (2013). Modeling of spindle for turret of the specialized tool type SF16MF3. J. TEKA Commisionof Motorization and Energetic in Agriculture, V. 13, 4, 134 – 142. **11.** Zamry, A. A. (2007). Practical educational course of CAD/CAE APM WinMachine. Study-methodical manual. Moscow: Publishing house APM, 144. **12.** Krol, O.S. (2012). Parametrical modeling of metal-cutting machine tools and instruments : monograph. Lugansk: Publishing house VNU the name of V. Dahl, 116 p. **13.** Krol, O. S. (2012) Construction of parametrical models of belt transmissions with the use of the system APM WINMACHINE. J. East Europe Magazine of Front-rank Technologies, 2/7(62), 37-51. **14.** Popov, V. I., Loktev, V. I. (1975). Dynamics of machine-tools. Kyiv: Publishing house Technique, 136. **15.** Orlikov, M. L. (1989). Dynamics of machine-tools. Kyiv: Publishing house Vischa sch., 272 p.

Поступила (received) 12.08.2014

В. М. БІЛАН, магістр, НТУУ «КПІ», Київ;

О. Г. КИСЕЛЬОВА, канд. техн. наук, доц., НТУУ «КПІ», Київ;

О. Я. БЕСПАЛОВА, канд. біол. наук, п. н. с., ДУ НІССХ ім. М.М. Амосова, Київ

СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ ІМУНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стаття присвячена розробці діагностичного методу своєчасного прогнозування розвитку серцево-судинних захворювань на основі даних імунологічних досліджень. Досліджено зв'язок імунного статусу людини з серцево-судинними захворюваннями та виявлено закономірності патогенезу імунологічних маркерів у залежності від захворювань серця, а саме при ішемічній хворобі серця та кардіоміопатії. Розроблено алгоритм оцінки стану серцево-судинної системи людини на основі інформативності показників імунного статусу організму.

Ключові слова: імунний статус, кардіоміопатія, ішемічна хвороба серця, патогенез, загальний аналіз крові, імунологічне дослідження, ехокардіографія, автоматизована діагностична система.

Вступ. Захворювання серцево-судинної системи є самими поширеними у світі та займають перше місце серед причин втрати працездатності та смерті хворих [1].

Проблеми хвороби серця визначаються зростаючою захворюваністю населення ішемічною хворобою серця (ІХБ), кардіоміопатією (КМП), а також високою смертністю від цих захворювань. Крім того, складність діагностики характеризується складністю своєчасності через недостатність клінічної симптоматики та відсутності чітких критеріїв діагностики.

Оскільки імунна система піддається негативній дії зовнішніх і внутрішніх патогенних факторів, імунний компонент є представленим у розвитку будь-якого захворювання. На перших стадіях захворювання зазначені зміни є діагностичними, потім стають патогенетичними [2].

Одним із найбільш перспективних підходів до вивчення зв'язку імунної системи та патологічних порушень серця є визначення клітинних факторів імунітету, вмісту Т-лімфоцитів ($CD3^+$), Т-хелперів ($CD4^+$), Т-супресорів ($CD8^+$), В-лімфоцитів ($CD22$) [3, 4]. Вивчення динаміки змін цих показників може показати як саме вони реагують на патологічні зміни серця.

Довгий час питання етіології, патогенезу, профілактики і лікування хвороб систем кровообігу вивчалися переважно в клінічних умовах і в експерименті. У зв'язку з цим виникла необхідність спеціального підходу, а саме – епідеміологічного, до вивчення таких хвороб [5]. Незважаючи на значні результати, досягнуті фундаментальною і клінічною кардіологією, досі в клінічну практику не впроваджено клітинні та молекулярні предиктори ушкодження міокарду і прогнозування результату ІХС та КМП [6, 7].

Аналізуючи проведені дослідження [8 – 11], особливу увагу привертають імунологічні аспекти патогенезу ІХС та КМП. Однак до останнього часу не

запропоновано інформативних імунологічних показників, за винятком С-реактивного протеїну [12]. Також, сучасні біохімічні показники, які застосовуються для діагностики загострень ІХС та КМП (тропоніни, міоглобін), відображають процеси некрозу кардіоміоцитів та не є інформативними у попередньому періоді діагностування. Тому, розробка та впровадження заходів, спрямованих на поліпшення діагностики і профілактики захворювань систем кровообігу, залишається актуальною проблемою науковців та лікарів.

Мета дослідження – оцінка діагностичної інформативності імунологічних маркерів порушень серцево-судинної системи людини та реалізація програмної системи автоматизованого аналізу патологій серцево-судинної системи.

Матеріали та методи дослідження. За даними результатів лабораторних та інструментального досліджень на базі відділення біомедичних технологій та електромеханічних проблем серцево-судинної системи ДУ «Національний інститут серцево-судинної хірургії ім. М. М. Амосова» НАМН України, сформовано клінічний матеріал, що включив у себе навчальну та тестову вибірки (табл. 1). Кількість досліджуваних показників імунологічного, загального аналізу крові та ехокардіографії склала 1500. Віковий та гендерний склад вказаних груп цілком порівняльний (табл. 2).

Таблиця 1 – Навчальна та тестова вибірки

Навчальна вибірка	Тестова вибірка
- 1-а група – хворі на ІХС (n=31);	- 1-а група – хворі на ІХС (n=15);
- 2-а група – хворі на КМП (n=44)	- 2-а група – хворі на КМП (n=15)
- 3-я група – контрольна група (донори, практично здорові особи, n=25).	- 3-я група – практично здорові особи (n=15).

Інструментальне дослідження включало в себе ехокардіографію. На основі отриманих ехометричних величин проводиться розрахунок наступних показників КДО (кінцевий діастолічний об'єм), КСО (кінцевий систолічний об'єм), УО (ударний об'єм) та ФВ (фракція викиду).

Лабораторне дослідження включало в себе загальний аналіз крові з визначенням кількості гемоглобіну, еритроцитів, лейкоцитів та ШОЕ; імунологічний аналіз крові (імунограма) з визначенням лімфоцитів та його субпопуляційного складу. Для визначення загального числа CD3⁺, CD4⁺, CD8⁺ клітин використовували метод фенотипування лімфоцитів в тестах розеткоутворення з частинками покритими моноклональними антитілами.

Для визначення інформативного показника застосовано метод порівняння середніх величин [13]. Обчислення середніх величин є складовою частиною багатьох статистичних методів. Порівняння середніх величин у динаміці дає змогу виявити основні тенденції та закономірності у розвитку процесів [13].

Для визначення достовірності відмінності показників від контрольних, використовувався параметричний критерій Стьюдента, який обчислюється за формулою [14]:

$$t_{st} = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2}{2}}}$$

де M_1 і M_2 – значення порівнюваних середніх арифметичних; t_{et} – величина обчисленого емпіричного критерію, який необхідно порівняти з критичним; m_1 і m_2 – відповідні величини статистичних помилок середніх арифметичних.

У роботі аналізувались дані 100 пацієнтів, середній вік яких склав $47,2 \pm 11,9$ років, серед них 31 хворий на ІХС (середній вік склав $54,9 \pm 12,7$ років), 44 пацієнти – на КМП ($48,6 \pm 13,9$ років) та 25 практично здорових людей – донорів ($35,4 \pm 8,9$ років), які склали контрольну групу (табл. 2).

Таблиця 2 – Вікова характеристика пацієнтів

Досліджувані групи	Вік пацієнтів, років
Середній вік пацієнтів, n=100	$47,2 \pm 11,9$
ІХС, n=31	$54,9 \pm 12,7$
КМП, n=44	$48,6 \pm 13,9$
Донори, n=25	$35,4 \pm 8,9$

Процент хворих ішемічною хворобою серця склав 59%, а кардіоміопатією – 41% від досліджуваних груп пацієнтів.

Отримані результати та їх обговорення. У результаті вивчення гемодинамічних показників серцево-судинної системи показано, що для хворих ІХС і КМП характерно достовірне збільшення КДО та КСО у 2 та 3,5 разиупорівнянні з контрольною групою (табл. 3, рис. 1, а). Дослідження показників показники УО та ФВ показали достовірне зниження значень порівнюючи з контрольною групою (табл. 3, рис. 1 (б – в)).

Таблиця 3 – Співставлення середніх значень показників ехокардіографії

Показник	Досліджувані групи		
	ІХС	КМП	Донори
КДО, мл	$217,81 \pm 84,42$	$203,09 \pm 87,32$	$103,09 \pm 5,32$
КСО, мл	$146,39 \pm 76,66^*$	$133,61 \pm 74,39^*$	$38,61 \pm 4,88$
УО, мл	$65,87 \pm 18,14$	$69,29 \pm 20,68$	$79,29 \pm 20,68$
ФВ, %	$35,26 \pm 12,14^*$	$37,59 \pm 16,13^*$	$67,59 \pm 10,13$

Примітка: $*p < 0,05$ – в порівнянні з контрольною групою.

На рис. 1 представлено графічну інтерпретацію співставлення середніх значень ехометричних величин.

При визначені показників загального аналізу крові у хворих обох груп достовірних відмінностей між показниками досліджуваних груп не виявлено за винятком показників, що характеризують запальний процес (табл. 4). Так у хворих на КМП достовірно збільшена швидкість осідання еритроцитів, що становить $10,27 \pm 1,15$ мм/год, в порівняння з хворими на ІХС $7,29 \pm 1,27$ мм/год, та контрольною групою $7,27 \pm 1,09$ мм/год, $p < 0,05$.

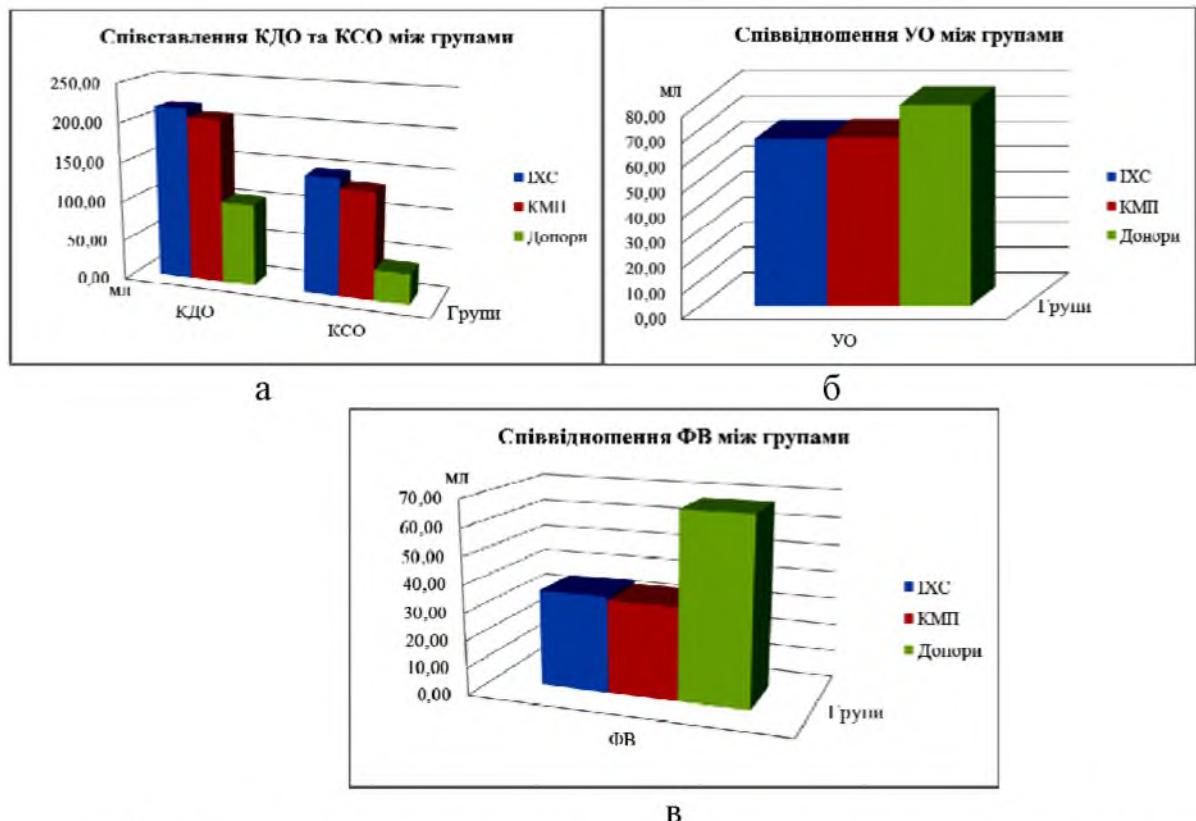


Рис. 1 – Діаграма співставлення середніх значень: а - КДО та КСО між групами; б - УО між групами; в - ФВ між групами

Таблиця 4 – Співставлення середніх значень показників загального аналізу крові

Показник	Досліджувані групи		
	IXС	КМП	Донори
Гемоглобін, Г/л	137,42±18,77	142,39±18,73	135,39±10,73
Еритроцити, Т/л	4,73±0,62	4,73±0,78	4,33±0,78
ШОЕ, мм/год	7,29±1,27	10,27±1,15 * •	7,27±1,09
Лейкоцити, Г/л	9,48±1,08 *	9,19±2,18 *	5,16±1,12

Примітка: * $p<0,05$ – в порівнянні з контрольною групою. • $p<0,05$ – в порівнянні між групами IXС та КМП.

У ході проведеного імунологічного обстеження виявлено у хворих 1-ї та 2-ї груп достовірне збільшення кількості лейкоцитів в порівнянні з контрольною групою (табл. 5, рис. 2).

Так у хворих 1-ї групи цей показник становив $9,50\pm1,05$ Г/л, у хворих 2-ї групи $9,22\pm2,17$ Г/л, у контролі $5,06\pm1,11$ Г/л, $p<0,05$. При цьому у хворих обох груп спостерігалося достовірне зниження

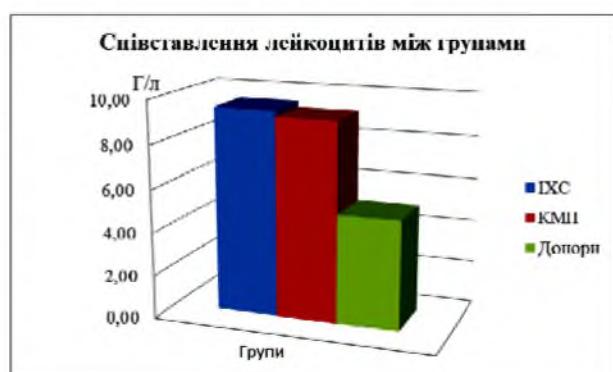


Рис. 2 – Діаграма співставлення значень лейкоцитів між групами

кількості лімфоцитів в порівнянні з контрольною групою і становило: $30,03 \pm 2,47\%$ у першій групі, $28,36 \pm 1,76\%$ в другій групі та $34,36 \pm 2,87$ в контрольній, $p < 0,05$. При порівнянні цих показників між досліджуваними групами достовірних відмінностей не виявлено (табл. 5).

Таблиця 5 – Показники клітинної ланки імунної системи

Показник	Досліджувані групи		
	IХС	КМП	Донори
Лейкоцити, Г/л	$9,50 \pm 1,05$ *	$9,22 \pm 2,17$ *	$5,06 \pm 1,11$
Лімфоцити, %	$30,03 \pm 2,47$ *	$28,36 \pm 1,76$ *	$34,36 \pm 2,87$
CD3(Тл), %	$39,91 \pm 1,24$	$33,48 \pm 2,18$ •	$44,82 \pm 3,98$
CD4(Tx), %	$24,68 \pm 1,28$	$19,23 \pm 1,57$ •	$26,76 \pm 2,99$
CD8(Tс), %	$17,84 \pm 2,79$	$17,18 \pm 1,98$	$14,64 \pm 2,61$
CD4/CD8, %	$1,31 \pm 0,26$	$1,30 \pm 0,51$	$1,21 \pm 0,19$
CD22(Вл), %	$20,56 \pm 2,49$	$19,82 \pm 2,76$	$20,44 \pm 5,13$

Примітка: * $p < 0,05$ – в порівнянні з контрольною групою. • $p < 0,05$ – в порівнянні між групами IХС та КМП.

Зниження відносної кількості лімфоцитів привело до дисфункції клітинної ланки імунітету з тенденцією розвитку клітинного імунодефіциту за рахунок зниження відносної кількості $CD3^+$ та $CD4^+$ клітин.

Виявлені зміни імунологічних показників характеризувалися статистично достовірним зниженням вмісту Т-лімфоцитів ($CD3^+$) у хворих на КМП до $33,48 \pm 2,18\%$ в порівнянні з хворими на IХС ($39,91 \pm 1,24\%$) та контрольною групою ($44,82 \pm 3,98\%$), $p < 0,05$. У хворих 2-ї групи спостерігалося також порушення субпопуляційного складу імунорегуляторних клітин, що проявлялося зменшенням кількості Т-хелперів ($CD4^+$) та тенденцією до збільшення кількості Т-супресорів ($CD8^+$) в порівнянні з хворими 1-ї групи та контрольної. Так відносна кількість $CD4^+$ лімфоцитів у хворих 2-ї групи становила $19,23 \pm 1,57\%$, у хворих 1-ї групи – $24,68 \pm 1,28\%$, у контрольній групі – $26,76 \pm 2,99\%$, $p < 0,05$.

Результати виконаного дослідження клітинної ланки імунітету, гемодинамічного стану серцево-судинної системи та показників загального аналізу крові дозволяють зробити висновок про те, що патологічні механізми, які лежать в основі загострення IХС та КМП, тісно зв'язані з розвитком специфічних імунних реакцій. Наявність у хворих досліджуваних груп кількісних змін лейкоцитів та лімфоцитів, та показників клітинної ланки імунної системи в порівнянні з практично здоровими особами, дозволяють припустити ймовірність розвитку захворювань IХС та КМП.

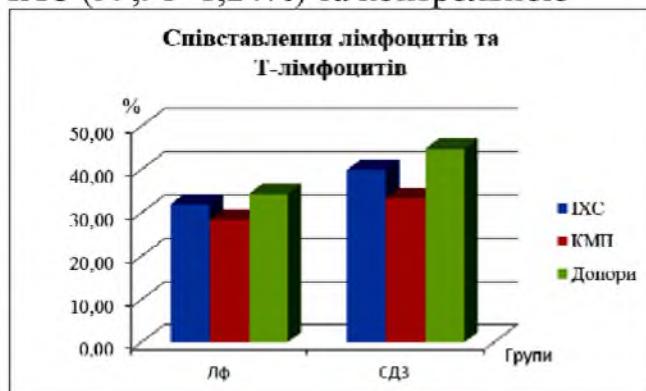


Рис. 3 – Діаграма співставлення середніх значень лімфоцитів (Лф) та Т-лімфоцитів (CD3)

Розробка системи прогнозування розвитку захворювань серця на основі імунологічних досліджень. Базуючись на виявлені найбільш інформативні показники загального аналізу крові, імунологічного дослідження та ехокардіографії (таблиці 3 – 5) розроблено алгоритм визначення імовірності наявності захворювання на КМП та ІХС.

Реалізацію програмної системи автоматизованого аналізу ризику розвитку захворювань серця на основі імунологічних досліджень розроблено в середовищі розробки лабораторних віртуальних приладів NI LabVIEW 2011. У результаті аналізу вимог та поставлених задач до програмного продукту реалізовано програмний продукт, який визначає наявність відхилення від норми показників гемодинаміки, ехокардіографії та імунного статусу людини. Реалізує прогнозування захворювань на КМП та ІХС (виведення тексту ймовірного діагнозу в полі інтерфейсу користувача). Містить базу даних, що включає всю необхідну інформацію.

Приклад роботи графічного інтерфейсу користувача зображенено на рис. 4.

Можливості розробленого програмного продукту:

1. Запис даних про пацієнтів
2. Редагування даних.
3. Пошук (фільтрація) по базі даних інформації по пацієнтам.
4. Розрахунок

відхилення від норми показників гемодинаміки, загального аналізу крові, біонічного аналізу крові та імунного статусу.

5. Отримання ймовірного діагнозу пацієнта.

Експорт результатів (формати*.doc, *.docx, *.rtf).

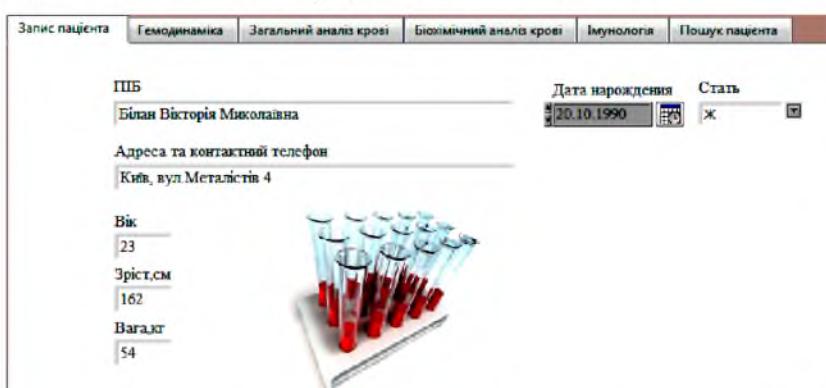


Рис. 4 – Приклад графічного інтерфейсу користувача (розділ «Дані про пацієнта»)

Оцінка достовірності отриманих результатів. Поняття достовірності у біомедицині є багатозначним і включає комплекс критеріїв оцінки результатів діагностичних і скринінгових тестів [15]. Надійність і обґрунтованість діагностичного методу визначаються двома тестами: чутливістю і специфічністю [16].

Розрахунок чутливості (Se) та специфічності (Sp) методу для тестової групи (кількість осіб – 45, що включає 675 показників) проводився за формулами [16]:

$$1. \quad Se = \frac{TP}{D} \times 100\%,$$

де TP – істинно позитивні результати дослідження; D – кількість всіх хворих.

$$2. \quad Sp = \frac{TN}{D} \times 100\%,$$

де TN – істинно негативні випадки; D – здорові пацієнти.

Таблиця 6 – Розрахунок чутливості та специфічності

Хвороба	Прогноз:		Всього
	Позитивний	Негативний	
Є	26	4	30
Немає	3	12	15
Всього	29	16	45

84,444%	доля правильних діагнозів
15,556%	доля не правильних діагнозів
66,667%	доля хворих
64,444%	доля позитивних діагнозів
86,667%	чутливість
80,000%	специфічність
89,655%	імовірність хвороби при позитивному діагнозі
25,000%	імовірність хвороби при негативному діагнозі
358,621%	відносний ризик

Висновки. У результаті проведенного дослідження в роботі виявлено прямий зв'язок захворювань серцево-судинної та імунної систем людини, що показує закономірність патогенезу імунологічних маркерів відповідно до захворювань на кардіоміопатію та ішемічну хворобу серця.

Розроблено систему прогнозування розвитку захворювань серця на основі даних імунологічних досліджень. Клінічні дослідження, проведені з використанням розробленої системи прогнозування розвитку захворювань серця продемонстрували високу прогностичну цінність при виявленні пацієнтів з такими захворюваннями серцево-судинної системи як ішемічна хвороба серця та кардіоміопатія (показник чутливості діагностики склав **86,7 %**, специфічності – **80 %**).

Література

1. Амосова, К. М. Клінічна кардіологія [Текст] / К. М. Амосова. – Т.1. – К: Здоров'я. – 1997. – 704 с.
2. Земсков, А. М. Клиническая иммунология [Текст] / А. М. Земсков, В. А. Земскова, А. В. Караплов. – М.: ГЕОТАР-Медиа, 2005. – 320 с. – ISBN 5-9704-0099-8.
3. Гречухина, Ю. А. Особенности иммунной системы и центральной гемодинамики у больных ангиной в зависимости от уровня сердечного тропонина Т в сыворотке крови [Текст] / Ю. А. Гречухина, В. Н. Ослопов, В. Х. Фазылов // Казанский медицинский журнал. – 2003. – № 2. – С. 89-97. – ISSN 0368-4814. – ISSN 0368-4814.
4. Воробьев, А. М. Клеточные механизмы у больных с кардиомиопатиями различного генеза [Текст] / А. М. Воробьев, З. Т. Баланник, Е. Я. Беспалова, Е. В. Рыбакова. – 2009. – НБУ ім. Вернадського.
5. Горбась, І. М. Ішемічна хвороба серця: епідеміологія і статистика [Текст] / І. М. Горбась // Медична газета «Здоров'я України» – березень, 2009. – №3/1. – с. 34-35.
6. Карпов, Р. С. Диагностика и лечение ишемической болезни сердца у женщин [Текст] / Р. С. Карпов, В. Ф. Мордовин – Томск, 2002. — 196 с.
7. Чазов, Е. И. Болезни сердца и сосудов [Текст] / Е. И. Чазов. – Медицина, 1992. – ISBN: 5-225-02169-7.
8. Аникин, В. В. Показатели иммунной системы у больных с нарушениями сердечного ритма [Текст] / В. В. Аникин, М. Н. Калинкин, Ю. Л. Вороная // Российский кардиологический журнал. – № 6. – 2001.
9. Василець, Л. М. Іммунний статус у больних ішеміческою болезнью сердца с персистуючою фібрілляцією предсердій [Текст] / Л. М. Василець, Н. Е. Григоріади, Н. С. Карпуніна, А. В. Туев, Е. А. Ротанова // Клиническая медицина. – 2013. – Т. 91. – № 5. – С.32-34.
10. Вахляев, В. Д. Роль гуморальних факторов в патогенезе аритмий сердца [Текст] / В. Д.

Вахляев, А. В. Недоступ, Д. А. Царегородцев, М. Ю. Мазинг. – Русс. мед. журнал. – 2000. – №2. – С.54-56. **11.** Новиков, Д. К. Оценка иммунного статуса [Текст] / Д. К. Новиков, В. И. Новикова. – Москва-Витебск, 1996. – 281 С. **12.** Панченко, Е. П. Возможности современной антитромботической терапии у больных, перенесших острый коронарный синдром [Текст] / Е. П. Панченко // Сердце: Журн. для практикующих врачей – 2002. – Т1., №1. – С.24-29. **13.** Руденко, В. М. Математична статистика [Текст] / В. М. Руденко. – Навч. посіб. – К.: Центр учебової літератури, 2012. – 304 с. – ISBN 978-611-01-0277-3. **14.** Галян, І. М. Психодіагностика [Текст] / І. М. Галян. – 2-ге вид., стереотип. – К.:Академвидав, 2011. – 464 с. **15.** Недугов, Г. В. Субдуральные гематомы [Текст]: монография / Г. В. Недугов. – Самара: Офорт, 2011. – 343с. – ISBN 978-5-473-00699-5. **16.** Васильев, А. Ю. Анализ данных лучевых методов исследования на основе принципов доказательной медицины : учебное пособие [Текст] / А. Ю. Васильев, А. Ю. Малый, Н. С. Серов. – ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 32 с. – ISBN 978-5-9704-0869-8.

Bibliography (transliterated): **1.** Amosova, K. M. (1997). Clinical Cardiology, 1, 704. **2.** Zemskov, M. A. (2005). Clinical immunology, 320. **3.** Grechukhina Y. A., Oslopov V. N., Fazylov V. H. (2003). Features of the immune system and central hemodynamics in patients with angina depending on the level of cardiac troponin T in the serum. Kazan medical journal, 2, 89-97. **4.** Vorobieva A. M., Balannik Z. T., Bespalova E. Y., Rybakov E. V. (2009). Cellular mechanisms in patients with cardiomyopathies of different origin, 3. **5.** Gorbas, I. M. (2009). Coronary heart disease: epidemiology and statistics. Medical Newspaper "Health of Ukraine", 3/1, 34-35. **6.** Karpov, P. C. (2002). Diagnosis and treatment of coronary heart disease in women, 196. **7.** Chazov, E. I. (1992). Diseases of the heart and blood vessels. **8.** Anikin V. V., Kalinkin M. N., Black J. L. (2001). Indicators of the immune system in patients with cardiac arrhythmias. Russian Journal of Cardiology, 6. **9.** Vasilets L. M., Grigoriadi N. E., Karpunina N. S., Tuev A. V., Rotanova E. A. (2013). Immune status in patients with coronary heart disease with persistent atrial fibrillation. Clinical Medicine, 91, 5, 32-34. **10.** Vahlyev V. D., Nedostup A. V., Tsaregorodcev D. A., Masing M. J. (2000). Role of humoral factors in the pathogenesis of cardiac arrhythmias. Russian Medical Journal, 2, 54-56. **11.** Novikov D. K., Novikova V. I. (1996). Evaluation of the immune status, 281. **12.** Panchenko, Е. Р. (2002). The possibilities of modern antithrombotic therapy in patients with acute coronary syndrome. Journal «HEART», 1, 24-29. **13.** Rudenko, V. N. (2012). Mathematical Statistics, 304. **14.** Galyan, I. M. (2011). Psychodiagnostics, 2, 464. **15.** Nedugov, G. V.(2011). Subdural hematoma, 343. **16.** Vasiliev A. J., Malyi A. J., Serov N. C. (2008). Data analysis radiological methods of evidence-based medicine, 32.

Надійшла (received) 25.08.2014

М. Л. РЯБЧИКОВ, д-р техн. наук, проф., УПА, Харків;
М. В. ДЕНИСЕНКО, здобувач, УПА, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВОЛОГИ В ШАРІ МАТЕРІАЛУ СПЕЦОДЯГУ

В статті розглядаються питання визначення поглинання тканиною, яка використовується для пошиття спецодягу, вологи. При цьому науково обґрунтовано алгоритм визначення зміни концентрації вологи в матеріалі що дозволить вирішити ряд практичних задач. Для цього застосовується фізико-математичне моделювання, що дозволяє визначити максимальний час експлуатації матеріалу в вологому приміщенні, або рекомендувати час експлуатації матеріалу, який визначається накопиченням вологи на внутрішній стороні матеріалу, що гранично відповідає комфортним умовам праці.

Ключові слова: спецодяг, влага, концентрація вологи, волокна, рідина, коефіцієнт дифузії, концентрація рідини, накопичення вологи, поглинання вологи.

Вступ. Головне призначення спецодягу - захист організму від шкідливих умов, тому на перший план виступають показники якості. Оцінка якості спеціального одягу ґрунтуються на визначенні міри її відповідності умовам виробничої діяльності тих працюючих. Показники, що визначають якість, враховують найважливіші домінуючі корисні властивості, що визначають міру застосовності продукції для задоволення тих або інших потреб.

Показники, по яких можна судити про якість спецодягу, підрозділяються на обов'язкові для всіх її видів і обов'язкові для окремих видів залежно від призначення. До обов'язкових показників, що характеризують якість всіх видів спецодягу, відносяться тепловий стан і мікроклімат під одягом, відповідність конструкції умовам праці і антропологічним вимірам, маса виробу, тривалість безперервного використання, жорсткість шва, розривне навантаження, цілісність композиційного матеріалу, стійкість до прання та хімічної чистки. Перераховані показники обумовлюють забезпечення головним чином гігієнічних, експлуатаційних і естетичних вимог.

Захисні властивості забезпечуються наступними обов'язковими показниками захисної ефективності спецодягу від: механічних дій і загальних виробничих забруднень; підвищених температур, теплового випромінювання і знижених температур; відкритого полум'я; радіоактивних речовин; рентгенівських випромінювань; нетоксичного пилу, азбесту, скловолокна; кислот; лугів; електричних зарядів; електронних полів; магнітних полів; води; лаків і фарб; органічних розчинників; комах; сирої нафти; масел і жирів. Проте на даний час не для всіх перерахованих показників розроблені досконалі методи їх визначення і нормативні вимоги.

Слід зазначити, що в ряді робіт [1 - 7] показано, що вимоги споживачів до якості спеціального робочого одягу, в цілому ряді випадків, залишаються

вищими, ніж вказані в стандартах, що негативно позначається на конкурентоспроможності виробів. Тому, очевидно, що уточнення номенклатури показників якості захисного одягу представляє значний науковий і практичний інтерес, що дозволить не лише об'єктивно оцінити його якість, але і врахувати вимоги споживача.

Мета роботи. Метою роботи являється визначення зміни концентрації вологи в шарі матеріалу для спецодягу. Для цього необхідно визначити концентрацію вологи у всіх точках матеріалу по всій його поверхні.

Визначення зміни концентрації вологи в шарі матеріалу спецодягу.

Розрахункову схему проходження вологи крізь матеріал спецодягу представимо у вигляді шару товщиною h (рис. 1). З зони

зовнішнього впливу (на малюнку ліворуч) діє вплив вологи. Приймаємо до уваги заволожені приміщення з концентрацією вологи, близької до 100%.

Концентрація вологи в шарі матеріалу в початковий момент часу вважаємо нульовою.

Поставимо задачу визначити зміну концентрації вологи в шарі матеріалу спецодягу. Виходячи з мети захисту робітника необхідно мати відомості про концентрацію вологи на внутрішній поверхні (на рисунку праворуч). Для цього необхідно визначити концентрацію в усіх точках матеріалу.

Фізичний процес збільшення концентрації вологи в матеріалі – це процес проникнення вологи в текстильний матеріал, що визначається, традиційно процесом дифузії вологи в матеріал. Швидкість підвищення концентрації в матеріалі пов'язують з коефіцієнтом дифузії.

Як відомо, у загальному випадку коефіцієнт дифузії залежить від накопиченої концентрації. У ряді джерел [8] визначається, що у такому разі рівняння руху рідини крізь шар матеріалу має вигляд:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ D(U, x) \frac{\partial U}{\partial x} \right\} \quad (1)$$

а коефіцієнт дифузії може бути представлений як:

$$D(U) = D_0(1 + \sigma U) \quad (2)$$

де U – концентрація вологи в певній точці шару матеріалу; x – координата певної точки в певний момент часу; t – час; D – коефіцієнт дифузії; D_0 – початковий коефіцієнт дифузії; σ – коефіцієнт нелінійності.

У такому випадку рівняння (1) можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{\partial D}{\partial x} \cdot \frac{\partial U}{\partial x} + D \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (3)$$

Враховуючи (3), можна визначити похідну:

$$\frac{\partial D}{\partial x} = D_0 \sigma \frac{\partial U}{\partial x} \quad (4)$$

Тоді рівняння (3) може бути записане у вигляді:

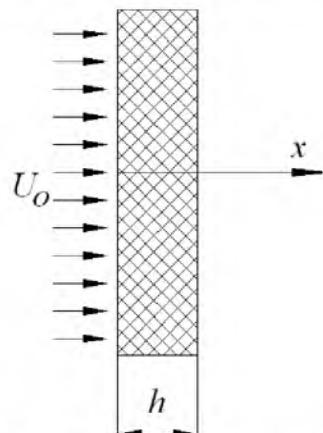


Рис. 1 – Розрахункова схема проходження вологи крізь матеріал спецодягу

$$\frac{\partial U}{\partial t} = D_0 \sigma \left(\frac{\partial U}{\partial x} \right)^2 + D_0 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + D_0 \sigma U \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \quad (5)$$

Перейдемо до безрозмірних координат: безрозмірна концентрація $u = \frac{U}{U_0}$, де U_0 визначається рідиною, що поступає ззовні до матеріалу (концентрація рідини в нульовий момент процесу вбирання); безрозмірна координата $z = \frac{x}{h}$, де h – товщина матеріалу; безрозмірний час $\tau = \frac{t}{t_{max}}$, де t_{max} – час насичення матеріалу.

Тоді функції і похідні можуть бути записані, як:

$$U = u \cdot U_0; \quad \frac{\partial U}{\partial t} = t_{max} U_0 \frac{\partial u}{\partial t};$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \frac{U_0}{h} \cdot \frac{\partial u}{\partial z} \quad \frac{\partial U}{\partial x} = t_{max} U_0 \frac{\partial u}{\partial t}$$

З врахуванням вище означеного, рівняння (5) має бути переписане у вигляді:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{D_0 \sigma U_0}{t_{max} h^2} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \frac{D_0}{t_{max} h^2} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{D_0 \sigma U_0}{t_{max} h^2} u \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (6)$$

Введемо додаткові означення:

$$K_1 = \frac{D_0}{t_{max} h^2}; \quad K_2 = \frac{D_0 \sigma U_0}{t_{max} h^2} \quad (7)$$

Одержано рівняння:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = K_1 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + K_2 U \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + K_2 \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 \quad (8)$$

У цьому рівнянні перший член у правій частині характеризує лінійні властивості; другий і третій члени дають нелінійні складові.

Для вирішення рівняння (8) скористаємося шляхом розподілення змінних, представивши шукану функцію у вигляді нескінченного ряду, що є добутком двох функцій, одна з яких залежить тільки від часу, а друга – тільки від координати:

$$U = \sum_{i=1}^{\infty} V_i \cdot W_i \quad (9)$$

де V_i – функція концентрації, що залежить тільки від часу; W_i – функція концентрації, що залежить тільки від координати.

Окремий член, що залежить від координати, представимо у вигляді:

$$W_i = C_i \left(1 - \sin \frac{\pi z (2i-1)}{2} \right)$$

Рішення рівняння (9) будемо шукати у вигляді нескінченного ряду.

Виконавши дії по знаходженню похідних функцій, отримаємо нелінеаризоване рівняння:

$$\frac{dV}{dt} \sin \frac{\pi z(2i-1)}{2} = -K_1 \cdot V \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \sin \frac{\pi z(2i-1)}{2} - \\ K_2 \cdot V^2 \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \left(\sin \frac{\pi z(2i-1)}{2} \right)^2 + K_2 \cdot V^2 \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \left(\cos \frac{\pi z(2i-1)}{2} \right)^2$$

Оскільки функції, що залежать від координати, не скорочуються, використовуємо метод Бубнова-Гальоркіна) [9], для реалізації якого помножуємо кожний член останнього рівняння на запропонований член ряду Фур'є $\left(\sin \frac{\pi z(2i-1)}{2} \right)$, що відповідає граничним умовам. При цьому одержуємо систему диференційних рівнянь:

$$\frac{dV_i}{dt} \int_0^1 \left(\sin \frac{\pi z(2i-1)}{4} \right)^2 dz = -K_1 \cdot V_i \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \int_0^1 \left(\sin \frac{\pi z(2i-1)}{4} \right)^2 dz - \\ K_2 \cdot V_i^2 \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \int_0^1 \left(\sin \frac{\pi z(2i-1)}{4} \right)^3 dz + \\ K_2 \cdot V_i^2 \cdot \frac{\pi^2 (2i-1)^2}{4} \int_0^1 \sin \frac{\pi z(2i-1)}{2} \cdot \left(\cos \frac{\pi z(2i-1)}{2} \right)^2 dz$$

Якщо виконати операцію інтегрування, можна одержати рівняння відносно функції, що залежить від часу:

$$\frac{dV_i}{dt} = -(2i-1)^2 \cdot A \cdot (V_i + B \cdot V_i^2),$$

де A, B – константи матеріалу, одержані при інтегруванні. Наявність цих двох констант пов’язана з необхідністю урахування процесу гальмування водовбиранню при накопиченні вологи в матеріалі.

Для розв’язку цього рівняння скористуємося методом розділення змінних. Одержано:

$$\frac{dV_i}{V_i + B \cdot V_i^2} = -(2i-1)^2 \cdot A \cdot dt \quad (10)$$

Для розв’язання цього рівняння інтегруємо обидві сторони рівності
Права частина рівності одержується у вигляді:

$$-(2i-1)^2 \cdot A \cdot t + C.$$

Виконуємо інтегрування лівої частини

$$\int_0^t \frac{dV}{V + BV^2}$$

Для інтегрування розкладаємо дріб

$$\frac{1}{V + B \cdot V^2} = \frac{1}{V \cdot (1 + B \cdot V)} = \frac{1}{V} - \frac{B}{1 + B \cdot V}$$

Якщо провести інтегрування, одержимо:

$$\ln \frac{V}{(1 + B \cdot V)^B} = -(2i-1)^2 \cdot A \cdot t + C,$$

що може бути перебудовано у вигляді:

$$\frac{V}{(1+B \cdot V)^B} = C \cdot e^{-(2i-1)^2 \cdot A \cdot t}.$$

Звертаємо увагу, що хоча ми шукаємо залежність V від часу, невідомими залишаються значення коефіцієнтів A і B . Загальних правил розв'язання такого роду рівнянь не існує. Якщо уявити відомими коефіцієнти A і B , можна спробувати розв'язати рівняння методом ітерацій. Тоді на першому кроці уявляємо, що функція, яка взята з розв'язку, одержаному вище, є відомою. Назовемо її $V_i^{(0)}$. Кожний наступний крок можна одержувати з рекурентних формул:

$$V_i^{(j+1)} = (1 + B \cdot V_i^{(j)}) \cdot C \cdot e^{-(2i-1)^2 \cdot A \cdot t}.$$

j – номер рекурентного кроку.

Після ряду обчислювальних експериментів (в програмі MathCAD) знайдено, що досить близькою до шуканої буде функція:

$$V_i = C \cdot e^{-A \cdot (2i-1) \cdot t^B},$$

а загальний розв'язок по координаті:

$$U(z, t) = 1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4 \cdot e^{-A(2i-1)t^B} \cdot \sin\left[\frac{(2i-1)\pi z}{2}\right]}{\pi(2i-1)} \quad (11)$$

Коефіцієнти A і B знаходяться в рівнянні (11) в явному вигляді, що дає змогу вільно з ними оперувати. Вони є константами дифузії матеріалу. Зокрема, прийнявши конкретні значення, можна знайти функцію зміни концентрації залежно від товщини і часу (рис. 2).

Швидкість зміни концентрації по товщині як функцію часу можна знайти, продиференціювавши вираз (11) для концентрації:

$$\frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{\pi} A \cdot B \cdot e^{B-1} \cdot e^{-A(2i-1)t^B} \cdot \sin\left[\frac{(2i-1)\cdot\pi z}{2}\right] \quad (12)$$

Для деякого матеріалу, який характеризується певними значеннями коефіцієнтів A та B , залежності швидкості від координати та часу показані на рис. 3.

Оскільки коефіцієнти одержані в явному вигляді, можна знайти залежність концентрації і швидкості від часу в середньому по товщині:

$$U(t) = \int_0^1 U(z, t) dz = 1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{8e^{-A(2i-1)t^B}}{\pi^2 \cdot (2i-1)^2}, \quad (13)$$

$$v(t) = \frac{dU}{dt} = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{8ABt^{B-1}e^{-A(2i-1)t^B}}{\pi^2 \cdot (2i-1)}. \quad (14)$$

Залежність загальної концентрації в матеріалі від часу показано на рис. 3. Тоді можна визначити залежність накопичення вологи в матеріалі.

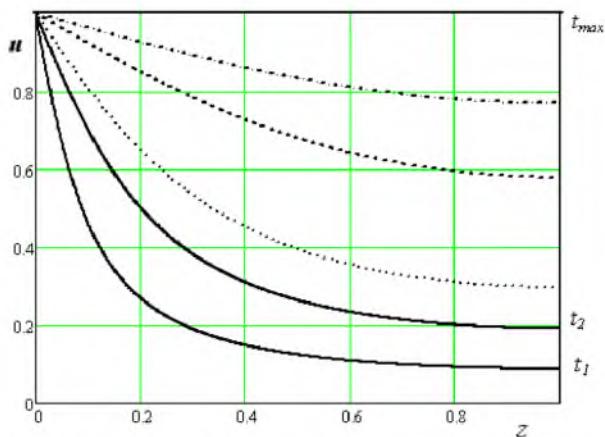


Рис. 2 – Зміна концентрації вологи по товщині шару матеріалу для різних моментів часу ($t_1 < t_2 < \dots < t_6 < \dots \leq t_{\max}$)

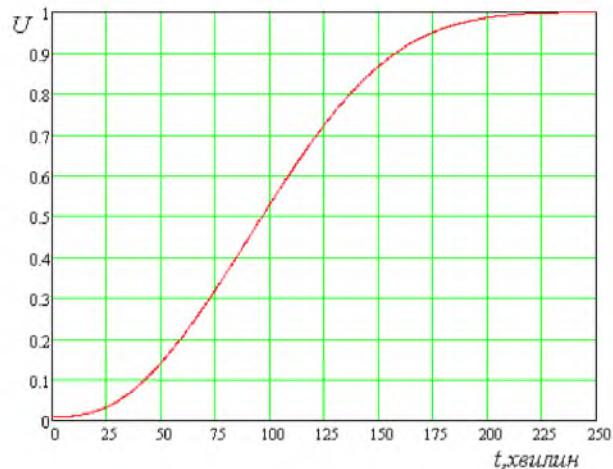


Рис. 3 – Зміна концентрації вологи в матеріалі

Висновки. Науково обґрунтовано алгоритм визначення зміни концентрації вологи в матеріалі для виготовлення спеціального робочого одягу, до дозволить вирішити ряд практичних задач, таких як: рекомендувати максимальний час експлуатації матеріалу в вологому приміщенні, що визначається повним стовідсотковим поглинанням вологи матеріалом (його повним намоканням); рекомендувати час експлуатації матеріалу, який визначається накопиченням вологи на внутрішній стороні матеріалу, що гранично відповідає комфортним умовам праці; визначати загальний обсяг вологи, накопичений матеріалом за певний час, при врахуванні густини вологи і загальної площа матеріалу спецодягу.

Список літератури: 1. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды [Текст] / П. А. Колесников. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с. 2. Колесников, П. А. Эксплуатационные свойства тканей и современные методы их оценки [Текст] / П. А. Колесников. – М.: Легкая индустрия, 1967. – 306 с. 3. Гущина, К. Г. Ассортимент, свойства и технические требования к материалам для одежды [Текст] / К. Г. Гущина, С. А. Беляева. – М.: Легкая индустрия, 1978. – 160 с. 4. Гущина, К. Г. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества [Текст] / К. Г. Гущина, С. А. Беляева. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с. 5. Склянников, В. П. Гигиеническая оценка материалов для одежды [Текст] / В. П. Склянников, Р. Ф. Афанасьева, Е. Н. Mashkova. – Москва, 1985. 6. Чубарова, З. С. Методы оценки качества специальной одежды [Текст] / З. С. Чубарова. – Москва, 1988. 7. Гущина, К. Г. Эксплуатационные свойства материалов для одежды и методы оценки их качества [Текст] / К. Г. Гущина, С. А. Беляева, Е. Я. Командрикова и др. – Москва, 1984. 8. Yoneda, M. Measurment of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems [Text] / M. Yoneda, Y. Mizuno, J. Yoneda // Textile Res. J. – 1993. – Vol. 29 (12). – P. 940–949. 9. Флетчер, К. Численные методы на основе метода Галёркина [Текст] / К. Флетчер. – М.: Мир, 1988. – 158 с.

Bibliography (transliterated): 1. Kolesnikov, P. A. (1965). Heatcover properties of clothes. Easy industry, 346. 2. Kolesnikov, P. A. (1967). Operating properties of fabrics and modern methods of their estimation. Easy industry, 306. 3. Guschina, K. G., Belyaeva, S. A. and other (1978). Assortment, properties and technical requirements to materials for clothes. Easy industry, 160. 4. Guschina, K. G., Belyaeva, S. A. and other (1984). Operating properties of materials for clothes and methods of estimation of their quality. Light and food industry, 312. 5. Sklyannikov, V. P., Afanas'eva, R. F., Mashkova, E. N. (1985).the Hygienical estimation of materials for clothes. 6. Chubarova, Z. S. (1988). Methods of estimation of quality of the special clothes. 7. Guschina K. G., Belyaeva S. A.,

Komandrikova E. Ya. and other (1984). Operating properties of materials for clothes and methods of estimation of their quality. 8. *Yoneda M., Mizuno Y., Yoneda J. (1993). Measurment of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems, 29(12), 940–949.* 9. *Fletcher, K. (1988). Chislennye methods on the basis of method of Galerkin, 158.*

Надійшла (received) 25.07.2014

УДК 543.271.3

A. V. ЖУЖА, аспирант, НТУУ «КПИ», Киев

СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАМЕННО-ИОНИЗАЦИОННЫХ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ

Рассмотрен пламенно-ионизационный метод измерение концентрации газообразных углеводородов. В зависимости от условий и целей применения, возникает необходимость выбора оптимальной структурной схемы построения пламенно-ионизационного газоанализатора. Представлены новые структурные схемы построения пламенно-ионизационных газоанализаторов под конкретные условия применения и требования к быстродействию, надёжности, автоматизации процессов контроля и диагностики прибора.

Ключевые слова: пламенно-ионизационный газоанализатор, детектор, ионизация, атмосфера, выбросы, анализ, пробоподготовка, углеводороды, схема, быстродействие, углеводороды.

Введение. Газообразные углеводороды (C_nH_m) является одним из основных компонентов – загрязнителей атмосферы, которые оказывают негативное влияние на человека и окружающую среду. Углеводороды характерный спутник производственных процессов в нефтехимии, энергетике, нефтегазовых магистралях. Значительное количество углеводородов попадает в окружающую среду с отработанными газами транспортных средств: автомобилей, самолетов, тепловозов, сельскохозяйственных и дорожник машин, мопедов, теплоходов, газонокосилок, бензопил и т.д. Соответствующие международные стандарты нормируют уровни выбросов углеводородов:

- автомобилей: правила Европейской экономической комиссии (ЕЭК) ООН по транспорту, нормативы Евро 2 – Евро 6.

- самолетов: нормативы международной организации гражданской авиации (нормативы ИКАО);

- морских и речных судов: нормативы МАРПОЛ;

Все эти нормативы предусматривают измерение концентрации газообразных углеводородов автоматическими высокочувствительными газоанализаторами.

Нормирование и контроль выбросов является общемировой и европейской проблемой и именно страны ЕС разработали комплексный подход к нормированию выбросов автотранспорта как при изготовление на автозаводах, так и при их дальнейшей эксплуатации. Разработаны четкие методики экологической проверки автомобилей, является классификационные требования к газоанализаторов, с помощью которых происходит инструментальный контроль выбросов, созданы средства их метрологического обеспечения. Адаптация

© A. V. ЖУЖА, 2014

европейских стандартов, нормативов, методик является актуальной задачей для украинской экономики и важным аспектом защиты и контроля окружающей среды от вредных выбросов,

Постановка задачи. Измерение концентрации газообразных углеводородов чувствительными, высокоселективными методами газового анализа является сложной научно-технической задачей. Контроль концентрации углеводородов усложняется наличием в атмосфере большого количества углеводородов различных классов: насыщенных углеводородов ненасыщенных, ароматических углеводородов.

Анализ вышеприведенных нормативов показывает, что большинство стандартов предполагает использование пламенно-ионизационного метода газового анализа [1, 2]. При этом, учитывая различные технико-метрологические требования: точность, быстродействие, надежность, чувствительность к газоанализаторам, в зависимости от условий и целей применения, возникает задача оптимального выбора построения структурной схемы построения пламенно-ионизационного газоанализатора.

Пламенно - ионизационный метод газового анализа. Физические основы и особенности работы. Пламенно - ионизационный метод основан на измерении ионного тока пламени при сжигании углеводородов в пламени водорода в электрическом поле. Пламя чистого водорода имеет низкую электропроводность, однако при введении в пламя газа, содержащего углеводороды, электропроводность резко возрастает. Поток ионов при этом изменяется примерно пропорционально числу атомов углерода в молекулах, попадающих в пламя в единицу времени. Электропроводность чистого водородного пламени чрезвычайно низкая (сопротивление пламени достигает 1016Ом). Молекулы органических веществ, вводимых в водородное пламя, легко ионизируются, в результате чего электропроводность пламени резко возрастает. Если такое пламя поместить между электродами, к которым приложено постоянное напряжение, то между ними появится ионизационный ток. Ток ионизации ($10^{-7} - 10^{-12}$ А) усиливается усилителем электрометрии постоянного тока и регистрируется самопищущим прибором [3]. Пламенно - ионизационные детекторы (ПИД) применяются для измерения низких концентраций органических веществ единицы ppm и mg/m³) [4]. В структурно - схемной построении большинство разработанных пламенно - ионизационных газоанализаторов строится по классической одноканальной структурной схеме рис. 1 [1, 2].

Газоанализатор работает следующим образом.

Отработанный высокотемпературный газ (проба) из выхлопной трубы автомобиля отбирается с помощью компрессора 4. Проба очищается от механических примесей фильтром 1 и через дроссель 6 по терmostатированному газопроводу 13 поступает в реакционную камеру 10. Дроссель 6 и 7 редуцируют давление пробы и обеспечивают предварительную стабилизацию давления потока пробы на входе реакционной камеры 1. Воздух используется не только для процесса горения в пламенно - ионизационной реакции, но и применяется для регулирования давления потока высокотемпературной (агрессивной) отработанной пробы. При этом отпадает необходимость в установке стабилизатора давления на газопроводе пробы. Достаточно установить регулятор давления 11 на газопроводе

сжатого воздуха 14, где регулятор работает в нормальных условиях эксплуатации. Регулировка давления анализируемой пробы заменяется на регулирования давление противопотока сжатого воздуха регуляторов давления "после себя" 11. Таким образом, поскольку регулятор давления "после себя" "соприкасается только со сжатым воздухом, а не высокотемпературной и агрессивной газовой средой, то к нему не предъявляются требования быть коррозионно к агрессивным примесей и высоких температур. Испытания показали надежную работу устройства при температуре пробы выше 200 0C.

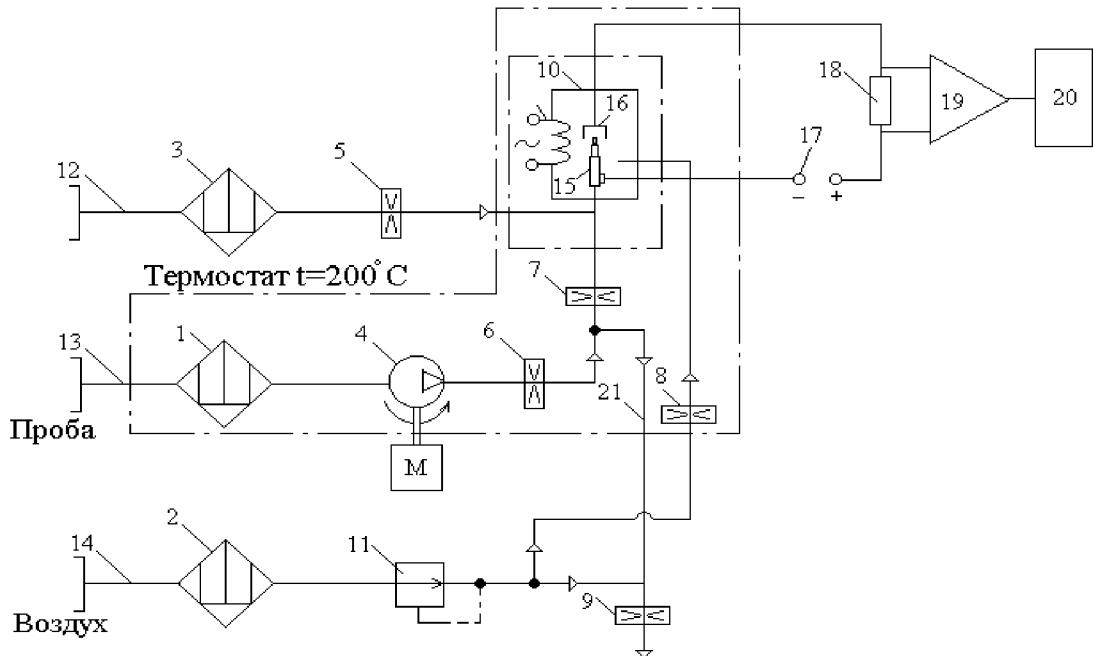


Рис. 1 – Структурная схема ПИД: 1,2,3 - фильтры, 4-компрессор, 5-9 -дроссель, 10 – корпус ионизационной камеры, 11- регулятор давления , 12- генератор водорода, 13 – газопровод для пробы, 14 газопровод воздуха, 15 – горелка, 16 – электрод-коллектор, 17 – источник питания, 18 – нагрузочное сопротивление, 19 - электрометрический усилитель, 20- выходной прибор

Для обеспечения работы пламенно - ионизационного детектора нужен чистый (99,99 %) водород, подаваемый от генератора водорода по газопроводу водорода 12 через фильтр 3 и дроссель 5. Водород смешивается с пробой и поступает на горелку 15 детектора. На детектор также подается стабилизований регулятором давления "после себя" 11 и дросселем 8 поток сжатого воздуха. С помощью спирали поджига осуществляется поджиг смеси. Ионизационный ток, пропорциональный концентрации углеводородов, через нагрузочное сопротивление 18 усиливается усилителем 19 и передается на выходной прибор 20. Представленная схема обеспечивает измерение концентраций суммарных углеводородов на уровне 0,00001 % .

Основным недостатком указанной схемы является низкое быстродействие, обусловленное необходимостью формирования трех газовых потоков: углеводородов, водорода, воздуха которые необходимы для проведения для работ ПИД. При этом на этих газоходах этих каналов, особенно газопроводе углеводородов установлено значительное число элементов пробоподготовки: фильтры, дроссели, регуляторы давления и расхода. Все эти элементы

необходимы для работы ПИД, но при этом на них теряется время для прохождения пробы и в целом снижается быстродействие газоанализатора. Также, схема по рис 1 не обеспечивает безопасный и быстродействующий поджиг смеси в реакционной камере. [5, 6].

Структурная схема быстродействующего пламенно-ионизационного газоанализатора. На рис 2. Приведена структурная схема быстродействующего пламенно-ионизационного газоанализатора предназначенного для измерения концентрации углеводородов в отработавших газах автомобилей [7].

Пульсирующая по давлению и расходу и газовая пробы из выхлопной трубы автомобиля через газопроводы 8 и 9 прокачивается с помощью побудителя расхода 12 в ресивер 10. За счет резкого, скачкообразного изменения объема при прохождении пробы газы из входной трубы 9, введенной в центр объема ресивера 10; (соотношение объемов трубы 9 и ресивера 10:1) в ресивере 10 наблюдается сглаживание пульсаций давления расхода и давления с

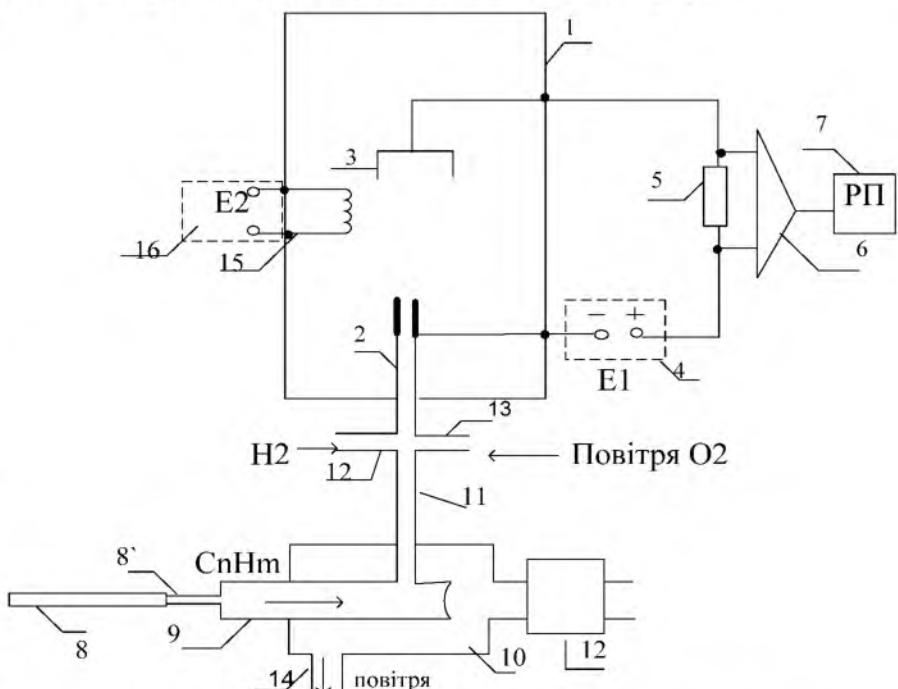


Рис. 2 – Структурная схема быстродействующего пламенно-ионизационного газоанализатора: 1 - реакционная камера, 2 - горелка, 3 - электрод-коллектор, 4 - блок питания, 5 - сопротивление нагрузки, 6 - усилитель, 7 - регистрирующий прибор, 8 - трубка подачи пробы, 9 - входная трубка, 10 - ресивер, 12 - побудитель расхода, 13 - газопровод воздуха, 14 - газопровод водорода

одной стороны и ,практически, мгновенная подача пробы в горелку 2 с другой стороны. В ходе экспериментальных исследований установлено, что предложенная схема позволила стабилизировать пульсации расхода пробы. Вместо стандартных для пробы отработанного газа колебаний расхода 30+-3 см³/мин, предложенная схема позволила стабилизировать расход на уровне 30+-1 см³/мин. Также, быстродействия пламенно-ионизационного детектора, с учетом 6-метроой длины газопроводных трубок 8 и 9 снизилось с 40 с до 15- 20 с, при расходе 30+-1 см³/мин. Фактически ресивер 10 выполняет функции автоматического стабилизатора давления .

Структурная схема стабилизации процесса горения. В основу схемы поставлена задача улучшения процесса горения и надежности работы прибора, улучшая показатели количества измеряемой концентрации

углеводородов в реакционной камере 1 ПИД, установлена спираль поджига 16 и источник питания спиралей поджога через кнопку.

Поджог смеси водорода, воздуха, углеводородов происходит от спиралей поджига 16 нагретой до 200° - 300° С электрическим током от источника поляризующего электропитания Е 11, через кнопку поджога 20, которая включается на короткий срок, достаточный для поджига смеси газов, в начале работы прибора.

Углеводороды и водород через соответствующие газопроводы поступают в горелку 2 и перемешиваются. Кислород, необходимый для процесса горения водорода - углеводородной смеси поступает с воздухом через воздушные каналы просверленные по концентрическим окружностям дискового основания установленного в основании реакционной камеры 1. Газовые отверстия 6, расположенные по кругу дисковой основы 4 обеспечивают эффект «воздушного душа» при прохождении воздуха в реакционную камеру 1, для того, чтобы процесс горения был ламинарным.

Выводы. С учетом конкретных условий эксплуатации и технических требований к прибору: по погрешности, быстродействию, надежности, автоматизации процесса поджига осуществляется выбор конкретной схемы построения пламенно-ионизационного газоанализатора.

Список литературы: 1. Варташов, А. З. Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг [Текст] / А. З. Варташов, А. Д. Рубан, В. Л. Шкуратник. – М.: «Горная книга», 2009. – 640 с. 2. Приміський, В. Ф. Стан та перспективи розвитку полум'яно-іонозаційного методу / В. Ф. Приміський, А. В. Жужса // Метрологія та прилади: Наук.-вироб. журнал. — Х.: Вид-во «Фавор». — 2013, - 3. Рыжков, В. Ф. Портативный пламенно-ионизационный газоанализатор [Текст] / В. Ф. Рыжков // Журн. Технология и конструкирование электронной аппаратуры. – Одесса, 2004. – С. 27–29. 4. Приміський В. П. Полум'яно-іонізаційний газоаналізатор для поста екологічного контролю автомобілів // Патент України № 49063. Опубл. 2002, Бюл. № 9. 5. А. В. Жужса. Швидкодіючий полум'яно-іонізаційний газоаналізатор // Патент України № 6413. Опубл. 2014, Бюл. 6. Жужса, А. В. Полумяно-іонізаційний аналізатор // Патент України на корисну модель № 82884. Опубл. 2013. Бюл. №16. 7. Всеукраїнська наукова Інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення". «Математична модель розподілу газових потоків в ШПІД». 8. Перспективы использования аналитических приборов в мусоросжигательном

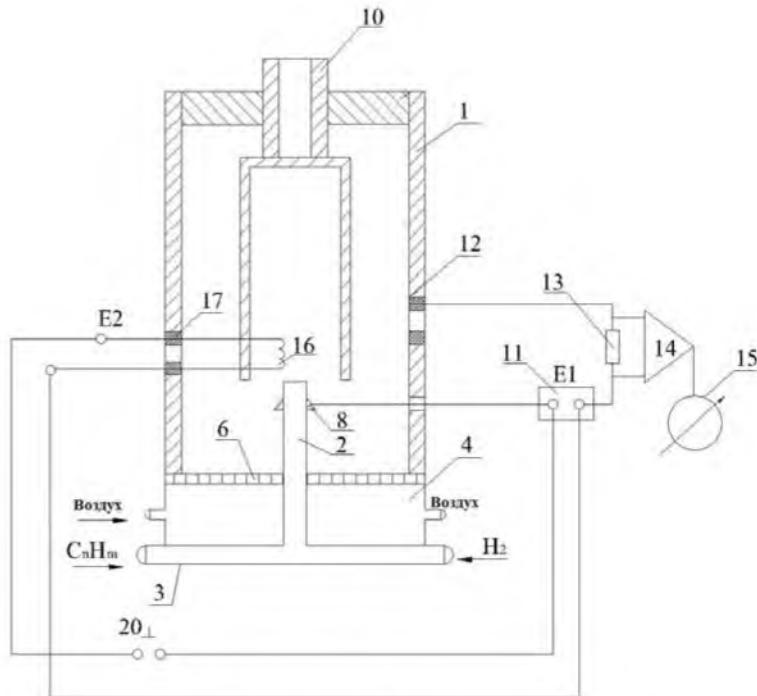


Рис. 3 – Схема стабилизации горения

производстве / Н. М. Мовчан, З. Д. Безрук, А. А. Дацковский, В. А. Порев // Метрологічне забезпечення фізико-хімічних та оптико-фізичних вимірювань : матеріали XI наук.-практ. конф. з міжнар. участю / ХІММЕТ. – Київ, 2005. С.38-40. 9. Безрук, З. Д. Мобільна лабораторія екологічного контролю / З. Д. Безрук, В. П. Приміський, М. Г. Шаталов // Тези доповіді : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. ХІММЕТ-3. – 2008. – С. 128-132.

Bibliography (transliterated): 1. Vardanov, A. Z. (2009). Methods and tools for environmental monitoring and environmental monitoring, – 640. 2. Primisky, V. F. (2013). Stan that prospect rozvitu polum'yanionozatsiynogo method. – H.: Type of "Favor". 3. Ryzhkov, V. F. (2004). Portable flame ionization analyzer // Journal of Technology and knstruirovaniye electronics, Odessa. P. 27-29. 4. Primisky, V. F. (2000). Flame ionization analyzer // Patent number 2,146,048 Russia. Publ. Bull. Number 4. 5. Primisky, V. P. (2013). Polumyano ionization detector // Patent of Ukraine for useful model № 78785. Publ. Bull. Number 6. 6. Zsuzsa, A. V. (2013). Polumyano ionization detector // Patent of Ukraine on korisnu model number 82884. Publ. 2013. Bull. Number 16. 7. Ukrainian Academic Internet Conference "Information Society: technological, economic and technical aspects of the formation." "Mathematical model of the distribution of gas flows in SHPID." 8. Movchan N. M. (2005). Prospects for the use of analytical instruments in waste production. Kiev, USSR: HIMMET, P. 38-40. 9. Bezruk, Z. D. (2008). Mobile laboratory environmental. Materials Conference. HIMMET 3, P. 128-132.

Поступила (received) 12.08.2014

УДК 628.16

В. М. РАДОВЕНЧИК, д-р техн. наук, проф., НТУУ "КПІ", Київ;
Я. В. РАДОВЕНЧИК, канд. техн. наук, ст. виклад., НТУУ "КПІ", Київ

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИДАЛЕННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ З ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОК МАГНЕТИТУ

Досліджено ефективність видалення з водного середовища твердих часток з використанням суспензії магнетиту, отриманого методом хімічної конденсації. Вивчено вплив на ефективність процесу очищення води коагулянтів та флокулянтів, водневого показника, природи твердої фази, порядку додавання реагентів. Встановлені найбільш ефективні реагенти для обробки стічних вод процесів переробки макулатури та визначені їх дози.

Ключові слова: магнетит, тверда фаза, освітлення води, коагулянти, скоп.

Вступ. Досить часто в багатьох галузях промисловості утворюються стічні води, що значно різняться за складом та концентрацією забруднень в них. У випадку наявності високодисперсної твердої фази це створює значні перешкоди для успішного очищення таких вод. Особливо характерна така ситуація для процесів переробки макулатури, в яких високодисперсна тверда фаза може бути представлена домішками з досить різними фізико-хімічними властивостями. Одним з перспективних методів очистки таких вод є магніто-сорбційний метод [1]. Над традиційними методами очистки води вказаний метод має наступні переваги: відпадає необхідність в спорудженні та експлуатації високооб'ємних споруд; значно скорочується термін технологічного циклу; для отримання суспензії магнетиту можна використовувати відпрацьовані електроліти травлення сталі, що дозволяє одночасно вирішувати і проблему їх утилізації; обладнання

© В. М. РАДОВЕНЧИК, Я. В. РАДОВЕНЧИК, 2014

для реалізації методу досить просте і не потребує додаткового обслуговування; технологія може бути пристосована до існуючих споруд і легко піддається автоматизації [2].

Перші спроби застосувати вказану технологію в целюлозно-паперовій промисловості відносяться до 70-х років і належать американським вченим [3]. Однак, із-за різних причин, широкого розповсюдження технологія не набула. Одним з важливих недоліків був той факт, що в технології використовувався природний магнетит, який необхідно було подрібнювати до розмірів менше 50 нм, що потребувало значної витрати енергії та часу. Сьогодні спостерігається значний розвиток в даній галузі [4]. З допомогою часток магнетиту з водного середовища видаляють фосфати [5], хромати [6], біологічні об'єкти [7], радіонукліди та інші забруднювачі. Для отримання часток магнетиту використовують прості та зручні методи хімічної конденсації, що дозволяє суттєво спростити та здешевити сам процес очищення [8, 9]. Однак процеси очищення стічних вод переробки макулатури лишилися поза увагою дослідників цього напрямку. Тому необхідні дослідження в цьому напрямку дозволять суттєво розширити галузі використання часток магнетиту для очищення води.

Мета роботи. Проведені нами дослідження показали [10], що стічна вода виробництва переробки макулатури Київського картонно-паперового комбінату містить 1.0 – 1.5 г/дм³, а іноді і більше змулених речовин. Відстоювання протягом 1-2 годин дозволяє видалити значну їх частину. Однак, 100 – 200, а інколи і 500 мг/дм³ змулених речовин, представлених високостабільними дрібними волокнами целюлози, частками фарби та заповнювачів, завжди залишаються у відстояній воді. На доочищення такої води і були орієнтовані ці дослідження. Оскільки практично відсутні дані про результати використання в процесах очищення води одночасно з частками магнетиту коагулантів та флокулянтів, то основною метою нашої роботи було вивчення ефективності магніто-сорбційного методу при очищенні стічних вод целюлозно-паперової промисловості та впливу на них допоміжних реагентів.

Методика експериментів. В процесі досліджень нами використовувалася суспензія магнетиту, отримана методом хімічної конденсації з відпрацьованих електролітів травлення. В якості модельного розчину використовували суспензію каоліну із вмістом твердої фази 100 мг/дм³ та стічні води процесів переробки макулатури Київського картонно-паперового комбінату. Для дослідження ефективності віddілення твердої фази (скопу та інших речовин) з використанням часток магнетиту в пробу води об'ємом 100 см³ вносили необхідні дози реагентів та магнетиту (в окремих випадках лише магнетиту) і перемішували протягом 10 хв. Отриману суміш пропускали через електромагнітний фільтр, де віddілялася магнітна фракція суспензії, а у фільтраті визначали залишковий вміст змулених речовин. Електромагнітний фільтр представляв собою соленоїд, робочий простір котрого було заповнено частками подрібненого до розміру ~ 2 мм фериту НН 600. Струм живлення електромагніту – 10 А.

Обговорення результатів. Суть процесу магніто-сорбційної очистки стічних вод полягає у взаємодії колоїдних часток з різними властивостями. В даному випадку - це волокна целюлози, частки фарби, наповнювача і т.п., та частки магнетиту. Відомо, що ξ -потенціал часток магнетиту до pH≤6,5 має позитивне

значення, а при $\text{pH} \geq 6,5$ – негативне. Для волокон целюлози в діапазоні $\text{pH}=2-11$ ξ -потенціал має негативне значення. Однак, для стічних вод переробки макулатури такі залежності навряд чи будуть витримані, зважаючи на значну кількість інших забруднень, котрі в змозі суттєво впливати на ξ -потенціал волокон целюлози та часток магнетиту. Тому очевидно, що реакція середовища повинна суттєво впливати на ефективність вилучення з води змулених речовин. Проведені експерименти показали, що, при початковій концентрації у воді змулених речовин на рівні 136 мг/дм^3 , концентрації магнетиту 230 мг/дм^3 , ефективність вилучення з води змулених речовин для різних pH різна. При $\text{pH}=3-8$ ефективність вилучення мінімальна, а при $\text{pH}>9$ та $\text{pH}<3$ значно зростає. Це підтверджує висновок про те, що ξ -потенціал значної кількості змулених часток відмінний від ξ -потенціалу волокон целюлози. Якраз у діапазоні $\text{pH}=3,0-6,5$, де, з теоретичної точки зору, ефективність очистки має бути максимальною, оскільки ξ -потенціали волокон целюлози та часток магнетиту мають протилежні знаки, вона виявилася мінімальною. Підвищення ефективності в сильнокислій області можна пояснити розчиненням часток магнетиту, активацією їх поверхні та впливом на процес іонів двох- та трьохвалентного заліза. В лужній області, де ξ -потенціал і волокон целюлози і часток магнетиту від'ємний, ріст ефективності можна пояснити наявністю в воді домішок, особливо сполук кальцію та магнію, котрі зміщують ізоіонну точку в область $\text{pH}=11,8$ [11]. Варто відмітити, що приведена залежність не є постійною і може суттєво змінюватись для стічних вод при переробці інших видів макулатури.

Таким чином, в найбільш придатному для очистки води діапазоні pH , ефективність очистки мінімальна. Збільшення концентрації магнетиту не дозволяє суттєво її покращити. Навіть при співвідношенні змулені речовини/магнетит біля 9, ефективність очистки не перевищує 75 %. В той же час, значне збільшення концентрації магнетиту викликає ріст вартості очистки та погіршує загальну ефективність процесу. Проведені дослідження показали, що використання самого лише магнетиту для очищення стічних вод процесів переробки макулатури недостатньо ефективне. Підвищення ефективності шляхом коригування pH та збільшення дози магнетиту також навряд чи доцільно. Тому були досліджені можливості магніто-сорбційного методу при очищенні вказаних вод з використанням допоміжних реагентів – коагулянтів та флокулянтів.

На першому етапі було досліджено різноманітні комбінації реагентів $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , FeCl_3 та часток магнетиту. Як виявилось, при обробці стічної води спочатку сульфатом алюмінію, а потім суспензією магнетиту, ефективність очистки на 5–15 % вища, ніж при протилежній послідовності. В той же час, для сполук заліза ефективність зростає при обробці води спочатку суспензією магнетиту, а потім – солями заліза. При цьому залежність ефективності від pH значна і для кожної сполуки різна. Однозначно пояснити отримані результати досить важко. Впевнено можна лише сказати, що вони підтверджують наявність в воді дуже широкої гами колоїдних забруднень. Очевидно також, що коагулянти необхідно вибирати в кожному конкретному випадку, виходячи з характеристики стічних вод. Як виявилось, саме сульфати алюмінію мають в цьому випадку найнижчу ефективність. Сульфат заліза характеризується найвищою

ефективністю, але в досить вузькому діапазоні pH=9–12, тобто тоді, коли солі заліза (ІІ) повністю гідролізувалися. Найбільш стабільно в усьому діапазоні pH=3–12 працюють солі заліза (ІІІ). Однак, забарвлення осаду, а в ряді випадків і води, не завжди допустиме в технологічних процесах. Тому у випадках, коли скоп не утилізується, в процесах очистки води можна рекомендувати використовувати сполуки заліза, оскільки основним компонентом магнетиту також є сполуки заліза. Тим більше, що їх ефективність досить висока навіть при відносно низьких концентраціях (100 – 150 мг/дм³).

Було також встановлено, що криві залежності ефективності очистки води від концентрації коагулянтів для солей заліза мають екстремальний характер, тобто, при концентраціях вище 300–350 мг/дм³ ефективність знижується. Для сульфату алюмінію при цих концентраціях відмічена лише стабілізація ефективності на рівні ~ 90 %. Але, в будь-якому випадку, з точки зору ефективних концентрацій, найбільш придатним є сульфат заліза (ІІ). Хлорид заліза (ІІІ) та сульфат алюмінію ефективно працюють лише при співвідношенні *коагулянт/змулені речовини* > 1–2.

Оскільки проведеними раніше дослідженнями було встановлено, що найважче із стічних вод виробництва паперу та картону видаляється каолін, ми провели додаткові детальні дослідження по його видаленню магніто-сорбційним методом [12]. Причому, в якості коагулянтів використовували реагенти, котрі сьогодні найчастіше застосовують у відповідній галузі.

Було встановлено, що використання коагулянтів разом з магнетитом дозволило підвищити ефективність освітлення суспензії каоліну у порівнянні з відстоюванням суспензії при використанні реагентів без магнетиту. Кращі результати були отримані при використанні магнетиту в дозах 20–50 мг/дм³ при дозах коагулянтів 10–30 мг/дм³ (по Al₂O₃). При цьому збільшення доз реагентів і магнетиту не забезпечувало істотного збільшення ступеню освітлення суспензії. При освітленні оборотної води з використанням коагулянтів та магнетиту було відмічено збільшення ефективності очищення зі збільшенням доз реагентів і магнетиту.

Аналогічні дослідження, проведені на попередньо відстояних стічних водах Київського картонно-паперового комбінату, показали, що найбільш ефективним є 5/6-гідроксохлорид алюмінію, який при дозах 30–70 мг/дм³ та при дозах магнетиту 150–250 мг/дм³ забезпечує зниження залишкового вмісту зважених речовин до 3–10 мг/дм³. Разом з тим, для очищення стічних вод, що містять ~1500 мг/дм³ зважених речовин, потрібні значні дози коагулянтів. Використання найбільш поширеного коагулянту – сульфату алюмінію в дозах 20–30 мг/дм³ по Al₂O₃ дозволяє майже у два рази збільшити ефективність очищення в порівнянні з вихідною водою. Однак, навіть після такої обробки, залишковий вміст зважених речовин залишається досить значним – 220–260 мг/дм³. Необхідна якість очищення води при використанні сульфату алюмінію забезпечує збільшення його дози по Al₂O₃ до 150–200 мг/дм³. Кращі результати очищення вод із значним вмістом твердої фази отримані при застосуванні 5/6-гідроксохлориду алюмінію. Вже при дозі 50 мг/дм³ по Al₂O₃ він забезпечує зниження вмісту зважених речовин до 100 мг/дм³, а при дозі 100 мг/дм³ – до 50 мг/дм³ [12]. Однак, вартість гідроксохлоридів значно більша в порівнянні із сульфатом алюмінію. Дешо знизити його вартість дозволяє розробка ефективних технологій синтезу основних

хлоридів алюмінію з використанням спеціальних стабілізаторів. Запропонований нами спосіб синтезу алюмініймістких коагулянтів дозволяє отримувати стабільні розчини солей алюмінію при використанні як карбонату, так і оксиду кальцію. Більше того, вдалося отримати не лише стабільні гідроксохлориди, але і гідроксосульфати алюмінію.

Була досліджена можливість використання в процесах очищення стічних вод целюлозно-паперових виробництв флокулянтів. На першому етапі в дослідах використовували флокулянти ВПК-402, ПАА та ПЕІ.

Найбільш стабільно в досить широкому діапазоні pH працює ПЕІ. Для ВПК-402 характерна значна ефективність лише при високих pH, тоді як ПАА погано працює в усьому діапазоні. Причому, збільшення концентрації флокулянтів вище 5 мг/дм³ суттєво на ефективність очистки не впливає. Застосування поліакриламіду не завжди виправдовує надії на суттєве поліпшення ефективності процесу очищення води і при спільному використанні із коагулянтами. Використання невеликих доз коагулянтів (20–30 мг/дм³) і поліакриламіду в концентраціях 0,4–2,0 мг/дм³ супроводжується зниженням залишкового вмісту завислих речовин на 50–60 мг/дм³. При збільшенні дози коагулянтів позитивний вплив поліакриламіду на ефективність очищення води знижується. Мало впливає на підвищення ступеню очищення і зміна дози поліакриламіду при постійній дозі коагулянту. Було встановлено, що при початковій концентрації змулених речовин в діапазоні 1200–1500 мг/дм³ найбільш ефективними були дози флокулянтів ВПК – 402 та поліетиленіміну на рівні 5–10 мг/дм³. В той же час такі флокулянти як метацид та аніліно-формальдегідна смола виявилися малоефективними. Детальні дослідження відомих та синтезованих нами, на основі реакції з епіхлоргідрином, флокулянтів показали, що не завжди збільшення концентрації реагенту супроводжується відповідним ростом ефективності відділення твердої фази.

Останнім часом на ринку України з'явилося досить багато нових типів флокулянтів іноземного виробництва. Тому нами були проведені дослідження з підвищення ефективності магнітно-сорбційного методу при використанні в якості допоміжних реагентів флокулянтів «Алкофікс», «Перкол 455», «Магнафлок 24» фірми «СІБА» і реагенту «Праестол 611 ВР» фірми Штохгаузен. Результати освітлення магніто-сорбційним методом суспензії каоліну показало, що використання вказаних флокулянтів разом з магнетитом дозволяє підвищити ефективність освітлення суспензії. Аналогічні результати отримані і при освітленні описаним методом стічних вод Київського картонно-паперового комбінату. При використанні катіонних флокулянтів з магнетитом було досягнуто істотного зниження концентрації зважених речовин у воді (до 21–47 мг/дм³ при дозах флокулянтів 5 мг/дм³ і дозах магнетиту 100–150 мг/дм³).

Висновки. Проведені дослідження показали, що при використанні в процесі очищення лише суспензії магнетиту досягнути значної ефективності вилучення твердої фази не вдається. Це пояснюється наявністю у воді значної кількості домішок із самими різними поверхневими властивостями. При спільному використанні флокулянтів, коагулянтів і магнетиту може бути досягнуто значне підвищення ефективності очищення води. Серед досліджених коагулянтів найбільш ефективним виявився сульфат заліза (ІІ) та хлорид заліза (ІІІ), для яких

максимум ефективності спостерігався при дозах 200 – 250 мг/дм³. Подальше збільшення дози коагулянту супроводжувалося зростанням залишкової мутності та зменшенням ефективності очищення. Сульфат алюмінію виявився менш ефективним, однак 5/6-гідроксохлорид алюмінію показав високу ефективність при обробці стічних вод целюлозно-паперових виробництв. Дослідження ефективності флокулянтів показало, що найбільш придатною із вітчизняних марок є поліетиленімін. Всі інші марки, в т. ч. і зарубіжних компаній, забезпечують приблизно однакову ефективність очищення води.

Список літератури: 1. *Petrakis, L. Use of HGMS techniques for removal of oil and solids from water effluents [Text] / L. Petrakis, P. Ahner // IEEE Transactions on Magnetics. – 1976. – Vol. 12, Issue 5. – P. 1230–1233.* 2. *Anderson, N. J. Water and wastewater treatment with reusable magnetite particles [Text] / N. J. Anderson, B. A. Bolto, D. R. Dixon and other // Water Sci. and Technol. – 1982. – Vol. 14, Issue 9-11. – P. 1545–1546.* 3. *Аллен, Д. М. Применение магнитных фильтров для очистки избыточных ливневых стоков [Текст] / Д. М. Аллен, Д. А. Обертоффер // Советско-американский симпозиум по обработке сточных вод в сооружениях физико-механической очистки (США, г. Цинциннати, 5-6 апреля 1977). – М., 1977. – С. 168–213.* 4. *Mikhailovsky, V. L. Water and Wastewater Treatment Using Ferrites [Text] / V. L. Mikhailovsky, V. M. Radovenchik // Chemical Water and Wastewater Treatment. IV Proceedings of the 7th Gothenburg Symposium, Edinburgh, Scotland, 1996. – P. 49–60.* 5. *Krumm, E. Phoschatabscheidung mittels Magnetseparation [Text] / E. Krumm // Entsorg. Prax. – 1991. – Vol. 4. – P. 174–176.* 6. *Anderson, N. J. A method for chromate removal from cooling tower blowdown water [Text] / N. J. Anderson, B. A. Bolto, L. Pawlowski // Nucl. and Chem. Waste Manag. – 1984. – Vol. 5, № 2. – P. 125–129.* 7. *Bolto, B. A. Water purification with magnetic particles [Text] / B. A. Bolto, T. H. Spurling // Environ. Monit. and Assessment. – 1991. – Vol. 19, № 31-3. – P. 139–143.* 8. *Toshio, Sawa Formation of oxides and hidroxides of iron in ultra pure water [Text] / Sawa Toshio, Izumi Kenkichi // World Congr. III Chem. Eng. (Tokyo, Sept. 21-25). – 1986. – Vol. 2, S. 1. – P. 996–999.* 9. *Masao, G. Preparation of monodisperse magnetite sols in W/O microemulsion [Text] / G. Masao, K. Kijiro, K. Kazuhiko, K. Agao // J. Colloid. and Interface Sci. – 1983. – Vol. 93, Issue 1. – P. 293–295.* 10. *Радовенчик, В. М. Очистка стічних вод підприємств переробки макулатури магніто-сорбційним методом [Текст] / В. М. Радовенчик, А. В. Превер, В. А. Кириченко, В. О. Овсянкіна // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 4. – С. 28–32.* 11. *Гомеля, М. Д. Вплив pH на ефективність механічної очистки стічних вод виробництва картону [Текст] / М. Д. Гомеля, А. В. Превер, В. М. Радовенчик // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 2. – С. 62–65.* 12. *Гомеля, Н. Д. Повышение степени осветления оборотных вод при производстве бумаги и картона с применением магнетита [Текст] / Н. Д. Гомеля, В. М. Радовенчик, А. С. Коваль // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27, № 3. – С. 283–293.* 13. *Превер, А. В. Оценка эффективности коагулянтов при очистке сточных вод картонного производства [Текст] / А. В. Превер, В. М. Радовенчик // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 1. – С. 65–68.*

Bibliography (transliterated): 1. *Petrakis, L., Ahmer, P. (1976). Use of HGMS techniques for removal of oil and solids from water effluents. IEEE Transactions on Magnetics, 5, 1230–1233.* 2. *Anderson, N., Bolto, B., Dixon, D. (1982). Water and wastewater treatment with reusable magnetite particles. Water Science and Technology, 9-11, 1545–1546.* 3. *Allen, D., Obertoyfer, D. The magnetic filters application for excess rain effluents treatment. (1977). Soviet-American symposium of wastewater treatment in the physical and mechanical cleaning plants. Cincinnati, 168–213.* 4. *Mikhailovsky, V., Radovenchik, V. (1996). Water and Wastewater Treatment Using Ferrites. Chemical Water and Wastewater Treatment. IV Proceedings of the 7th Gothenburg Symposium, Edinburgh, Scotland, 49–60.* 5. *Krumm, E. (1991). Phoschatabscheidung mittels Magnet separation. Entsorg. Prax., 174 - 176.* 6. *Anderson, N., Bolto, B., Pawlowski, L. (1984). A method for chromate removal from cooling tower blowdown water. Nuclear and Chemical Waste Management, 2, 125 - 129.* 7. *Bolto, B., Spurling, T. (1991). Water purification with magnetic particles. Environmental Monitoring and Assessment, 31-3, 139–143.* 8. *Sawa, T., Izumi, T. (1986). Formation of oxides and hidroxides of iron in ultra pure water [Text] / Sawa Toshio, Izumi Kenkichi // World Congr. III Chem. Eng. (Tokyo, Sept. 21-25).* 9. *Masao, G. Preparation of monodisperse magnetite sols in W/O microemulsion [Text] / G. Masao, K. Kijiro, K. Kazuhiko, K. Agao // J. Colloid. and Interface Sci. – 1983. – Vol. 93, Issue 1. – P. 293–295.*

K. (1986). Formation of oxides and hidroxides of iron in ultra pure water. World Congress III Chem. Eng. Tokyo, 2, 996–999. **9.** Masao, G., Kijiro, K., Kazuhiko, K., Agao, K. (1983). Preparation of monodisperse magnetite sols in W/O microemulsion. J. Colloid. and Interfase Sci., 1, 293–295. **10.** Radovenchyk, V., Prever, A., Kirichenko, V., Ovsyankina, V. (2000). Wastewater treatment of waste paper recycling enterprises by magnetic sorption method. Ecotechnology and resource, 4, 28–32. **11.** Gomelya, M., Prever, A., Radovenchyk, V. (1998). The pH effluent on effectiveness of mechanical wastewater treatment from wastepaper recycling processes. Ecotechnology and resource, 2, 62–65. **12.** Gomelya, M., Radovenchyk, V., Koval, A. (2005). Increasing the clarification degree of circulating water in the paper and paperboard production using magnetite. Chemistry and Water Technology, 3, 283–293. **13.** Prever, A., Radovenchyk, V. (1999). Evaluating of coagulants effectiveness in wastewater treatment of paperboard production, Ecotechnology and resource, 1, 65–68.

Надійшла (received) 25.07.2014

УДК 504.75

В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ»
Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, канд. техн. наук, доц., ХНУРЭ, Харків

ЕНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КРИЗИС РАЗРЕШИТ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЕНЕРГЕТИКА

Рассмотрены традиционные источники получения энергии и показаны их недостатки. Выполнены исследования по определению наличия энергии в пирамидах, построенных по принципу египетских пирамид. Полученные результаты позволили сделать вывод о перспективности разработки технологий получения энергии в пирамидах.

Ключевые слова: энергетика, источники энергии, недостатки, преимущества, энергия космоса, пирамиды.

Введение. Сложившаяся в настоящее время негативная и угрожающая ситуация на Украине с энергетическим обеспечением потребностей населения, является прямым следствием неудовлетворительных исследований альтернативных источников энергии. Следующие заголовки статей в журналах и интернете, а также происходящее в стране свидетельствует о сильнейшем энергетическом кризисе. Правительство Украины предпринимает определенные меры, формирует нормативную базу, но этого недостаточно [1-3]. Но неужели это пришло неожиданно или свалилось на нас откуда-то «сверху»? Про необходимость развития энергетики во всех её возможных формах говорится уже более века, и учёные показали массу вариантов выхода из этой ситуации. Почему же к науке, предлагающей альтернативные источники энергии, которые применяют во всём мире, никто не прислушивается и теперь надо опять «изобретать велосипед»? Все знают, что применение традиционных источников энергии, а именно – гидростанций, атомных и тепловых электростанций является сложным, разрушительным для природной среды и экономически зависимым от многих факторов процессом. В настоящее время в Украине стали активно предлагать к внедрению нетрадиционные (альтернативные) источники энергии, но, к сожалению, и они тоже имеют свои недостатки, что не позволяет их широко применять [4-8].

© В. В. БЕРЕЗУЦКИЙ, Н. Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, 2014

Цель работы. Анализ существующих традиционных и нетрадиционных источников энергий, обоснование исследований и внедрения, рациональных и малоопасных для природы источников энергии - пирамид.

Анализ существующих источников энергии. Наиболее распространенным источником энергии на постсоветском пространстве являются гидроэлектростанции, которые в качестве источника энергии используют энергию водного потока. Гидроэлектростанции обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища [9]. Для эффективного производства электроэнергии на ГЭС необходимы два основных фактора: гарантированная обеспеченность водой круглый год и возможно большие уклоны реки, благоприятствуют гидроизостроительству каньоны и подобные каньонам виды рельефа. Недостатки: строительство ГЭС обычно более капиталоёмкое, чем тепловых станций; часто эффективные ГЭС более удалены от потребителей, чем тепловые станции; водохранилища часто занимают значительные территории; плотины зачастую изменяют характер рыбного хозяйства, поскольку перекрывают путь к нерестилищам проходным рыбам и т.п.

Одной из наиболее распространенных тепловых электростанций является тепловая электростанция (или тепловая электрическая станция) — электростанция, вырабатывающая электрическую энергию за счет преобразования химической энергии топлива в механическую энергию вращения вала электрогенератора [10]. Самые мощные ТЭС в Украине - Запорожская и Углегорская, каждая из которых производит более 600 МВт электроэнергии. Тепловые электростанции работают на относительно дешевом органическом топливе - угле и мазуте, это невосполнимые природные ресурсы. Сегодня основными энергетическими ресурсами в мире являются уголь (40%), нефть (27 %) и газ (21 %). По некоторым оценкам этих запасов хватит на 270, 50 и 70 лет соответственно, и то при условии сохранения нынешних темпов потребления. При сжигании топлива на ТЭС образуются продукты сгорания, в которых содержатся: летучая зола, частички несгоревшего пылевидного топлива, серный и сернистый ангидрид, оксид азота, газообразные продукты неполного сгорания [11].

Атомная энергетика является важным элементом энергообеспечения населения и промышленности Украины, объем которой составляет около 50% электроэнергии, вырабатываемой в стране. Исходя из этого, успешное функционирование атомной энергетики является очень необходимым. В 70-80-е годы в стране развернулось строительство сети АЭС. Первой из них была Чернобыльская (ЧАЭС), блок №1 которой был введен в эксплуатацию в 1977 г. В последующие годы развернулось строительство Ровенской, Южно-Украинской, Запорожской и Хмельницкой станций. Сегодня в Украине работают четыре АЭС, на которых действуют 15 энергоблоков типа ВВЭР (водо-водянной энергетический реактор) общей мощностью 13880 МВт. За последнее десятилетие общее ежегодное производство электроэнергии в Украине увеличилось, возросла и доля энерговыработки на атомных электростанциях. То есть, атомная энергетика стала основным стабилизирующим фактором энергосистемы страны [12]. Пост чернобыльский синдром все еще продолжает оказывать сильное воздействие на общественное мнение по данному вопросу. Кроме этого, существуют серьезные

недостатки существующей ядерной технологии (накопление долгоживущих изотопов трансурановых элементов, прежде всего оружейного плутония; огромные расходы на вывод из эксплуатации блоков, отработавших свой ресурс), поэтому некоторые специалисты убеждены в том, что у атомной энергетики Украины нет будущего [13].

Нетрадиционные источники энергии в Украине, к которым относятся: системы, использующие солнечную энергию, тепловые насосы, ветрогенераторы, электростанции на альтернативных источниках энергии; биогазовые установки. К сожалению, выше названные источники пока встречаются крайне редко и, как правило, развиваются без должной помощи государственных органов. Чаще всего это самодельные устройства с применением разных элементов отечественного и зарубежного производства [14].

В научной литературе очень мало внимания уделяется энергетике египетских пирамид. Информация об их предназначении очень противоречива, но известно, что они способны аккумулировать энергию неизвестного происхождения, которую связывают с космосом. Мы провели эксперимент с пирамидкой. Задачей эксперимента является определение энергетического воздействия пирамидки на биологические объекты, находящиеся в технических эмульсиях.

Ход эксперимента. Эксперимент проводился в пирамидке, выполненной из прозрачного органического стекла, через которое можно было визуально наблюдать за ходом эксперимента. Учитывая то, что водная эмульсия была серо-белого цвета, у исследователей была возможность наблюдать за процессом визуально. Кроме этого присутствовал характерный запах процессов жизнедеятельности микроорганизмов. Эксперимент проводился параллельно с контрольной пробой, размещенной вне пирамидки. Температура в помещении, где проводился эксперимент, была 20-22 °С. В ходе наблюдений за пробой, было отмечено, что через 1-1,5 часа в эмульсии около стенок бюкса, началось осветление и образование чистых белых участков. Одновременно, в придонной области бюкса, началось розовое окрашивание воды в виде перевернутого гриба. Под крышкой бюкса появились капли влаги, что свидетельствует о выделении газов микроорганизмами. Через 3 – 3,5 часа розовое окрашивание пропало, вся техническая вода осветлилась, по сравнению с исходной пробой. Через 24 часа наблюдали в бюксе наличие осветленной технической воды (белого цвета, какая она должна быть по ТУ), на поверхности крышки была влага в виде капель, на дне бюкса незначительный, но видимый осадок. Биологический анализ пробы в пирамидке показал, что за это время, концентрация бактерий по 5 бальной шкале, снизилась с 4 до 0 баллов. В параллельной пробе (вне пирамиды) ни каких видимых изменений не произошло. На основе проведенного эксперимента, был сделан вывод, о том, что в результате воздействия неизвестной энергии, начался активный рост микроорганизмов, процесс наблюдали по увеличению их концентрации в центре бюкса, затем они погибли пораженные этой неизвестной энергией.

Размеры пирамидки были незначительны (длина стороны 0,25 м), а отсюда и незначительный поток энергии, но и его хватило для демонстрации возможностей аккумулирования и передачи энергии космоса. Разработаны рекомендации, для изготовления промышленных ёмкостей, предназначенных для обеззараживания

жидкостей. Энергетика пирамид позволяет получать электроэнергию и использовать ее для нужд населения и промышленности. В настоящее время, исследователи пошли уже значительно дальше в этом вопросе и большое количество материала опубликовано по

исследованию влияния пирамид на жизненные процессы человека и природы, в тоже время, показано, что пирамиды являются аккумуляторами энергии космоса, которая поступает без ограничения и её надо только правильно распределить, и использовать.

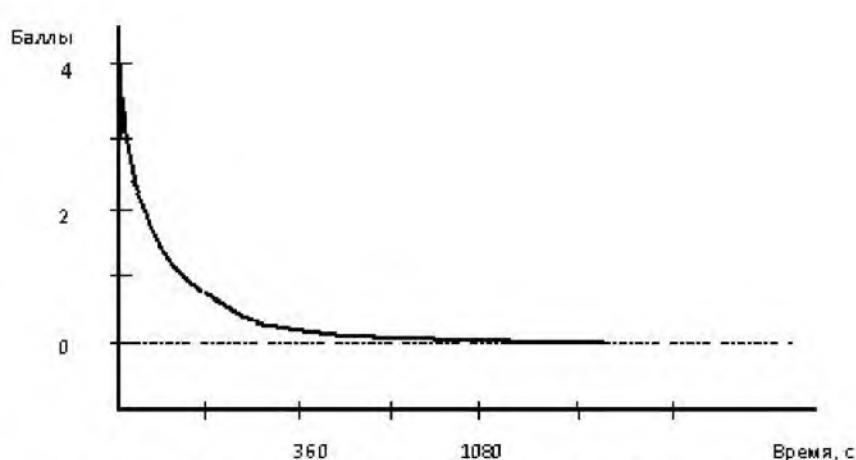


Рис.1 – Кинетическая зависимость уменьшения количества микроорганизмов в бакте

Выводы. Пирамиды являются источником энергии космического происхождения, которую можно использовать в различных сферах народного хозяйства. Необходимо оптимизировать все существующие альтернативные источники энергии и особое внимание обратить на исследование энергий генерируемых в пирамидах. Такие источники энергии являются будущим не только в электрической энергетики, но и в лечебной практике, поэтому их необходимо изучать, и расширять применение.

Список литература: 1. Україна. Закони. Про внесення змін до Закону України «Про електроенергетику» щодо стимулування використання альтернативних джерел енергії: Закон України, 1 квіт. 2009 р. №1220- VI // Урядовий кур'єр. – 2009. – 22 квіт. – С. 13 (Дод. «Орієнтир» №15); Голос України. – 009. – 22 квіт. – С.7.; Офіційний вісник України. – 2009. - №30. – С.9-11. 2. Україна. Закони. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу: Закон України, 25 верес. 2008 р. №601-VI // Урядовий кур'єр. – 2008. – 21 жовт. – С.11.; Голос України. – 2008. – 21 жовт. – С.3.; Офіційний вісник України. – 2008. - №79. – С.109-110.; Відомості Верховної Ради України. – 2009. - №13. – С.446-447. 3. Україна. Закони. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо стимулування заходів з енергозбереження: Закон України, 16 берез. 2007 р. №760-V // Голос України. – 2007. – 5 черв. – С.5. 4. Воздушный эскалатор перевезет на Землю энергию неба: [текст] // Инженер. – 2007. - №7. – С.16. 5. Вольвач А. "Седьмой континент" как поставщик энергетических ресурсов и стартовая площадка для землян [текст] / А. Вольвач // Винахідник і раціоналізатор: науково-технічний журнал. - 2007. - № 4. - С. 38-41. 6. Гзюнгер С. Можливості енергії для всіх [текст] / Стефан Гзюнгер // Зелена енергетика. - 2008. - № 3. - С. 4-5. 7. Попель О. Перспективы развития возобновляемых источников энергии: роль ВИЭ в энергетике [текст] / Попель О. // Энергия: экономика, техника, экология: научно-технический журнал - 2007. - №7 . - С. 2-12. 8. Стребков Д.С. Возобновляемая энергия будущего [текст] / Д.С. Стребков // Энергия: экономика, техника, экология: научно-технический журнал. - 2007. - №2 . - С. 21-25. 9. Свободная библиотека Википедия. Гидроэлектростанция. Интернет источник: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидроэлектростанция>; 10. Свободная библиотека. Википедия. Список тепловых электростанций Украины. Интернет источник: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_тепловых_электростанций_Украины](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_теплових_электростанций_Украины)

тепловых_электростанций _Украины; **11.** Сохраним планету. Материалы по экологии. Влияние ТЭС на окружающую среду. Интернет источник: http://www.saveplanet.su/articles_114.html; **12.** Атомная энергетика Украины. Официальный сайт Южно-Украинского энергокомплекса. Интернет источник: http://www.sunpp.mk.ua/ru/nuclear/ukraine_power_engineering; **13.** Е.Д. Домашев, А.А. Шрайбер Возможности повышения безопасности атомной энергетики Украины. Интернет источник: <http://masters.donntu.edu.ua/2008/eltf/sokolov/library/article1.htm> **14.** Альтернативные источники энергии в Украине. Интернет источник: <http://prom.ua/Alternativnye-istochniki-energii>

Bibliography (transliterated): **1.** Ukraine. Laws. On Amending the Law of Ukraine "On Electricity" to stimulate the use of alternative energy sources: the Law of Ukraine on Apr 1. 2009 p. №1220- VI // Governmental Courier. - 2009 - Apr 22. - S. 13 (Aux. "Reference" №15) .; Voice of Ukraine. - 009. - Apr 22. - C.7 .; Official Bulletin of Ukraine. - 2009. - №30. - S.9-11. **2.** Ukraine. Laws. On amending some laws of Ukraine concerning establishment of "green" tariff law of Ukraine, Sept. 25. 2008 p. №601-VI // Governmental Courier. - 2008 - Oct 21. - P.11 .; Voice of Ukraine. - 2008 - Oct 21. - C.3 .; Official Bulletin of Ukraine. - 2008. - №79. - S.109-110 .; Supreme Council of Ukraine. - 2009. - №13. - S.446-447. **3.** Ukraine Laws. On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on the promotion of energy efficiency measures: the Law of Ukraine, 16 march. 2007 p. №760-V // Voice of Ukraine. - 2007 - Jun 5. - C.5. **4.** Air escalator will carry the energy of the Earth sky [text] // Engineer. - 2007. - №7. - P.16. **5.** Volvach A. "The Seventh Continent" as a supplier of energy resources and a launching pad for earthlings [Text] / A. Volvach // Inventor: scientific journal.. - 2007. - № 4. - S. 38-41. **6.** Gzyunger S. Possibilities of energy for all [text] / Stephen Gzyunger // Zielona Energetics. - 2008. - № 3. - P. 4-5. **7.** Popel O. Prospects of development of renewable energy sources: the role of renewable energy in the energy sector [text] / O. Popel // Energy: economics, technology, ecology, scientific journal - 2007. - №7. - P. 2-12. **8.** D.S Strebkov Renewable energy is the future [text] / D.S Strebkov // Energy: economics, technology, ecology, scientific journal. - 2007. - №2. - P. 21-25. **9.** Free Library Wiki. Hydroelectric [text] Internet Source: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Hydropower>; **10.** Free Library. Wikipedia. List of thermal power plants in Ukraine [text] Internet Source: https://ru.wikipedia.org/wiki/Spisok_teplovyh_elektrostantsy_Ukrainy; **11.** Save the Planet. Materials on ecology. Effect of TPP on the environment [text] Internet Source: http://www.saveplanet.su/articles_114.html; **12.** Atomic Energy of Ukraine. Official site of the South Ukrainian power sector [text] . Internet source: http://www.sunpp.mk.ua/ru/nuclear/ukraine_power_engineering; **13.** E.D Domashev, AA Schreiber Possibilities of increasing the safety of nuclear energy in Ukraine [text] . Internet Source: <http://masters.donntu.edu.ua/2008/eltf/sokolov/library/article1.htm>; **14.** Alternative energy sources in Ukraine [text]. Internet Source: <http://prom.ua/Alternativnye-istochniki-energii>

Поступила (received) 12.09.2014

A. В. ЯЦИШИН, д-р техн. наук, с. н. с., Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ;

О. О. ПОПОВ, канд. техн. наук, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України», Київ;

В. О. АРТЕМЧУК, канд. техн. наук, Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

В статті виконано аналіз кількісних методів вимірювання параметрів навколишнього природного середовища, до яких відносяться хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні методи. Здійснено класифікацію кожного із зазначених методів кількісного аналізу. Визначені умови та межі застосування даних методів. Показано їх основні переваги та недоліки.

Ключові слова: кількісний аналіз, метод вимірювання, параметри, навколишнє природне середовище.

Вступ. В Україні та інших розвинутих країнах світу для комплексної оцінки стану навколишнього природного середовища (НПС) під впливом природних процесів і людської діяльності використовуються системи моніторингу довкілля.

Моніторинг здійснюється з метою вивчення та прогнозування змін НПС і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо прийняття управлінських рішень з питань екологічної безпеки, запобіганню виникнення аварій та катастроф, захисту населення і територій у разі надзвичайних ситуацій природного та антропогенного (техногенного) походження, збереження якості природного середовища та вирішення задач раціонального природокористування [1, 2].

Прогрес у дослідженнях НПС пов'язаний з рівнем розвитку сучасних методів та засобів вимірювань його параметрів. На сьогоднішній день для дослідження довкілля використовуються різні сучасні методи.

Метою роботи є порівняльний аналіз найбільш відомих сучасних кількісних методів дослідження довкілля, які використовуються для вимірювання параметрів НПС, а також здійснення їх класифікації та визначення умов та меж застосування.

Класифікація і характеристика основних методів спостереження. Методи дослідження поділяють на якісні і кількісні. Завданням якісного аналізу є виявлення певного хімічного елемента або сполуки чи встановлення складу досліджуваної речовини, кількісного – визначення кількісного вмісту речовини в досліджуваній пробі або встановлення кількісних співвідношень між складовими частинами речовини. Якісний аналіз зазвичай передує кількісним визначенням.

На основі вимірюваних параметрів методи кількісного аналізу поділяють на хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні. На рис. 1 представлена більш детальна класифікація методів кількісного аналізу [3, 4].

© А. В. Яцишин, О. О. Попов, В. О. Артемчук, 2014



Рис. 1–Класифікація методів кількісного аналізу

Хімічні методи ґрунтуються на використанні хімічних реакцій для визначення складу системи. Так, використовуючи реакцію, характерну для певного іона з утворенням пофарбованого комплексу, осаду, малодисоційованої сполуки, можна провести якісний і кількісний хімічний аналіз.

Кількісне визначення речовини хімічними методами складається з трьох етапів.

Перший етап – відмірювання певної кількості речовини для аналізу. Для цього речовину зважують або вимірюють об'єм її розчину.

Другий етап – проведення хімічної реакції, у результаті якої компонент, що його визначають, перетворюється на сполуку з певними хімічними та фізичними властивостями.

Третій етап – вимірювання показника якоїсь фізичної властивості, за значенням якого роблять висновок про кількість визначуваного компонента.

У табл. 1 наведено характеристики основних методів кількісного аналізу [5-7].

Гравіметричний (ваговий) метод. Метод ґрунтуються на кількісному переведенні визначуваного компонента в малорозчинну сполуку і зважуванні продукту після виділення, промивання, висушування чи прожарювання. Гравіметричний аналіз є найбільш точним з хімічних методів аналізу. Царина його використання дуже широка, оскільки кожен елемент (за одиничними винятками) утворює ті чи інші важкорозчинні сполуки, у вигляді яких він може бути кількісно визначений ваговим методом. Однак цей метод має також дуже істотний недолік, який полягає в значній тривалості вагових визначень. Результати аналізу отримуються приньому в кращому разі через кілька годин, найчастіше ж аналіз завершується лише наступного дня. Таке повільне виконання аналізів часто не відповідає потребам практики.

Об'ємний (титрометричний) метод. Цей метод аналізу ґрунтуються на вимірюванні об'єму розчину реагенту відомої концентрації, витраченого на

взаємодію з аналізованою речовиною за умови, що речовини вступають у реакцію у стехіометричних кількостях.

Таблиця 1 – Характеристика основних методів кількісного аналізу

№	Метод	Межа відкриття	Визначені інгредієнти об'єктів природного навколошнього середовища		
			Грунти, донний мул	Природні води	Повітря
1.	Гравіметричний	10^{-4}	Вологість, мінеральні залишки, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , вуглеводні	SO_4^{2-} , нафтопродукти, мінеральний залишок, завислі частинки	Вміст пилу
2.	Об'ємний (титрометричний)	10^{-3}	CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca , Mg	Кисень, CO_2 , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , H_2S , Cl^- , NH_4^+ , твердість води	Кислоти та кислотні оксиди
3.	Фотометричний	10^{-6}	NO_2^- , NO_3^- , F^- , PO_4^{3-} , Al , Hg , Cu , NH_4^+	Кольоровість, органічні речовини, H_2S , NO_2^- , NO_3^- , P , Al , Cu , Fe	CO , CS_2 , SO_2 , HCl , HNO_3 , Al , Fe , Pb , пестициди, деякі органічні сполуки
4.	Спектральний				
4.1	Полум'яний	10^{-10}	Na , K	Li , Na , K , Ca	Li , Cs , K
4.2	Електроскопія видів	10^{-10}	Метали, мікроелементи, бор	Li , Na , K , Ca , Sr , Ba , Cu , Pb , Al , Fe	Be
4.3	Атомно-поглинаюча спектроскопія	10^{-10}	Cu , Ni , Zn , Hg , Pb , Cr	Ca , Mg , Cu , Pb , Hg	Hg , Cd , Sr , Cu , Pb
5.	Потенціометричний	10^{-10}	pH, F^- , NO_3^- , K , Ca	pH, F^- , NO_3^- , Cl^- , Cu , Ca , K , окисно-відновний потенціал	HF, ненасичені органічні сполуки
6.	Люмінесцентний	10^{-10}	Нафтопродукти	Нафтопродукти, хлорорганічні ароматичні сполуки, спирти, ацетон	Смолові речовини, ароматичні вуглеводні
7.	Хроматографічний	10^{-11}	Нафтопродукти, хлорорганічні сполуки, вуглеводні, пестициди	Na , K , NH_4^+ , Mg , Ca , Cl^- , SO_4^{2-} , органічні сполуки	CO , CO_2 , Cl_2 , SO_2 , CCl_4 , Cu , Al , органічні сполуки
8.	Радіоізотопний	10^{-15}	Sr-90, Cs-137, U-238	Sr-90, Cs-137, U-238, Pu-239	Sr-90, Cs-137

За швидкістю виконання об'ємний аналіз має значну перевагу перед ваговим аналізом. Зіставлення об'ємного аналізу із гравіметричним показує, що замість тривалих і кропітких операцій: осадження (з подальшим дозріванням осаду),

фільтрування, промивання, прожарювання пустого тигля й тигля з осадом тощо за об'ємного аналізу проводять лише одну операцію – титрування. Точність об'ємних визначень зазвичай дещо менша, ніж точність гравіметричних, оскільки зважування на аналітичних вагах дещо точніше, аніж точне вимірювання об'ємів бюреткою.

За своїм характером реакції, які використовують в об'ємному аналізі, належать до різних типів. З огляду на це, об'ємні визначення можна поділити на такі основні методи: метод нейтралізації, методи окиснення-відновлення, методи осадження й комплексутворення [6–8].

Фізико-хімічні методи. Фізико-хімічні методи ґрунтуються на залежності фізичної властивості від хімічного складу аналізованого середовища.

Фізичні й фізико-хімічні методи об'єднують спільна назва інструментальні методи аналізу. Методика проведення фізико-хімічних аналізів переважно однаакова і зводиться до такого:

- залежно від аналізованої системи обирається необхідний метод аналізу;
- готується ряд стандартних розчинів (серій);
- вимірюються фізичні властивості розчинів на відповідному приладі;
- за отриманими даними будується калібрувальний графік у координатах склад – властивість;
- вимірюється фізична властивість аналізованого зразка й за графіком визначається його склад.

Залежно від використовуваного фізичного явища фізико-хімічні методи аналізу поділяються на оптичні, фотометричні, електрохімічні, хроматографічні (табл. 2). Чутливість фізико-хімічних методів визначається двома факторами: інтенсивністю вимірюваної фізичної властивості і чутливістю детекторів сигналу в приладі [1, 5–7].

Оптичні методи. В основі оптичних методів аналізу лежить зв'язок між оптичними властивостями системи та її складом. До оптичних методів аналізу належать рефрактометрія, інтерферометрія та поляриметрія.

Фотометричні методи. Фотометричний аналіз ґрунтуються на переведенні визначуваного елемента в забарвлений сполуку й вимірюванні оптичної густини отриманого розчину. Точність методу й частково чутливість та специфічність залежать від способу вимірювання.

Залежно від способу вимірювання розрізняють такі методи фотометричного аналізу: спектрофотометрія, фотоколориметрія, фотонефелометрія, фоттурбидиметрія, нефелометричний та турбидиметричний методи.

Електрохімічні методи. Електрохімічні методи аналізу ґрунтуються на взаємозв'язку електрохімічних властивостей системи з її складом. Електрохімічні методи базуються на взаємодії речовини з електричним струмом і навпаки. До електрохімічних методів належать: електроваговий аналіз, потенціометричний аналіз, кондуктометричний аналіз, полярографічний метод, амперометричне титрування, кулонометричний метод.

Таблиця 2 – Класифікація основних фізико-хімічних методів аналізу

№	Методи аналізу	Вимірюване фізичне явище	Вимірювана фізична величина
1.	Оптичні		
1.1	Рефрактометрія	Заломлення світла	Показник заломлення
1.2	Інтерферометрія	Інтерференція світла	Різниця показників заломлення
1.3	Поляриметрія	Обертання площини поляризації світла речовиною	Питоме обертання
2.	Фотометричні		
2.1	Спектрофотометрія	Поглинання молекулами та іонами, які містяться в розчині монохроматичного випромінювання	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь розчин
2.2	Фотоколориметрія	Поглинання розчином забарвленої речовини поліхроматичного випромінювання	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь розчин
2.3	Фотонефелометрія	Розсіювання і відбивання світлового потоку сусpenзією або колоїдним розчином	Інтенсивність світлового потоку, розсіяного сусpenзією речовини
2.4	Фототурбидиметрія	Розсіювання і відбивання світлового потоку сусpenзією або колоїдним розчином	Інтенсивність світлового потоку, що пройшов крізь шар сусpenзії
3.	Електрохімічні		
3.1	Потенціометрія	Вимірювання електродних потенціалів системи у процесі хімічної реакції	Електродний потенціал
3.2	Кондуктометрія	Вимірювання електропровідності розчину у процесі хімічної реакції	Електропровідність, електроопір
3.3	Полярографія	Поляризація електроду	Сила струму, напруга
3.4	Кулонометрія	Вимірювання кількості струму, що затрачається на електродну реакцію	Кількість струму
4.	Хроматографічні		
4.1	Газова	Вибіркова адсорбція	Показник розподілу речовин (хроматографічний пік)
4.2	Розподільча	Вибіркова адсорбція	Коефіцієнт розділення речовин
4.3	Тонкошарова	Вибіркова адсорбція	Коефіцієнт розділення речовин

Хроматографічні методи. Хроматографічний аналіз – метод розподілу, якісного виявлення та кількісного визначення компонентів рідких і газоподібних сумішей, що ґрунтуються на різному їхньому розподілі між рухомою і нерухомою фазами.

Залежно від фізико-хімічної природи взаємодії речовин, котрі розділяються, між рухомою і нерухомою фазами, розрізняють такі найважливіші види хроматографії: іонообмінна, адсорбційна, розподільча, осадочна, гель-хроматографія, ліганндна (ліганднеобмінна).

Перелічені види хроматографії належать до рідинної хроматографії (рухома фаза – рідина). Крім цього, існує газова хроматографія, в якій рухомою фазою є газова, а нерухома фаза може бути твердою або рідкою.

Фізичні методи. Фізичними методами визначається властивість, що безпосередньо залежить від природи атомів та їхньої концентрації в системі, наприклад інтенсивність радіоактивного випромінювання [4, 6].

При застосуванні фізичних методів аналізу якісне виявлення або кількісне визначення складових частин речовини проводять спостереженням або вимірюванням певних показників її фізичних властивостей. У фізичних методах хімічних реакцій немає або ж вони мають другорядне значення. Спільним для фізичних і фізико-хімічних методів аналізу є використання більш-менш складної апаратури для вимірювання оптичних, електричних або інших властивостей речовини. Залежно від досліджуваного фізичного явища і вимірюваної фізичної властивості ці методи аналізу поділяються: на спектральний, радіометричний, рентгеноспектральний, люмінесцентний аналіз, метод ядерного магнітного резонансу.

Спектральний аналіз. Спектральний аналіз – це метод аналізу, який ґрунтуються на вивчені складу та будови речовини за її спектром, який випромінюється збудженими атомами й молекулами.

Найважливішими особливостями спектрального аналізу є висока чутливість визначення деяких елементів: швидкість, об'єктивність, універсальність. Недоліками спектрального аналізу є вплив структури і хімічної неоднорідності аналізованих матеріалів на результати визначення; відсутність стабільних джерел збудження спектрів, а також важкість еталонування.

Люмінесцентний аналіз ґрунтуються на здатності речовин випромінювати світло під дією різних збудників.

Залежно від способу збудження люмінесценцію поділяють на: фотolumінесценцію (збудження за допомогою ультрафіолетового випромінювання або видимого світла), катодолюмінесценцію (збереження за допомогою катодних променів) та хемілюмінесценцію (збереження за рахунок енергії хімічної реакції).

Люмінесцентним методом аналізують природні і стічні води, повітря, ґрунт, продукти, визначають нафтопродукти – до 0,005 мг/л, феноли – 0,0005 мг/л, кадмій – 0,0005 мг/л, мідь – 0,05 мг/л, у питній воді – свинець до концентрації 0,005 мг/л, бензпірен – 0,00002 мг/л [1, 5].

Радіометричний аналіз. Ґрунтуються на виявленні й вимірюванні як природної, так і штучної радіації [4].

Використовуючи природну радіоактивність, кількісно визначають понад 20 хімічних елементів, зокрема уран, торій, радій, актиній. Калій можна визначити у воді в концентрації 0,05 моль/л.

Радіонукліди використовують для виявлення пошкоджень у газопроводах, місць витікання води з магістральних колекторів стічних каналізаційних вод.

Метод ізотопного розбавлення полягає у введенні ізотопу визначуваного елемента в аналізований розчин, що набуває активності, потім цей елемент переводять в осад (екстрагують, хроматографують) і визначають активність

розвину після його видалення. За різницею визначають активність осаду (екстракту, елюату) й обчислюють вміст компонента в зразку.

Рентгеноспектральний аналіз ґрунтуються на послабленні інтенсивності рентгенівського випромінювання під час проходження крізь пробу. У рентген-флуоресцентному аналізі на пробу діє первинне рентгенівське випромінювання, під впливом якого виникає вторинне рентгенівське випромінювання проби, характер якого залежить від якісного та кількісного складу аналізованої речовини.

Метод ядерного магнітного резонансу (ЯМР) відображає взаємодію магнітного моменту ядра молекули речовини із зовнішнім магнітним полем. Метод дає змогу працювати в широкому діапазоні концентрацій, зокрема визначати вміст різних форм алюмінію та інших металів у природних водах.

Біологічні методи. Основу біологічних та біохімічних методів дослідження становлять реакції рослин, тварин і мікроорганізмів на дію певного чинника. Зміни можуть відбуватися на різному рівні.

Біоіндикація – це оцінка стану довкілля за реакцією живих організмів.

Біоіндикатори – живі організми, за наявністю, станом і поведінкою яких можна робити висновки про ступінь зміни довкілля, у тому числі про наявність забруднювальних речовин. Живі індикатори мають істотні переваги, вони підсумовують усі без винятку біологічно важливі дані про забруднення, вказують швидкість змін, що відбуваються, шляхи і місця накопичень в екосистемах різних токсикантів дозволяють судити про ступінь шкідливості певних речовин для живої природи й людини [6, 8].

Як біоіндикатори використовують тварин, рослини, бактерії, віруси.

Особливо чутливими індикаторами забруднення повітря є лишайники і мохи, ураховуючи особливості їхньої біології та фізіології.

З декоративних рослин найбільш достовірними індикаторами антропогенного забруднення атмосферного повітря є гладіолус, тюльпан, нарцис, конвалія. Гарними індикаторами на озон слугують найбільш чутливі сорти тютюну, томати цитрусові.

Для виявлення забруднень повітряного середовища і ґрунту видом-індикатором може також слугувати сосна. У корі, деревині і хвої можуть накопичуватися забруднюювальні речовини, які впливають на ріст і життєдіяльність дерева.

Для визначення забруднення різних водоймищ як рослини-індикатори використовують різні рослини родини ряскових. Ряскові плавають на поверхні води або ледь занурені у воду і мають високу чутливість до забруднення водного середовища.

З метою контролю стану поверхневих природних вод використовують також численні методи біотестування: зміну статичного стану п'явки медичної на динамічний; виживання та плодючість дафній магна; біолюмінесценцію окремих видів бактерій тощо.

Висновки. Для управління екологічною безпекою на техногенно-навантажених територіях в усіх розвинутих країнах світу функціонують системи моніторингу довкілля різного рівня. Основою прийняття управлінського рішення є початкові дані моніторингу – параметри стану навколошнього природного

середовища, які отримують за допомогою різних методів.

В статті виконано аналіз хімічних, фізико-хімічних, фізичних та біологічних методів вимірювання параметрів навколошнього природного середовища. Представлена їх класифікація та показано їх основні переваги та недоліки.

Список літератури: 1. Баженов, В. А. Інженерна екологія: Підручник з теорії і практики сталого розвитку [Текст] / В. А. Баженов, В. М. Ісаєнко, Ю. М. Саталкін та ін. – К. : НАУ, 2006. – 492 с. 2. Бондар, О. І. Моніторинг навколошнього середовища [Текст] : навч. пос. / О. І. Бондар, І. В. Корінько, В. М. Ткач, О. І. Федоренко. – К.; Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с. 3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды [Текст] / А.Ю. Израэль. – Л. : Гидрометеоздат, 1984. – 560 с. 4. Коваленко Г.Д. Основи радіоекології [Текст] : навч. посіб. / Г.Д. Коваленко, В.С. Волошин. – Маріуполь : Вид. ПДТУ, 2003. – 138 с. 5. Масікевич Ю.Г. Методи вимірювання параметрів навколошнього середовища [Текст] / Ю.Г. Масікевич, С.О. Гринь, Г.М. Герецун та ін. – Чернівці, Зелена Буковина, 2005. – 341 с. 6. Ісаєнко В.М. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколошнього середовища [Текст] : навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар та ін. – К. : Вид-во Нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 312 с. 7. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколошнього середовища [Текст] / Ю.І. Посудін. – К. : Світ, 2003. – 288 с. 8. Франчук Г.М. Урбоекологія і техноекологія [Текст] : навч.-метод. посіб. / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко, О.І. Запорожець. – К. : НАУ, 2004. – 200 с.

Bibliography (transliterated): 1. Bazhenov, V. A., IsaEnko, V. M., SatalkIn, Yu. M. (2006). Inzhenerna ekologIya: Pidruchnik z teoriyii i praktiki stalogo rozvitku. Kiev: NAU, 492. 2. Bondar, O. I., KorInko, I. V., Tkach, V. M., Fedorenko, O. I. (2005). Monltoring navkolishnogo seredovischa. Kiev; Kharkov: DEI-GTI, 126. 3. Izrael, Yu. A. (1984). Ekologiya i kontrol sostoyaniya prirodnoy sredyi. Leningrad: Gidrometeozdat, 560. 4. Kovalenko, G. D. (2003). Osnovi radioekologIYi: Navch. posib. Mariupol: Vid. PDTU, 138. 5. MasIkevich, Yu. G., Grin, S. O., Geretsun, G. M. ta in. (2005). Metodi vimIryuvannya parametrlv navkolishnogo seredovischa. ChernIvtsI: Zelena Bukovina, 341. 6. Isaenko, V. M., Lisichenko, G. V., Dudar, T. V. ta in. (2009). Monitoring i metodi vimiryuvannya parametriv navkolishnogo seredovischa : navch. posibnik. Kiev: Vid-vo Nats. avia. un-tu «NAU-druk», 312. 7. Posudin, Yu. I. (2003). Metodi vimiryuvannya parametriv navkolishnogo seredovischa. Kiev: Svit, 288. 8. Franchuk, G.M., Isaenko V. M., Zaporozhets, O.I. (2004). Urboekologiya i tehnoekologiya: Navch.-metod. posib. Kiev: NAU, 200.

Надійшла (received) 20.09.2014

O. С. КОВАЛЬ, аспірант, НТУ «ХПІ»;
П. С. ПЕНЗСВ, аспірант, НТУ «ХПІ»;
Є. П. ДИМКО, аспірант, НТУ «ХПІ»;
A. A. ПУЛЯЕВ, аспірант, НТУ «ХПІ»

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ КОНСТРУКЦІЙНОГО ЧАВУНУ ДЛЯ ФАСОННИХ ВИЛИВКІВ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО МОДИФІКУВАННЯ

У статті описані результати визначення ефективності модифікування чавуну двома типами модифікаторів – феросиліцієм та Si-Ba лігатурою, що можуть бути використані при розробці критеріїв якості сплаву. Зокрема, отримані математичні моделі розподілу розміру графіту в залежності від координат в перетині зразку можуть бути враховані по формуванні документів, що регламентують якість чавуну, та методику оцінювання якості сплаву за його мікроструктурою.

Ключові слова: якість сплаву, методика оцінювання якості, модифікування чавуну

Вступ. Управління якістю чавуну для фасонних виливків машинобудівного призначення передбачає реалізацію низки заходів по вибору раціональних режимів виготовлення сплавів та ливарних форм. Однак, слід зауважити, що якою б якісною не була ливарна форма, без якісного металу немає сенсу говорити про якість виливків взагалі. Таким чином, можна вважати, що пріоритети при вирішенні питань управління якістю фасонних виливків слід віддати заходам, що стосуються саме виготовлення сплавів. В цьому контексті слід визнати, що можливість ефективного управління процесами виготовлення сплавів є основою для реалізації можливостей ефективного управління якістю фасонних виливків. При цьому слід враховувати, що вибір того чи іншого заходу по управлінню якістю процесів виготовлення сплавів повинен враховувати енергоємність та ресурсоємність цих процесів. Саме тому, розробка перспективних заходів щодо управління якістю сплаву є сьогодні для України дуже актуальною задачею.

Аналіз існуючих даних та постановка проблеми. Управління якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків передбачає знання характеру впливу технологічних режимів його виплавки на вихідні характеристики. Намагаючись підвищити якість чавуну, розробники вдаються до використання модифікаторів, що дозволяють оптимальним чином впливати на формування мікроструктури сплаву. Серед відомих ефективних модифікаторів, що розглядаються як фактори управління якістю чавуну [1-3], слід виділити модифікатори Superseed® Extra Inoculant [4], Reseed® Inoculant [5] і SMZ® Inoculant [6]. Авторами цих робіт, відмічено, що модифікатор Superseed® Extra Inoculant максимально знижує відбіл у виливках з сірого чавуну та сприяє формуванню рівномірно розподіленого графіту, що призводить не тільки до покращення якості чавуну при оцінюванні його мікроструктури, а й зменшує викрошування графіту в процесі механічної обробки.

Модификатор Reseed® Inoculant сприяє попередженню утворення мікроусадкової пористості у виливках, що позитивно впливає на формування якісного чавуну за критеріями оцінювання механічних властивостей.

Модификатор SMZ® Inoculant при використанні в пізньому модифікуванні в струмені металу (MSI-процес), стабілізує відхилення по хімічному складу та позитивно впливає на процес регулювання вмісту в чавуні азоту.

Таким чином, можна констатувати той факт, що використання названих модифікаторів окрім дозволяє впливати на процес управління якістю чавуну за всіма можливими критеріями: за мікроструктурою, механічними властивостями та хімічним складом. Але досягти компромісного варіанту, який дозволяє би вирішувати задачу комплексного управління якістю за усіма названими критеріями одночасно, не вдається.

Крім цього, управління якістю не може не враховувати економічну складову, що визначається фактичними витратами при виборі того чи іншого заходу управління якістю. Саме цьому проблема підбору модифікатора для чавуну з урахуванням особливостей його застосування та економічної складової не може вважатися вирішеною. Так, наприклад, енергоємність отримання модифікаторів, що є невід'ємним атрибутом складних енергомістких технологічних процесів [7-9], повинні обов'язково враховуватись при виборі заходів, що пов'язані з управлінням якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків машинобудівного призначення.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження було визначення можливостей використання відносно не дорогих та недефіцитних модифікаторів як заходу для управління якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків машинобудівного призначення. Для досягнення цієї мети було поставлено наступні задачі:

- провести експериментально-промислові дослідження в умовах діючого виробництва,
- побудувати математичну модель, що дозволяє визначити вплив досліджуваних модифікаторів на розмір графіту в перетині виливків.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводились в чавуноливарному цеху в чугунолитейном цехе ВАТ «Кременчуцький завод дорожніх машин». Чавун виготовлювали в індукційній печі ICT-1/0.8M5 та модифікували в двох серіях плавко двома типами модифікаторів: феросиліцієм ФС75 та феросілікобарієм ФС65Ба4. Температура чавуна перед модифікуванням знаходилась в даапазоні 1380–1420 °C. Обробка розплаву модифікаторами здійснювалась в ковші фракцією 1-10 мм в кількості 0,3 % від маси рідкого металу (3 кг на 1 т) після заповнення ковша на 100–150 мм. Модифікатори ФС75 використовувались фракцією 3–10 мм, модифікатори ФС65Ба4 в формі пластин з товщиною 0,5–3 мм та максимальними розмірами до 50 мм, по технології «чипс - модифікування».

За результатами експериментальних плавок заливалися проби клинової форми для виготовлення в подальшому шліфів та визначення мікроструктури за стандартними методиками, передбаченими ДСТУ ГОСТ 3443-87.

Результати визначення мікроструктури у вигляді фотографій наведені на рис. 1 та рис. 2.

При оцінюванні якості за стандартною методикою, передбаченою ДСТУ ГОСТ3443-87 було виявлено, що металічна матриця складається з перліту та феріту (П96), графіт пластинчастий, прямолінійний, структура графіту із рівномірно розподіленим пластинчастим графітом ПГф1, ПГр1, на поверхні бачиться междендритна пластинчастина орієнтація графіту ПГр9. На поверхні зразка довжина включень графіту ПГд 90-45, кількість включень ПГ6. Площа включень фосфідної евтектики сягає близько ФЭП 2000.

Після дослідження мікроструктури на зразку з чавуну, модифікованого ФС65Ба4, виявлено, що металічна матриця – перліт пластинчастий (до 92 % перліта) та феріт до 8 %. Графіт пластинчастий завихреної форми ПГф2, розподілення розеточне, довжина включень ПГД90.

Для порівняння ефективності модифікування з точки зору можливості забезпечення заданого рівня якості за критерієм розміру графіту ставилась задача побудови математичної моделі, що описує розподіл величини розміру графіту в різних перетинах клинового зразку.

Математичне моделювання якості сплаву при виборі критерієм якості розміру графіту. В якості вхідних змінних вибиралася координата по осі абсцис (x_1) і координата по осі ординат (x_2) точок, в яких проводилися металографічні дослідження мікроструктури. В якості вихідних змінних вибиралися значення розміру графіту у відповідній точці шліфа за планом експерименту (y_1 - при модифікуванні чавуну модифікатором ФС65Ба4 і y_2 - при модифікуванні чавуну модифікатором ФС75).



Рис. 1 – Мікроструктури чавуну, модифікованого феросиліцієм ФС75, x100 а – початковий момент модифікування, б – через 5 хв. після модифікування, в – через 10 хв. після модифікування

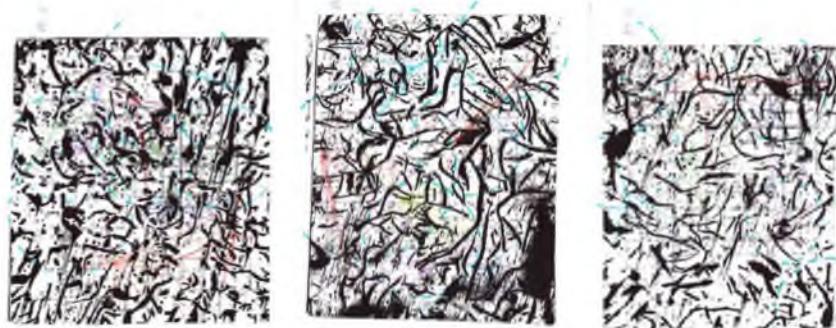


Рис. 2 – Мікроструктури чавуну, модифікованого феросиліцієм ФС65Ба4, x100 а – початковий момент модифікування, б – через 10 хв. після модифікування, в – через 15 хв. після модифікування

Враховуючи, що з даних експериментального матеріалу можна «зняти» значення вхідних і вихідних змінних в точках плану повного факторного експерименту ($N = 2^k$), в якості методу побудови моделі був використаний метод побудови повного ортогонального центрального композиційного плану другого порядку. Нормування значень вхідних змінних здійснювалося за формулами:

$$x_1 = \frac{x_1^* - \bar{x}_1}{I_1}, \quad (1)$$

$$x_2 = \frac{x_2^* - \bar{x}_2}{I_2}, \quad (2)$$

де x_1, x_2 – нормовані значення вхідних змінних, x_1^*, x_2^* – натуляральні значення
 $\bar{x}_1 = 20 \quad \bar{x}_2 = 6$

вхідних змінних, $\bar{x}_1 = 20, \bar{x}_2 = 6$ – середні значення вхідних змінних ($\bar{x}_1 = 20, \bar{x}_2 = 6$), I_1, I_2 – інтервали варіювання вхідних змінних ($I_1 = 10, I_2 = 1$).

Математична модель представляється поліномом виду:

$$y_i = b_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 (x_1^2 - \beta) + a_4 (x_2^2 - \beta) + a_5 x_1 x_2, \quad (3)$$

де a_i – оцінювані коефіцієнти, β – параметр, що розраховується залежно від числа точок ядра композиційного плану 2^{n-p} , плеча «Зоряний» точок α і числа точок плану по формулі:

$$\beta = \frac{\sum_{j=1}^N (x_i^j)^2}{N} = \frac{2^{n-p} + \alpha}{N}. \quad (4)$$

Загальний вигляд таблиці вхідних змінних для розрахунку коефіцієнтів моделі a_i наведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Представлення даних для побудови центрального ортогонального композиційного плану

Номер експерименту	x_1	x_2	$x_1^2 - \beta$	$x_2^2 - \beta$	y_{ij}
1	91	91	0,3333	0,3333	0,33
2	-93	93	-0,3067	0,3333	0,33
3	119	-119	-0,6267	0,3333	0,33
4	-100	-100	-0,6267	0,3333	0,33
5	17	0	-0,3067	0,3333	0,33
6	-62	0	0,3333	0,3333	0,33
7	0	121	0,3333	0,3333	-0,67
8	0	-78	-0,3067	0,3333	-0,67
9	0	0	-0,6267	0,3333	-0,67

Коефіцієнти a_i визначені за формулами:

$$a_i = c_1 \sum_{j=1}^N x^j y^j, i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$a_i = c_2 \sum_{j=1}^N [(x_{i-n}^j)^2 - \beta] y^j, i = n+1, \dots, 2n \quad (6)$$

$$a_i = c_3 \sum_{j=1}^N x_\mu^j x_\lambda^j y^j, \lambda = 1, \dots, n, \mu \neq \lambda, i = 2n+1, \dots, k \quad (7)$$

$$a_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y^j - \beta \sum_{i=1}^n a_{n+i} \quad (8)$$

В формулах (5)–(8) c_1, c_2, c_3 – це коефіцієнти для лінійних, квадратичних та парних взаємодій незалежних змінних відповідно, n – число лінійних членів моделі, N – число експериментів.

Для оцінки точності отриманої моделі обчислювалися суми квадратів відхилень експериментальних значень вихідних змінних від розрахункових, отриманих за моделлю (S_R), і оцінки дисперсії (s_R^2):

$$S_R = (y_{\text{експ}} - y_{\text{расч}})^2, \quad (9)$$

$$s^2 = \frac{S_R^2}{\varphi}, \quad (10)$$

де $\varphi = N - (k + 1)$ – число ступенів свободи, N – число експериментів ($N=16$), k – число вхідних змінних ($k=2$).

Оцінка значущості коефіцієнтів моделі проводилася на основі критерію:

$$|a_i| \geq t_{kp} s_i, \quad (11)$$

де t_{kp} – критичне значення розподілу Стьюдента для довірчою ймовірністю 95% і числа ступенів свободи $\varphi=13$, s – середнє квадратичне відхилення, визначається з формули (10).

Результати моделювання представлені у вигляді поверхні відгуку (рис. 3 та рис. 4).

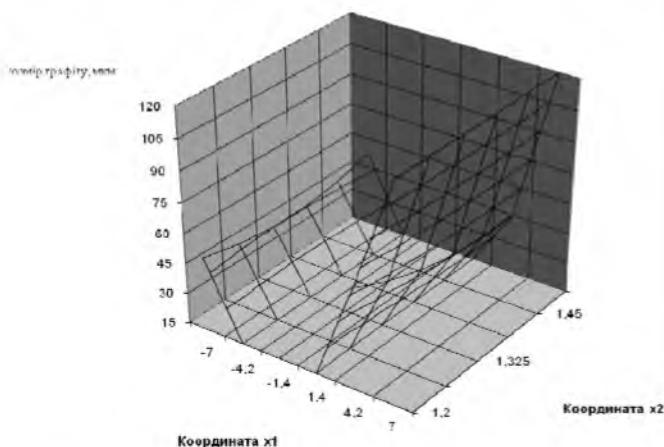


Рис. 4 – Поверхня відгуку, що описує розподіл розміру графіту в перетині зразку №1

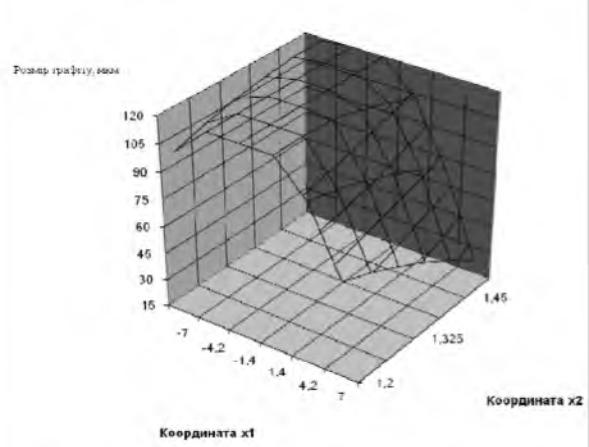


Рис. 5 – Поверхня відгуку, що описує розподіл розміру графіту в перетині зразка зразку №2

З наведених на рис. 3 та рис. 4 результатів видно, що використання модифікатору ФС65Ба4 забезпечує менші значення розміру графіту, що може позитивно впливати на механічні властивості чавуну.

Обираючи нижню та верхню допустимі межі розміру графіту, критерій для оцінювання долі годного чавуну (тобто такого, що відповідає заданій якості за розміром графіту), може бути представлений у вигляді:

$$P = 1 - \left[\Phi\left(\frac{x_b - \bar{x}}{S}\right) - \Phi\left(\frac{x_h - \bar{x}}{s}\right) \right], \quad (12)$$

де P – ймовірність браку чавуну по розміру графітових включень, x_b , x_h – верхня та нижня межа поля допуску на параметр розміру графіту, S – оцінка середньоквадратичного відхилення, \bar{x} – математичне очікування величини розміру графіту – параметру якості сплаву, $\Phi\left(\frac{x_b - \bar{x}}{S}\right)$, $\Phi\left(\frac{x_h - \bar{x}}{s}\right)$ – функція Лапласу.

Обираючи координати визначення розміру графіту в бажаному перетині виливку та підставляючи їх значення в отриману математичну модель, може бути розраховане математичне очікування розміру графіту \bar{x} та далі за критерієм (12) визначено долю браку при використанні відповідного модифікатору.

Перспективи використання запропонованого критерію оцінювання якості для автоматизації управління якістю сплава. Впровадження запропонованого критерію оцінювання якості сплаву у вигляді (12) для розміру графітових включень та математична модель розподілу цього параметру може бути здійснено в системах автоматизації плавильно-заливальної ділянки ливарного цеху. Один з можливих варіантів такого впровадження запропоновано в роботі [10] (рис. 6). Ливарний конвеєр 2 генерує потік заявок на розплав з деякою інтенсивністю λ_{ji} . Електропіч 1 видає на конвеєр розплав з деякою інтенсивністю λ_{ij} . Якщо в заданий момент часу надходження заявики вона не може бути виконана (піч не видає розплав на ливарний конвеєр), ливарна форма залишається не залитою, тобто має місце відмова. Заливка здійснюється тільки тієї подальшої форми, до надходження якої на ділянку заливки розплав може бути випущений з печі. Отже, систему «піч – ливарний конвеєр» можна представити СМО з відмовами.

Задача вибору оптимальної технологічної схеми для подальшого синтезу алгоритму оптимального управління на етапі модифікування розплаву зводиться

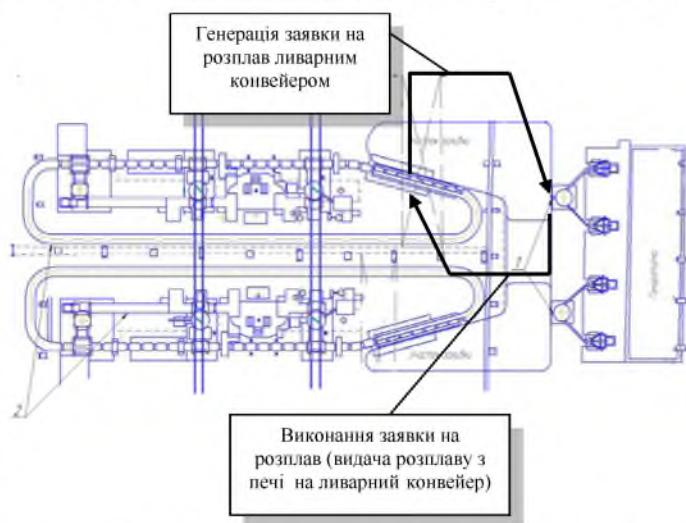


Рис. 6 – Схема до визначення СМО «піч – ливарний конвеєр» як основа для розробки системи автоматизації плавки за критерієм якості

до оптимізації по сумарних витратах кількості розплаву в печі в кожен момент часу з урахуванням необхідної потреби в розплаві ливарного конвеєра та невизначеності вхідних параметрів процесу на цьому етапі.

Висновки. Експериментальні дослідження для визначення можливостей управління якістю чавуну шляхом використання модифікаторів повинні проводитись безпосередньо в умовах промислового виробництва, бо тільки так можуть бути враховані його специфічні особливості. Отримання за допомогою цих експериментів результатів дозволяє визначити на зразках фактичну мікроструктуру чавуну, модифікованого досліджуваними модифікаторами, та побудувати за допомогою планування експерименту математичну модель, що описує розподіл досліджуваного параметру мікроструктури в бажаному перетині зразку. Отримані при цьому результати можуть бути використані для оцінки фактичної якості чавуну на основі критерію, що має в своїй структурі функції Лапласа та дозволяє визначити ймовірність знаходження параметру якості сплаву в заданому діапазоні.

Список літератури: 1. Химичева, А. И. Методология оценки конкурентоспособности научоемкой продукции [Текст] / А. И. Химичева, Аль Зарей Аммар, А. С. Зенкин // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2006. – Т. 4, № 3 (22). – С. 69–72. 2. Зенкин, А. С. Оценка степени научоемкости продукции на основе кластерного анализа [Текст] / А. С. Зенкин, А. И. Химичева, В. А. Годик, И. Т. Пухлик, П. В.Иванов // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – Т. 4, № 3 (46). – С. 72–74. 3. Зенкин, А. С. Математическая модель процесса поиска решений в системе менеджмента качества предприятия [Текст] / А. С. Зенкин, В. А Годик, П. В. Иванов, А. И. Химичева // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – Т. 6, № 4 (48). – С. 46–49. 4. Elkem ASA Research. Модификатор Superseed®Extra Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2003. – № 12 (40). 5. Elkem ASA Research. Модификатор Reseed®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 7 (47). 6. Elkem ASA Research. Модификатор SMZ®Inoculant [Текст] / ИТБ "Литьё Украины", 2004. – № 5 (45). 7. Гунько, И. М. Анализ техногенных источников и технологических схем производства пентаоксида ванадия [Текст] / И. М. Гунько, И. Ф. Червоный, С. Г. Егоров // Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії. – 2011. – Вип. 25. – С. 59–67. 8. Криворучко, Н. П. Температурный режим поточной линии электролиза магния титанового производства [Текст] / Н. П. Криворучко, Д. В. Бачурский, И. Ф. Червоный, Д. М. Хабров, Е. А. Матвеев, Е. П. Щербань // Металургія: Збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 1(26). – С. 58–61. 9. Червоный, И. Ф. Порционно-периодическая подача магния в процессе магниетермического восстановления тетрахлорида титана [Текст] / И. Ф. Червоный, Д. А. Листопад, В. И. Иващенко и др. // Металургія: наукові праці ЗДІА. – 2009. – Вип. 20. – С. 63–70. 10. Дьюмін, Д. О. Моделювання та оптимізація управління процесами електроплавки в умовах невизначеності [Текст] дис. ... д-р техн.. наук. / Д. О. Дьюмін // Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2014. – 36 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Himicheva, A. I., Al' Zarej Ammar, Zenkin, A. S.* (2006). Metodologija ocenki konkurentosposobnosti naukoemkoj produkci. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/3(22), 69–72. 2. *Zenkin, A. S., Himicheva, A. I., Godik, V. A., Puhlik, I. T., Ivanov, P. V.* (2010). Estimation high-tech products on the basis of cluster analysis. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/3(46), 72–74. 3. *Zenkin, A. S., Godik, V. A., Ivanov, P. V., Himicheva A. I.* (2010). The mathematical model of finding solutions process in quality management system of the enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/4(48), 46–49. 4. Elkem ASA Research. Modifikator Superseed®Extra Inoculant (2003). ITB "Lit'e Ukrainsi", 12 (40). 5. Elkem ASA Research. Modifikator Reseed®Inoculant (2004). ITB "Lit'e Ukrainsi", 7 (47). 6. Elkem

ASA Research. Modifikator SMZ®Inoculant (2004). ITB "Lit'e Ukrainsi", 5 (45). 7. *Gun'ko, I. M., Chervonyj, I. F., Egorov, S. G.* (2011). Analiz tehnogennyh istochnikov i tehnologicheskikh shem proizvodstva pentaoksida vanadija. Metalurgija : naukovi praci Zaporiz'koj' derzhavnoi' inzhenernoi' akademii', 25, 59–67. 8. *Krivoruchko, N. P., Bachurskij, D. V., Chervony, I. F., Habrov, D. M., Matveev, E. A., Shherban', E. P.* (2012). Temperaturnyj rezhim potoknoj linii jelektroliza magnija titanovogo proizvodstva. Metalurgija: Zbirnik naukovih prac', 1 (26), 58–61. 9. *Chervonyj, I. F., Listopad, D. A., Ivashhenko, V. I.* (2009). Porcionno-periodicheskaja podacha magnija v processe magnietermicheskogo vosstanovlenija tetrachlorida titana. Metalurgija: naukovi praci ZDIA, 20, 63–70. 10. *Demin, D. O.* (2014). Modeljuvannja ta optymizacija upravlinnja procesamy elektroplavky v umovah nevyznachenosti. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 36.

Надійшла (received) 25.09.2014

УДК 621.785.53

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

МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБИНИ БОРИДНОГО ШАРУ СТАЛІ 4Х5МФС ПРИ ЗМІНІ ТРИВАЛОСТІ БОРУВАННЯ ПО НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Отримана модель глибини боридного шару при заданій температурі при зміні тривалості часу борування легованої сталі по нанотехнології, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних дифузійних шарів, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості виробів. Модель отримана заходженням рівняння апроксимації з використанням метода найменших квадратів та матричного підходу до регресивного аналізу.

Ключові слова: сталь, борування, хіміко-термічна обробка, дифузійний шар, глибина шару, модель.

Вступ. Хіміко-термічна обробка, при якій здійснюється зміщення поверхні деталей, є найбільш ефективним та розповсюдженим методом підвищення стійкості деталей, які працюють в складних умовах випробування найвищих напружень від зовнішніх сил, що відповідають за зародження і розвиток втомного та корозійного руйнування і зносу [1–2].

Останнім часом все більше уваги надається тому, як саме параметри хіміко-термічної обробки та склад насичувального середовища впливають на формування і властивості дифузійного шару сплавів. Це пов'язано з необхідністю розробки нових, більш вигідних з економічної точки зору способів зміни властивостей поверхневих шарів деталей. Таким чином, серед нових процесів дифузійного насичування все більше значення має борування [3–6].

Аналіз публікацій. Існує багато різних за технологією способів борування. Вибір методу диктується його технологічністю, обладнанням, яке є на виробництві, конфігурацією, розмірами, умовами роботи і ступенем досягнутого підвищення стійкості зміщуваних виробів. У масовому виробництві обробка нескладних, середніх за розмірами виробів переважно здійснюється електролізним і газовим боруванням. При обробці дрібних складних за конфігурацією виробів доцільніше використовувати рідкий або порошковий методи борування. Порошковий метод більш прийнятний, якщо зміщені вироби не вимагають

© К. О. КОСТИК, В. О. КОСТИК, 2014

ASA Research. Modifikator SMZ®Inoculant (2004). ITB "Lit'e Ukrainsi", 5 (45). 7. *Gun'ko, I. M., Chervonyj, I. F., Egorov, S. G.* (2011). Analiz tehnogennyh istochnikov i tehnologicheskikh shem proizvodstva pentaoksida vanadija. Metalurgija : naukovi praci Zaporiz'koj' derzhavnoi' inzhenernoi' akademii', 25, 59–67. 8. *Krivoruchko, N. P., Bachurskij, D. V., Chervony, I. F., Habrov, D. M., Matveev, E. A., Shherban', E. P.* (2012). Temperaturnyj rezhim potoknoj linii jelektroliza magnija titanovogo proizvodstva. Metalurgija: Zbirnik naukovih prac', 1 (26), 58–61. 9. *Chervonyj, I. F., Listopad, D. A., Ivashhenko, V. I.* (2009). Porcionno-periodicheskaja podacha magnija v processe magnietermicheskogo vosstanovlenija tetrachlorida titana. Metalurgija: naukovi praci ZDIA, 20, 63–70. 10. *Demin, D. O.* (2014). Modeljuvannja ta optymizacija upravlinnja procesamy elektroplavky v umovah nevyznachenosti. National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", 36.

Надійшла (received) 25.09.2014

УДК 621.785.53

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

МОДЕЛЮВАННЯ ГЛИБИНИ БОРИДНОГО ШАРУ СТАЛІ 4Х5МФС ПРИ ЗМІНІ ТРИВАЛОСТІ БОРУВАННЯ ПО НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Отримана модель глибини боридного шару при заданій температурі при зміні тривалості часу борування легованої сталі по нанотехнології, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних дифузійних шарів, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості виробів. Модель отримана заходженням рівняння апроксимації з використанням метода найменших квадратів та матричного підходу до регресивного аналізу.

Ключові слова: сталь, борування, хіміко-термічна обробка, дифузійний шар, глибина шару, модель.

Вступ. Хіміко-термічна обробка, при якій здійснюється зміщення поверхні деталей, є найбільш ефективним та розповсюдженім методом підвищення стійкості деталей, які працюють в складних умовах випробування найвищих напружень від зовнішніх сил, що відповідають за зародження і розвиток втомного та корозійного руйнування і зносу [1–2].

Останнім часом все більше уваги надається тому, як саме параметри хіміко-термічної обробки та склад насичувального середовища впливають на формування і властивості дифузійного шару сплавів. Це пов'язано з необхідністю розробки нових, більш вигідних з економічної точки зору способів зміни властивостей поверхневих шарів деталей. Таким чином, серед нових процесів дифузійного насичування все більше значення має борування [3–6].

Аналіз публікацій. Існує багато різних за технологією способів борування. Вибір методу диктується його технологічністю, обладнанням, яке є на виробництві, конфігурацією, розмірами, умовами роботи і ступенем досягнутого підвищення стійкості зміщуваних виробів. У масовому виробництві обробка нескладних, середніх за розмірами виробів переважно здійснюється електролізним і газовим боруванням. При обробці дрібних складних за конфігурацією виробів доцільніше використовувати рідкий або порошковий методи борування. Порошковий метод більш прийнятний, якщо зміщені вироби не вимагають

© К. О. КОСТИК, В. О. КОСТИК, 2014

подальшої термообробки. Крупногабаритні вироби, особливо при необхідності їх місцевого борування або поєднання борування з термічною обробкою, доцільно насичувати в обмазках (в пастах).

Процес борування здійснюється з порошків, розплавів солей і газового середовища залежно від форми, розмірів і кількості деталей, що піддаються боруванню, а також від наявності необхідного устаткування. Кожен з названих технологічних процесів борування має свої переваги в тих або інших умовах застосування, а тому не можна віддати перевагу якому-небудь одному способу насичення [7–9].

Мета роботи. Метою роботи є моделювання глибини боридного шару при заданій температурі та зміні тривалості часу борування легованої сталі по нанотехнології, яка спрямована на скорочення процесу хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних боридних шарів, що забезпечують необхідні експлуатаційні властивості виробів.

Методика експерименту. Матеріалом дослідження є легована сталь 4Х5МФС. Для борування в пастах застосовувалася суміш на основі нанодисперсних боровмісних речовин [10]. Нагрівання здійснювали в камерній печі при температурі 1000 °C тривалістю від 15 до 120 хв з шагом 15 хв.

Обговорення результатів. За експериментальними даними отримано залежність товщини боридів від тривалості борування для досліджуваної сталі. Для кожного технологічного параметру процесу ХТО брали по три зразки, товщина дифузійних шарів яких майже співпадала.

Знаходили рівняння апроксимації методом найменших квадратів з використанням матричного підходу до регресивного аналізу. Модель глибини боридного шару при заданій температурі при зміні тривалості борування сталі 4Х5МФС від 15 до 120 хв має вигляд:

$$y = a_0 + a_1 \cdot \tau + a_2 \cdot \tau^2, \quad (1)$$

де y – глибина дифузійного шару; τ - тривалість борування; a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти апроксимації.

У моделі змінювалися два фактори – τ та τ^2 , тому модель розглядали як повний факторний експеримент типу $N=2^k$, а саме $N=2^2$.

Для знаходження коефіцієнтів апроксимації необхідно було знайти матрицю A , яка має вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Матрицю A знаходили методом найменших квадратів по формулі:

$$A = (f' \cdot f)^{-1} \cdot f' \cdot Y, \quad (3)$$

де f – матриця, яка має вигляд:

$$f = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} \\ 1 & x_{12} & x_{22} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де x_1 – перший фактор, який варіювали, дорівнює τ ; x_2 – другий фактор, який варіювали, дорівнює τ^2 ; n – кількість варіювання.

f' – транспонована матриця f ; Y – матриця, яка має вигляд:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad (5)$$

де y – експериментальне середнє значення боридного шару при конкретній тривалості обробки.

Для рішення рівняння 3 в математичному пакеті Matcad була написана програма (рис. 1), знайдена матриця A , рівняння апроксимації, яке дозволяє прогнозувати товщину боридного шару для сталі 4Х5МФС в діапазоні тривалості від 15 до 120 хв, має вигляд:

$$y = 6,0059 + 0,1653 \cdot t + 0,0023 \cdot t^2. \quad (6)$$

Перевірку адекватності отриманої моделі робили за допомогою критерію Фішера:

$$F = \frac{S_d^2}{S_e^2} \leq F_{kp}, \quad (7)$$

де F – критерій Фішера; F_{kp} – критичне значення критерію Фішера, табличне значення; S_d^2 – дисперсія неадекватності моделі; S_e^2 – дисперсія помилки експерименту.

$$S_d^2 = \frac{S_d}{\varphi_1}, \quad (8)$$

де φ_1 – число ступеня свободи:

$$\varphi_1 = N - (k + 1), \quad (9)$$

де N – кількість факторів експерименту, $N = 2^k = 2^2 = 4$; k – число параметрів, які оцінювали, $k = 2$.

$$S_d^2 = \sum_{i=1}^n v (\hat{y}_i - y_i)^2, \quad (10)$$

де v – кількість експериментів при кожному конкретному значенні тривалості; \hat{y}_i – розрахункове значення глибини боридного шару за отриманою моделлю (рівняння 6).

$$S_e^2 = \frac{S_d}{v \varphi_2}, \quad (11)$$

де φ_2 – число ступеня свободи:

$$\varphi_2 = N(v - 1), \quad (12)$$

$$S_e^2 = \sum_{i=1}^n (y_{ij} - \hat{y}_i)^2, \quad (13)$$

де y_{ij} – кожне експериментальне значення боридного шару.

Згідно розрахунків (рис. 2) $F = 2,225529$, тоді як табличне значення при $\varphi_1 = 6$ та $\varphi_2 = 16$, $F_{kp} = 2,74$ (при рівні значення 0,05). Таким чином, умови рівняння 7 виконуються, згідно – модель (рівняння 6) адекватна та коефіцієнти апроксимації знайдені вірно.

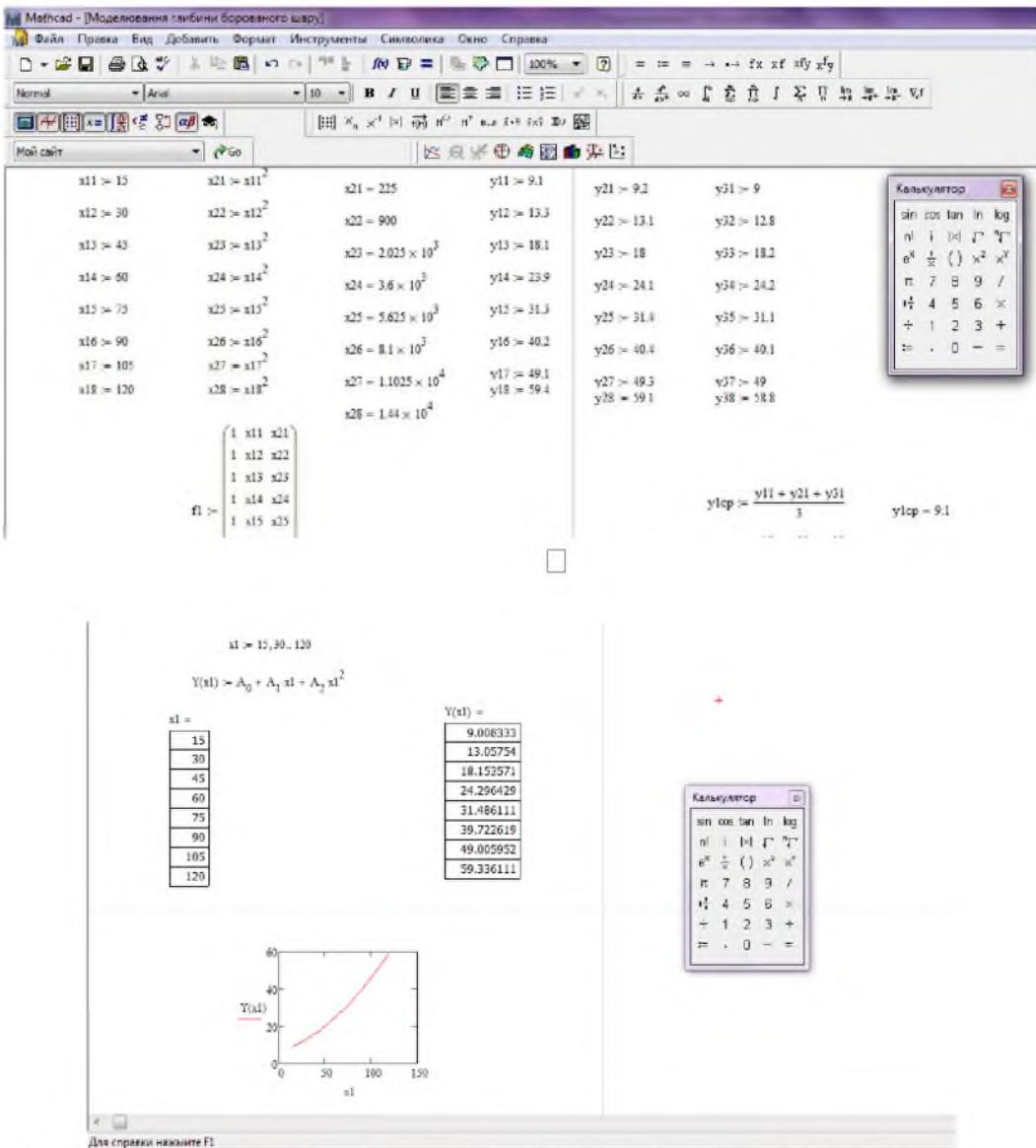


Рис. 1 – Рішення рівняння 3 в математичному пакеті Matcad

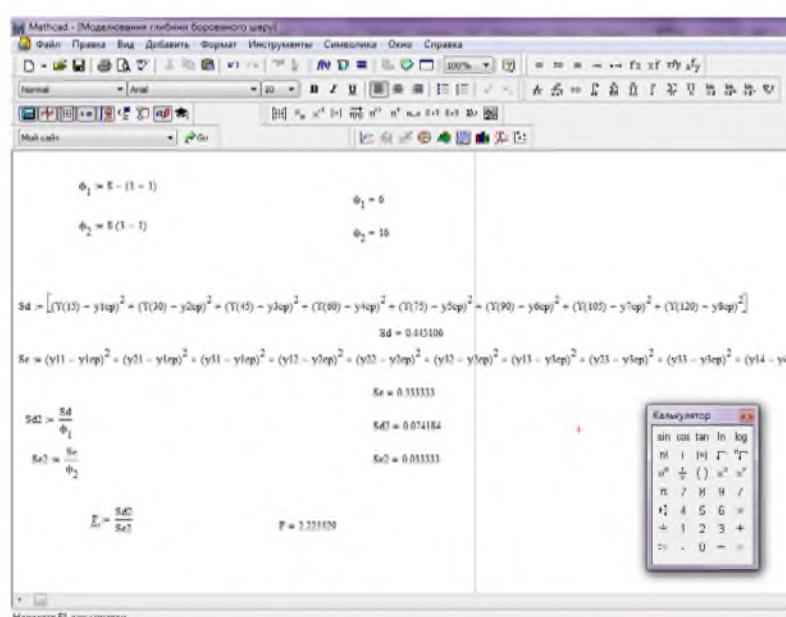


Рис. 2 – Перевірка адекватності моделі за критерієм Фішера в математичному пакеті Matcad

Висновки. Отримана модель глибини боридного шару при заданій температурі при зміні тривалості борування легованої сталі 4Х5МФС від 15 до 120 хв, яка має вигляд:

$$y = 6,0059 + 0,1653 \cdot \tau + 0,0023 \cdot \tau^2.$$

Список літератури: 1. Шмыков А. А. Термодинамика и кинетика процессов взаимодействия контролируемых атмосфер с поверхностью стали [Текст] / А. А. Шмыков, В. Г. Хорошайлов, Е. Л. Гюлиханданов – М. : Металлургия. – 1991. – 160 с. 2. Смирнов М. А. Основы термической обработки стали: учебное пособие [Текст] / М. А. Смирнов, В. М. Счастливцев, Л. Г. Журавлев. – М. : «Наука и технологии», 2002. – 519 с. 3. Костик В. О. Формирование микроструктуры борированного слоя на поверхности углеродистой конструкционной и инструментальной стали из обмазок при печном нагреве [Текст] / В. О. Костик, О. В. Сапутская, Е. А. Костик // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 5/1 (17). – С. 63–68. 4. Райцес, В. Б. Химико-термическая обработка деталей / В. Б. Райцес, В. М. Литвин. – К. : Техника, 1980. – 152 с. 5. Лахтин, Ю. М. Химико-термическая обработка металлов : учебное пособие [для вузов] [Текст] / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов. – М. : Металлургия, 1985. – 256 с. 6. Kulka, M. The influence of carbon content in the borided Fe-alloys on the microstructure of iron borides [Текст] / M. Kulka, A. Pertek, L. Klimek // Mater. Charact. – 2006. – T. 56(3). – P. 232–240. 7. Genel, K. Kinetics of boriding of AISI W1 steel [Текст] / / K. Genel, I. Ozbek, C. Bindal // Material Science and Engineering A. – 2003. – T.347(1–2). – P. 311–314. 8. Stergioudis, G. Formation of boride layers on steel substrates [Текст] / G. Stergioudis // Cryst. Res. And Technol. – 2006. – T.41(10). – P. 1002–1004. 9. Sen Saduman. An approach to kinetic study of borided steels / Sen Saduman, Sen Ugur, Bindal Cuma // Surface and Coating Technologies. – 2005. – T.191(2–3). – P. 274–285. 10. Patent України №33654, МПК8 с 23 с 8/00. Склад для борування сталевих виробів [Текст] / O. O. Павлюченко, В. О. Костик, К. О. Костик. – Заявка №200800226. Заявл. 04.01.08, надрук. 10.07.08, Бюл. № 13.

Bibliography (transliterated): 1. Shmykov, A. A., Khoroshaylov, V. G., Gyulihandanov, E. L. (1991). Thermodynamics and kinetics of the interaction of controlled atmospheres with the surface of steel. Metallurgy, 160 p. 2. Smirnov, M. A., Schastlivtsev. V.M, Zhuravlev, L.G. (2002). Fundamentals of heat treatment of steel : a tutorial. Science and Technology, 519 p. 3. Kostik, V. O., Saputskaya, O. V., Kostik, E. A. (2005) Formirovanie mikrostrukturyi borirovannogo sloya na poverhnosti uglerodistoy konstruktsionnoy i instrumentalnoy stalyah iz obmazok pri pechnom nagreve. Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy, 5/1 (17), 63–68. 4. Raytces, V. B., Litvin, V. M. (1980) Himiko-termicheskaya obrabotka detaley. Kiev: Tehnika, 152. 5. Lahtin, Yu. M., Arzamasov, B. N. (1985) Himiko-termicheskaya obrabotka metallov. Moscow: Metallurgiya, 256. 6. Kulka, M., Pertek, A., L. Klimek, M. (2006) The influence of carbon content in the borided Fe-alloys on the microstructure of iron borides. Mater. Charact, 56(3), 232–240. 7. Genel, K., Ozbek, I., Bindal, C. (2003) Kinetics of boriding of AISI W1 steel. Material Science and Engineering A, 347(1–2), 311–314. 8. Stergioudis G. (2006) Formation of boride layers on steel substrates. Cryst. Res. And Technol, 41(10), 1002–1004. 9. Sen Saduman, Sen Ugur, Bindal Cuma (2005)An approach to kinetic study of borided steels. Surface and Coating Technologies, 191(2–3), 274–285. 10. Patent Ukrayini №33654, MPK8 s 23 s 8/00. Sklad dlya boruvannya stalevih virobiv / O. O. Pavlyuchenko, V. O. Kostik, K. O. Kostik. – Zayavka №200800226. Zayavl. 04.01.08, nadruk. 10.07.08, Byul. № 13.

Надійшла (received) 25.09.2014

Н. В. МАТЮШЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;
А. В. ФЕДЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;
И. Б. ШЕЛИХОВА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

В статье получено уравнение поверхности зубьев цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления с циклоидальной продольной формой, нарезанных резцовой головкой. Форма зуба является огибающей однопараметрического семейства мгновенных положений исходного контура инструмента. Построен алгоритм вычисления толщины зуба.

Ключевые слова: цилиндрическая передача, передача Новикова, две линии зацепления, циклоидальная продольная форма зуба, толщина зуба.

Введение. Применение зубчатых колес с арочными зубьями, относящихся к зубьям с криволинейным продольным профилем, для наружного зацепления вместо косозубых колес является эффективным направлением повышения нагрузочной способности, долговечности и снижения уровня шума при работе зубчатых передач. Рабочая поверхность арочного зуба представляет собой поверхность, описываемую огибающей однопараметрического семейства мгновенных положений исходного контура инструмента, расположенную в плоскости перпендикулярной оси колеса, которая перемещается вдоль этой оси и поворачивается относительно этой же оси. Исходя из опыта работы автомобильных фирм (ЗИЛ, ГАЗ, ВАЗ, АЗЛК, «Форд», «Мерседес-Бенц», «Фольксваген», «Итен», «Шевроле»), локомотивостроительных заводов и других предприятий, использующих зубчатые трансмиссии, перевод приводных конических передач на передачи с криволинейными (круговыми) зубьями решил проблему повышения нагрузочной способности, износстойкости передач при сохранении бесшумности и плавности хода. По данным фирмы «Глисон» гипоидные и конические передачи с круговыми зубьями по основным характеристикам прочности, сопротивлению питтингу и задиру в 1,5 – 2 раза лучше по сравнению с подобными косозубыми передачами [1].

Постановка проблемы. Анализируя существующую ситуацию в производстве арочных колёс, можно констатировать: способы изготовления арочных колёс не позволяют изготавливать колёса выше 12-й степени точности по ГОСТ 1643-81, что препятствует их более широкому применению. Совершенствование зацепления цилиндрических зубчатых колёс с арочными зубьями является важным и недостаточно исследованным направлением повышения качества и нагрузочной способности механизмов и машин, применяемых в различных отраслях промышленности.

В настоящее время, благодаря развитию компьютерных технологий, в частности, систем автоматизированного проектирования, появилась возможность проведения более глубоких исследований и разработки точных методов анализа, синтеза арочного зацепления и технологий изготовления арочных зубчатых колёс в промышленных масштабах.

© Н. В. МАТЮШЕНКО, А. В. ФЕДЧЕНКО, И. Б. ШЕЛИХОВА, 2014

Анализ литературы. Описанные в работах [1–7] методы анализа наружного зацепления арочных цилиндрических колес основываются на том, что продольный и поперечный профиль арочных зубьев при нарезании формируется двумя группами резцов с режущими кромками. Формирование выполняется способом непрерывного деления при тангенциальной подаче резцов относительно делительного цилиндра или путем формирования активной рабочей поверхности зубьев криволинейными режущими кромками резцов резцовой головки.

Особую заботу в передачах Новикова составляет то обстоятельство, что они могут быть только косозубыми. Этот фактор существенно сдерживает их широкое внедрение, несмотря на то, что по другим параметрам оно имеет несомненные преимущества. Появление больших осевых усилий резко отрицательно оказывается на работе подшипников, а также на конструкции корпуса редуктора. Шевронное исполнение зубчатых колес с зацеплением Новикова сильно влияет на увеличение в осевом направлении габаритов редуктора.

Использование передач Новикова с арочной формой зубьев предполагает всесторонний анализ и учет особенностей влияния продольной формы зуба на геометрические характеристики. Поэтому настоящая задача является актуальной.

Цель статьи. Разработать алгоритм, позволяющий по заданным параметрам исходного контура фрезы и начальным параметрам зацепления вычислять толщину зуба колеса для цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления.

Построение алгоритма вычисления толщины зуба. Предварительные исследования [7] показали, что при аналитическом описании удобнее рассматривать рабочие поверхности зубьев, как ГМТ, полученное движением образующей, скользящей по направляющей винтовой линии, расположенной на начальном цилиндре, и остающейся при этом в плоскости, параллельной торцовой. При такой постановке образующая получается, как огибающая мгновенных положений торцевого сечения инструментальной рейки. При этом (рис.1) исходный контур (ИК) преобразуется, дугам окружностей головки и ножки ИК соответствуют эллипсы, начальной прямой соответствует прямая НПс, а номинальным точкам контакта N_a , N_f на ИК – точки N_{as} и N_{fs} .

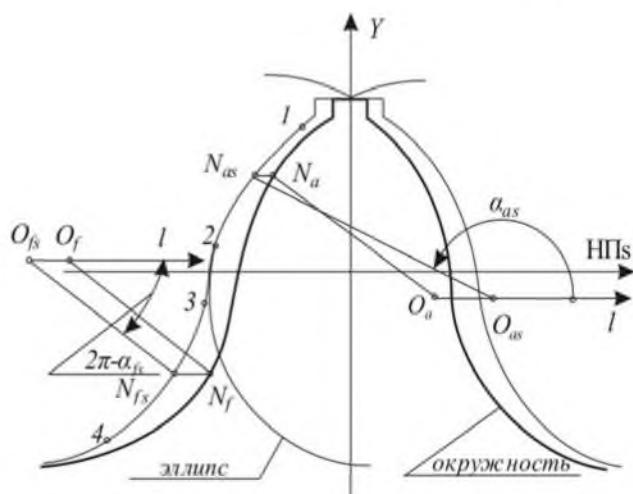


Рис. 1 – Исходный контур и его аналог в торцовой плоскости

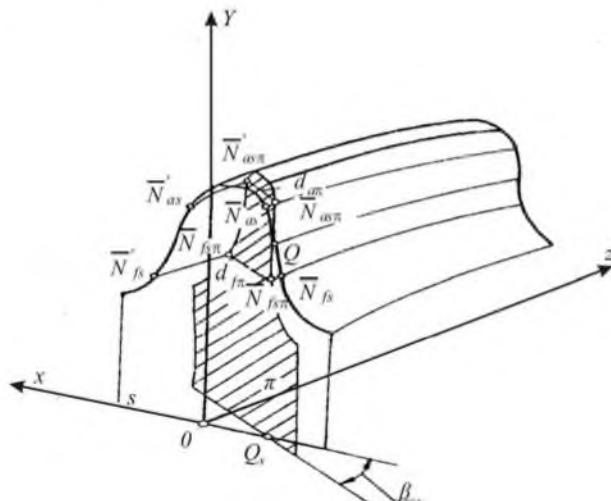


Рис. 2 – Торцовое с и нормальное π сечения зуба колеса

Пусть N_{as} (\bar{N}_{as}') – винтовые проекции (рис. 2) номинальных точек контакта (н.т.к.) на рабочей (нерабочей) стороне торцового профиля головки зуба колеса, а \bar{N}_{ast} (\bar{N}_{ast}') – винтовые проекции н.т.к. на рабочей (нерабочей) стороне нормального профиля головки зуба колеса. Обозначим также через (\bar{N}_{fs}) – винтовые номинальной точки контакта (н.т.к.) на рабочей (нерабочей) стороне торцового профиля ножки зуба колеса, а \bar{N}_{fst} (\bar{N}_{fst}') – винтовые н.т.к. на рабочей (нерабочей) стороне нормального профиля ножки зуба колеса.

Тогда, по уравнению поверхности головки зуба колеса, а также положению винтовых проекций н.т.к. N_{as} (\bar{N}_{as}'), координаты \bar{N}_{ast} (\bar{N}_{ast}') определяются следующим соотношением:

$$\begin{cases} x_{\bar{N}_{ast}} = r_{ab} \cos(\phi(\alpha_s)) + \gamma_{as}^*; \\ y_{\bar{N}_{ast}} = r_{ab} \sin(\phi(\alpha_s)) + \gamma_{as}^*; \\ z_{\bar{N}_{ast}} = p\gamma_{as}^*, \end{cases}$$

где $\alpha_s = \alpha_s(\alpha_s')$ – полярный угол, определяющий положение N_{as} (\bar{N}_{as}') на торцовом сечении зуба рейки. Угол γ_{as}^* находится как решение (методом простых итераций) уравнения $\gamma = Rr/p^2 \sin(\phi_0 - \phi - \gamma)$, в котором $\operatorname{tg}\phi = y(\alpha_s)/x(\alpha_s)$, $x(\alpha_s)$ и $y(\alpha_s)$ – координаты н.т.к. \bar{N}_{as} (н.т.к. \bar{N}_{as}') на рабочей (нерабочей) стороне головки зуба колеса, $\operatorname{tg}\phi_0 = y_0/x_0$, x_0 и y_0 – координаты точки Q пересечения начального цилиндра с рабочей стороной торцового профиля зуба колеса, r_{ab} – радиус контактного цилиндра.

Расстояние d_{at} между точками \bar{N}_{ast} и \bar{N}_{ast}' толщина зуба в нормальном сечении в н.т.к. головки зуба колеса вычисляется по формуле:

$$d_{at} = \sqrt{(X_{\bar{N}_{ast}} - X_{\bar{N}_{ast}'})^2 + (Y_{\bar{N}_{ast}} - Y_{\bar{N}_{ast}'})^2}.$$

Аналогично рассуждая, находим координаты н.т.к. \bar{N}_{fst} (\bar{N}_{fst}'):

$$\begin{cases} x_{\bar{N}_{fst}} = r_{fb} \cos(\phi(\alpha_s)) + \gamma_{fs}^*; \\ y_{\bar{N}_{fst}} = r_{fb} \sin(\phi(\alpha_s)) + \gamma_{fs}^*; \\ z_{\bar{N}_{fst}} = p\gamma_{fs}^*, \end{cases}$$

где $\alpha_s = \alpha_{fs}(\alpha_{fs}')$ – полярный угол, определяющий положение N_{fs} (\bar{N}_{fs}') на торцовом сечении зуба рейки, γ_{fs}^* – решение уравнения $\gamma = Rr/p^2 \sin(\phi_0 - \phi - \gamma)$, в котором $\operatorname{tg}\phi = y(\alpha_s)/x(\alpha_s)$, $x(\alpha_s)$ и $y(\alpha_s)$ – координаты н.т.к. \bar{N}_{fs} (н.т.к. \bar{N}_{fs}') на рабочей (нерабочей) стороне торцового сечения ножки зуба колеса, r_{fb} – радиус контактного цилиндра.

Тогда, толщина d_{ft} нормального сечения в н.т.к. ножки зуба колеса вычисляется по формуле:

$$d_{ft} = \sqrt{(X_{\bar{N}_{fst}} - X_{\bar{N}_{fst}'})^2 + (Y_{\bar{N}_{fst}} - Y_{\bar{N}_{fst}'})^2}.$$

Результаты расчетов показаны ниже на рис. 3.

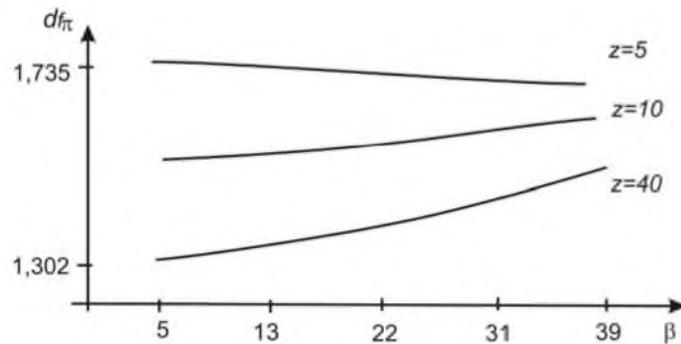


Рис. 3 – Зависимость толщины ножки зуба в нормальном его сечении в номинальных точках контакта

Выводы. Разработан алгоритм, позволяющий по заданным параметрам исходного контура фрезы и начальным параметрам зацепления вычислять толщину зуба колеса для цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления.

Список литературы: 1. Васин В. А. Конструкторско-технологическое обеспечение процесса формообразования круговых зубьев цилиндрических колес. Дис. канд. техн. наук. - Тула: ТулГУ., 2005. - 145 с. 2. Беляев А. И. Геометрический расчёт и технология нарезания колёс с арочными зубьями. / А. И. Беляев, А. И. Сиричин, Д. А. Сиричин. // Вестник машиностроения. – 1999. – № 1 – С. 3–8. 3. Сызранцев В. Н. Геометрическое исследование способа чистовой обработки арочных зубьев цилиндрических колес резцовыми головками с твердыми пластинами. / В. Н. Сызранцев, К. В. Сызранцева, М. Р. Варшавский. – Курган, 1999. – 9 с.: 1 ил. – рук. – Деп. в ВИНИТИ 17.02.99, № 505-В99. 4. Васильев В. М. Геометрия арочных зубьев цилиндрических передач, нарезаемых на экспериментальном зуборезном станке модели ЕЗ-67 / В. М. Васильев, Р. А. Мацей // Металлорежущие станки: Респ. межвед. научн.-техн. сб. – Киев, 1988. – Вып. 16. – С. 12–20. 5. Плахтин В. Д. Анализ зацепления и технология изготовления цилиндрических колес с арочными зубьями с применением автоматизированного комплекса Т-Flex. / В. Д. Плахтин, И. Г. Панков, А. П. Давыдов, А. Н. Паршин // CAD/CAM/CAE информационно аналитический PLM журнал № 6(36) 2007. – С. 63-66. 6. Syzrantsev V. N. Contact load and endurance of cylindrical gearing with arch-shaped teeth. / V. N. Syzrantsev, K. V. Syzrantseva, M. R. Varshavsky // Proceedings of the International Conference on Mechanical Transmissions. 5–9 April 2010, Chongqing, China. P. 425-43. 7. Плахтин В. Д. Изготовление зубчатых колес с арочными зубьями с применением пальцевых фрез. / В. Д. Плахтин, А. П. Давыдов, А.Н. Паршин // Технология машиностроения. – 2008 . –№ 6. – С. 12–15. 8. Матюшенко Н. В. Арочные зубья с циклоидальной продольной формой. / Н. В. Матюшенко, В. А. Бережной, А. В. Федченко // Вестник НТУ "ХПИ": Сб. научн. трудов. Тем. вып. "Проблемы мех. привода". – Харьков, 2013. – № 40. – С.75–79.

Bibliography (transliterated): 1. Vasin V. A. Konstruktorsko-tehnologicheskoe obespechenie processa formoobrazovaniya krugovyh Zub'ev cilindricheskikh koles. Dis. kand. tehn. nauk. - Tula: TulGU., 2005. - 145 s. 2. Beljaev A. I. Geometricheskij raschjot i tehnologija narezaniya koljos s arochnymi Zub'jami. / A. I. Beljaev, A. I. Siricin, D. A. Siricin. / Vestnik mashinostroenija. – 1999. – # 1 – S. 3–8. 3. Syzrancev V. N. Geometricheskoe issledovanie sposoba chistovoj obrabotki arochnyh Zub'ev cilindricheskikh koles rezcovymi golovkami s tverdymi plastinami. / V. N. Syzrancev, K. B. Syzranceva, M. R. Varshavskij. – Kurgan, 1999. – 9 s.: 1 il. –ruk. – Dep. v VINITI 17.02.99, # 505-V99. 4. Vasil'ev V. M. Geometrija arochnyh Zub'ev cilindricheskikh peredach, narezaemyh na jeksperimental'nom Zuboreznom stanke modeli EZ-67 / V. M. Vasil'ev, R.A. Macej / Metallorezhushchie stanki: Resp. mezhved. nauchn.-tehn. sb. – Kiev, 1988. – Vyp. 16. – S. 12–20. 5. Plahtin V. D. Analiz zaceplenija i tehnologija izgotovlenija cilindricheskikh koles s arochnymi Zub'jami s primeneniem

avtomatizirovannogo kompleksa T-Flex. / V. D. Plahtin., I. G. Pankov, A. P. Davydov, A. N. Parshin / SAD/CAM/CAE informacionno analiticheskij PLM zhurnal # 6(36) 2007. – S. 63-66. 6. Syzrantsev V.N. Contact load and endurance of cylindrical gearing with arch-shaped teeth. / V. N. Syzrantsev, K. V. Syzrantseva, M. R. Varshavsky / Proceedings of the International Conference on Mechanical Transmissions. 5–9 April 2010, Chongqing, China. P. 425-43. 7. Plahtin V.D. Izgotovlenie zubchatykh koles s arochnymi zub'jami s primeneniem pal'sevyh frez. / V.D. Plahtin, A. P. Davydov, A. N. Parshin / Tehnologija mashinostroenija. – 2008 . – # 6. – S. 12–15. 8. Matjushenko N.V. Arochnye zub'ja s cikloidal'noj prodl'noj formoj. / N.V. Matjushenko, V.A. Berezhnoj, A.V. Fedchenko / Vestnik NTU "HPI": Sb. nauchn. trudov. Tem. vyp. "Problemy mehanicheskogo privoda". – Har'kov, 2013. – # 40. – S.75–79.

Поступила (received) 12.09.2014

УДК 548.31

C. P. АРТЕМЬЕВ, канд. техн. наук, доц., Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ МАГНИТНЫХ И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

В материале статьи в рамках продолжения выполнения литературного обзора рассмотрены результаты проведенных исследований магнитных и оптических свойств различных групп нитевидных кристаллов, проанализирована зависимость их магнитных свойств, как от поверхностного, так и от объемного совершенства, детализирована проблема накопления F-центров в нитевидных кристаллах под действием ионизирующего излучения.

Ключевые слова: нитевидные кристаллы, оптические свойства, магнитные свойства, люминесценция, ферромагнитный резонанс, магнитная структура.

Введение. Проведенный анализ публикаций [1-35] показал, что по состоянию на окончание 20 века работ, специально посвященных изучению магнитных и оптических свойств нитевидных металлических (и других) кристаллов было не так много, причем основная масса из них иностранного происхождения и труднодоступна.

Если брать источники, например, более современного характера, то в [1] авторами рассмотрены перспективные направления использования «вискеров» именно с учетом влияния их характеристик на развитие конкретных направлений научных исследований, в том числе в области оптики.

В [2] коллективом авторов рассмотрены вопросы технологий обработки нитевидных кристаллов, возможности создания биосовместимых материалов, а также исследованы оптические свойства нитевидных кристаллов как наноматериалов. В диссертационной работе [3] ученым Номери М. достаточно углубленно рассматриваются физические свойства монокристаллов и особенное внимание уделено оптическим свойствам. В работе [4] достаточно углубленно обговаривались вопросы, связанные с особенностями оптических спектров некоторых нитевидных нанокристаллов, а в работе [5] по схожим группам нитевидных кристаллов обсуждались вопросы, в том числе и результатов проведенных оптических исследований нановолокон кристаллов SnO₂.

© С. Р. АРТЕМЬЕВ , 2014

Цель работы. Целью данной работы есть продолжение выполнения литературного обзора по проблеме исследования магнитных и оптических свойств некоторых групп нитевидных кристаллов. В результате проведенного обзора обобщены выводы по проведенным исследованиям магнитных и оптических свойств различных групп нитевидных кристаллов, рассмотрена характеристика зависимости их магнитных свойств, как от поверхностного, так и от их объемного совершенства, детально обсуждены вопросы накопления F-центров в нитевидных кристаллах под воздействием ионизирующего излучения.

Существующие представления о магнитных и оптических свойствах нитевидных кристаллов и их обсуждение. Многие магнитные свойства нитевидных кристаллов являются структурно-чувствительными и сильно зависят как от поверхностного, так и от объемного совершенства того или иного кристалла. Поэтому ожидать проявления особых магнитных свойств нитевидных кристаллов вполне естественно.

Изучение магнитных свойств нитевидных кристаллов многими исследователями проводилось преимущественно на железе [6–18]. Главным методом выявления доменов служил метод магнитных порошков, позволяющий обнаруживать не только доменную структуру, но и движение стенок доменов. Наиболее тонкие нитевидные кристаллы ($< 2 \text{ мк}$) могут быть монодоменными.

Величина внешнего перемагничивающего поля, при котором происходит зарождение нового домена в ферромагнетике, так называемая коэрцитивная сила чувствительна к совершенству материала. В чистом железе коэрцитивная сила обычно лежит в пределах от 0,01 до 1 э. Теоретическая же величина при температуре плюс 25° С равна 560 э [19].

Такое расхождение объясняется локальным возрастанием величины магнитного поля на поверхностных дефектах. Это приводит в итоге к неоднородному зарождению доменов и значительному снижению коэрцитивной силы. Французские исследователи Де-Блуа и Грахам в 1959 году экспериментально показали, что действительно зарождение доменов имеет место у поверхностных дефектов, возникших в кристалле в процессе роста или искусственно введенных.

Величина коэрцитивной силы непостоянна вдоль длины образца и изменяется при нагреве образца, сопровождающемся изменением его формы, а также после его химической полировки. Коэрцитивная сила снижается с увеличением толщины образца. В толстых нитевидных кристаллах она не отличается от коэрцитивной силы обычных материалов. Максимальная измеренная величина критического поля для зарождения домена в совершенном участке монодоменного нитевидного кристалла оказалась равной 504 э, что только на 10 % ниже теоретической величины, что было указано тем же Де-Блуа.

Структурно-чувствительным свойством является также скорость перемещения стенок доменов. Из-за взаимодействия с неоднородностями происходит торможение движения стенок доменов. В обычных кристаллах домены перемещаются со скоростью, не превышающей 0,5 км/сек.

В нитевидных кристаллах Fe, по данным опять-таки Де-Блуа, она достигает 50 км/сек. Де-Блуа подробно изучил влияние различных факторов на скорость перемещения доменов. Исследователь данной проблемы Фовлер и др. обнаружили

на нитевидных кристаллах эффект влияния формы поверхности на устойчивость доменной структуры.

В нитевидных кристаллах Fe при перемагничивании домены продолжали существовать у вершины кристалла даже в полях напряженностью 6000 э, когда считалось, что кристалл насыщен.

Такие участки служат зародышами новых доменов при перемагничивании и так же, как и дефекты поверхности, снижают коэрцитивную силу.

В нитевидных кристаллах Со доменную магнитную структуру изучали ученые Кацер и др. [20, 21]. Они обнаружили, что зависимость ширины домена от толщины образца подчиняется степенному закону $\frac{2}{3}$, а не $\frac{1}{2}$, как это предсказывает теория.

Нитевидные кристаллы в силу ряда их особенностей, таких как малое количество дефектов, малые размеры, малые вихревые токи в нунешних условиях стали таким объектом, в котором удалось наблюдать даже слабые диамагнитные эффекты. К таким явлениям относится, например, эффект Хааза-ван Альфена – периодическое изменение магнитной восприимчивости с изменением напряженности магнитного поля, наблюдающееся только при низких температурах, когда оно не маскируется другими более сильными магнитными эффектами.

Ученый Шёнберг в [22] первым наблюдал эффект Хааза-ван Альфена на нитевидных кристаллах Cu. Эффект был обнаружен на образцах только одной ориентировки <111>.

В 1963 году учеными Андерсоном и Голдом [23] впервые наблюдался этот эффект на ферромагнитном материале, используя при этом в качестве объекта нитевидные кристаллы Fe ориентации <110>. Измерения проводились при 1–2° К импульсным методом в условиях резонанса в поле напряженностью 200 кгс. Периодичность колебаний магнитной восприимчивости не точно совпадала с изменением магнитного поля.

В 1964 году исследователями Люборски и Морелок [24] в опытах по намагничиванию нитевидных кристаллов Fe и сплавов Fe – Со было показано, что зависимость коэрцитивной силы, остаточной магнитной индукции и гистерезиса от толщины образцов при хаотическом их расположении хорошо совпадает с расчетными данными для вихревой модели в кристаллах тоньше 1000 Å. Эти данные дали в то время первое экспериментальное подтверждение существования вихревого намагничивания, о котором говорилось исключительно в теории.

На нитевидных кристаллах Fe толщиной от 40 до 400 мк трех различных ориентировок <100>, <110>, <111> исследователями Айсином и Кольменом в [25] исследовалось влияние магнитного поля на электропроводность. Полученные ими результаты свидетельствовали о незамкнутых поверхностях Ферми.

На нитевидных кристаллах Fe учеными Родбеллом [26, 27] и Фрайтом [28], а на Со – Фрайтом [29] и Симанеком [30] исследовались особенности ферромагнитного и магнитного ядерного резонанса. Известно, что ширина резонансных линий чувствительна к объемному и поверхностному совершенству образца. Во всех указанных работах установлено, что ширина резонансных линий

у нитевидных кристаллов всегда уже, иногда и на порядок, чем у макрокристаллов, что подтверждает высокое совершенство их структуры.

Фрайт при измерении ферромагнитного резонанса в нитевидных кристаллах Со толщиной от 6 до 100 мк в своих исследованиях показал, что ширина резонансной линии изменялась от 75 до 1000 э и наиболее узкие полосы соответствовали образцам с наиболее совершенной поверхностью.

Нитевидные кристаллы удобны для изучения ферромагнитного резонанса из-за отсутствия у них эффектов пластической деформации, вносящих искажение в структуру образца, о чём уже говорилось в моих предыдущих статьях литературного обзора. Симанек установил также, что интенсивность резонанса в нитевидных кристаллах Со гексагональной фазы больше, чем в микрокристаллах [30].

Проведенный литературный обзор в области оптики нитевидных кристаллов показал, что в целом работ, посвященных изучению их оптических свойств, достаточно мало.

Так, люминесценцию в нитевидных кристаллах NaCl, активированных серебром, впервые наблюдала советский учёный Р.И. Гиндина в 1961 году [31]. Кристаллы ей выращивались из водного раствора, содержащего AgCl, через пористую перегородку – целлофан. Поскольку нитевидные кристаллы имели малую длину (3 – 5 мм), изучение свечения отдельных образцов не проводилось. Наблюдалось голубое свечение всей массы выросших кристаллов при облучении ультрафиолетом.

Подобное изучение люминесцентных свойств нитевидных кристаллов NaCl было проведено также Г. Лидером, Г. Бережковой и В. Рожанским, о чём указано в [32]. Неравномерность расположения активатора в кристалле проверялась на отдельных образцах в ультрафиолетовом микроскопе. Оказалось, что при росте из раствора активирующая примесь входит в кристалл неравномерно и создает отдельные яркие области свечения, что представлено на рис. 1. Из-за малого объема интенсивность свечения отдельных кристаллов очень слаба, поэтому спектры люминесценции снимались с группы нитевидных кристаллов, собранных в пучок.

Проведенные исследования показали, что закономерности спектров свечения нитевидных кристаллов не отличались от наблюдаемых у объемных кристаллофосфоров.

Максимумы свечения нитевидных кристаллов совпадали с максимумами свечения массивных кристаллов, с увеличением концентрации активатора максимум спектра свечения смешалась в длинноволновую область.

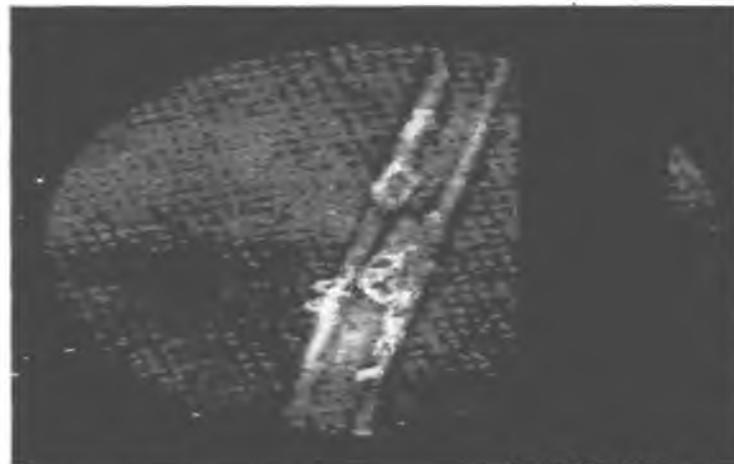


Рис. 1 – Неоднородности люминесценции нитевидных кристаллов NaCl [19, 32]

Рейнольдс и Грин [33] установили отсутствие краевой люминесценции в нитевидных кристаллах CdS, которая в обычных кристаллах приписывается присутствию вакансий на местах ионов серы. В нитевидных кристаллах появление краевой люминесценции вызывало только облучение их протонами с энергией 1 Мэв, достаточной для образования вакансий, как на местах ионов серы, так и кадмия.

Советские исследователи Гольденберг и Мелик-Гайказян в [34] исследовали процесс накопления F-центров в нитевидных кристаллах NaCl. Накопление F-центров в нитевидных кристаллах под действием ионизирующего излучения происходило в две стадии, причем вторая стадия связана с локализацией электронов на ионных вакансиях, генерируемых при облучении.

Поскольку во время действия механизма радиационного образования важную роль играют дислокации, ими была предпринята попытка провести эксперимент на малодислокационных или бездислокационных объектах. Для этого были взяты нитевидные кристаллы NaCl, полученные тремя различными способами:

- осаждением из газовой фазы;
- выращенные из водного раствора через пористую перегородку;
- и, так называемые, «усы раскола».

Оказалось, что каждому способу получения нитевидных кристаллов соответствует своя характерная кривая кинетики накопления F-центров, что показано на рис. 2. Закономерности накопления F-центров в нитевидных кристаллах, выращенных из растворов, и макрокристаллах одинаковы.

Но в некоторых образцах толщиной 20 – 30 мк накопление F-центров происходит так же, как и в нитевидных кристаллах, полученных из газовой фазы.

В 1963 году исследователь Балларо и др. [35] исследовали особенности образования центров окрашивания при рентгеновском облучении нитевидных кристаллов KCl. Было обнаружено лишь небольшое отличие от обычных монокристаллов в ходе кривой поглощения. Это обстоятельство было связано с тем, что исследовались довольно толстые образцы в 10 – 80 мк, не обладающие высоким совершенством структуры. Плотность дислокаций в них по данным травления достигала $1,5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$, а высокая степень окрашивания исследованных образцов свидетельствовала о значительной первоначальной концентрации вакансий.

Выходы. Подводя итог материалу обзора по проблеме исследования, следует отметить, что учет таких важных свойств нитевидных кристаллов как магнитные и оптические свойства, в целом позволит более качественно решить ряд

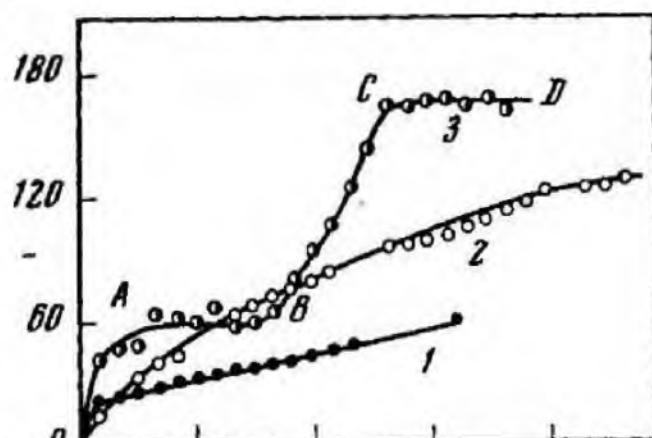


Рис. 2 – Кинетика накопления F-центров в «усах раскола» (1) и нитевидных кристаллах NaCl, выращенных из раствора (2) и из газовой фазы (3) [19, 34]

существенных задач, к которым можно отнести:

1. Разработку технологии получения нитевидных кристаллов с заданными характеристиками на основе метода газового транспорта.
2. Установление закономерностей роста нитевидных и других форм кристаллов.
3. Изучение зависимости морфологии и оптических свойств нитевидных кристаллов от условий их получения.
4. Установление структуры локализованных электронных состояний отдельных групп нитевидных кристаллов.
5. Оптимизацию технологических параметров синтеза для получения нитевидных кристаллов с заданными характеристиками.
6. Синтез нитевидных кристаллов и гетероструктур на их основе.
7. Исследование особенностей роста нитевидных оксидных полупроводников и гетероструктур на их основе.
8. Исследование оптических свойств нитевидных кристаллов в сравнении с другими кристаллическими формами.

Список литературы: 1. Шишелова, Т. И. Нитевидные кристаллы [Текст] / Т. И. Шишелова, Н. Е. Степанова, Д. А. Плынская, М. А. Беляева // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 8 – С. 12–13. 2. Нитевидные кристаллы [Текст] : материалы всероссийской конференции «Исследования и разработки по приоритетному направлению развития науки, технологий и техники «Индустрия наносистем и материалы», 18-19 января 2007 года, г. Москва / редкол.: Е. А. Гудилин.– Москва.– ФГУ «Российский научный центр «Курчатовский институт». 3. Номери, Мохамед Абасс Хадия Получение и исследование оптических свойств полупроводниковых оксидов ZnO_2 и Zn_2O_3 [Текст] : дисс. канд. физ.-мат. наук / Хадия Абасс Мохамед Номери.– Воронеж., 2011. – 128 с. 4. Рябцев, С. В. Особенности оптических спектров нитевидных нанокристаллов SnO_2 [Текст] : VII Всерос. конф.-школа / С. В. Рябцев, Н. М. А. Хадия, Ф. М. Чернышов, С. В. Рябцев, Э. П. Домашевская // Нелинейные процессы и проблемы самоорганизации в современном материаловедении (индустрия наносистем и материалы). – Воронеж, 2009. – С. 308–311. 5. Домашевская, Э. П. Морфологические, структурные и оптические исследования нановолокон SnO_2 , синтезированных из порошка SnO [Текст] : IV Всерос. конф. / Э. П. Домашевская, Н. М. А. Хадия, П. В. Середин, С. В. Рябцев // Фагран – 2008: Физико-химические процессы в конденсированном состоянии и на межфазных границах. – Воронеж, 2008. – С. 367–371. 6. Coleman, R. V. Article [Text] / R. V. Coleman, G. G. Scott // Phys. Rev. – 1957. – Vol. 107. – P. 1276. 7. Scott , G. G. Article [Text] / G. G. Scott, R. V. Coleman // J. Appl. Phys. – 1957. – Vol. 28. – P. 1512. 8. Coleman, R. V. Article [Text] / R. V. Coleman, G. G. Scott // J. Appl. Phys. – 1958. – Vol. 29. – P. 526. 9. De Blois, R. W. Article [Text] / R. W. De Blois // J. Appl. Phys. – 1958. – Vol. 29. – P. 459. 10. De Blois, R. W. Article [Text] / R. W. De Blois // J. Appl. Phys. – 1958. – Vol. 29. – P. 528. 11. De Blois, R. W. Article [Text] / R. W. De Blois, C. D. Graham // J. Appl. Phys. – 1958. – Vol. 29. – P. 931. 12. De Blois, R. W. Growth and Perfection of Crystals [Text] / R. W. De Blois, C. D. Blois // N. Y. John Wiley. – 1959. – Vol. 33. – P. 179. 13. De Blois, R. W. Growth and Perfection of Crystals [Text] / R. W. De Blois, C. P. Bean // N. Y., John Wiley. – 1959. – Vol. 12. – P. 253. 14. De Blois, R. W. Article [Text] / R. W. De Blois, C. P. Bean // J. Appl. Phys. – 1959. – Vol. 30. – P. 144–145. 15. De Blois, R. W. Article [Text] / R. W. De Blois // J. Appl. Phys. – 1961. – Vol. 32. – P. 1561. 16. Fow ler, C. A. Article [Text] / C. A. Fow ler, E. M. Fryer, D. Treves // J. Appl. Phys. – 1960. – Vol. 31. – P. 2267. 17. Fow ler, C. A. Article [Text] / C. A. Fow ler, E. M. Feyer, D. Treves // J. Appl. Phys. – 1961. – Vol. 32. – P. 296. 18. Kaczer, J. Article [Text] / J. Kaczer, R. Gemperle // Czech. J. Phys. – 1959. – Vol. 9. – P. 306. 19. Бережкова, Г. В. Нитевидные кристаллы [Текст] / Г. В. Бережкова. – М.: Госиздат, 1969. – 158 с. 20. Kaczer, J. Article [Text] / J. Kaczer, R. Gemperle, Z. Hayhtman // Czechosl. J. Phys. – 1959. – Vol. 9. – P. 606. 21. Гауптман, З. Рост кристаллов. Т. III [Текст] / З. Гауптман, Я.

Кацер, Р. Гемперле. – Изд-во АН СССР, 1961. – 159 с. **22.** Shoenberg, D. Article [Text] / D. Shoenberg // Nature. – 1959. – Vol. 183. – P. 171. **23.** Anderson, J. R. Article [Text] / J. R. Anderson, A. V. Gold // Phys. Rev. Letters. – 1963. – Vol. 10. – P. 227. **24.** Luborsky, F. E. Article [Text] / F. E. Luborsky, C. R. Morelock // J. Appl. Phys. – 1964. – Vol. 35. – P. 2055. **25.** Ison, A. Article [Text] / A. Ison, R. V. CoIeman // Phys. Rev. – 1965. – Vol. 137. – P. 1609. **26.** Rodbell, D. S. Article [Text] / D. S. Rodbell // Appl. Phys. – 1959. – Vol. 30. – P. 187. **27.** Rodbell, D. S. Growth and Perfection of Crystals [Text] / D. S. Rodbell // N. Y., John Willey. – 1959. – Vol. 4. – P. 247. **28.** Frait, Z. Article [Text] / Z. Frait // Czech. J. Phys. – 1964. – Vol. 14. – P. 205. **29.** Frait, Z. Article [Text] / Z. Frait // Czech. J. Phys. – 1960. – Vol. 10. – P. 546. **30.** Simanek, E. Article [Text] / E. Simanek // Czech. J. Phys. – 1962. – Vol. 12. – P. 81. **31.** Гиндина, Р. И. Исследования по люминесценции [Текст] / Р. И. Гиндина // Журнал прикладной физики. – 1961. – № 2. – С. 148–152. **32.** Лидер, В. В. Статья [Текст] / В. В. Лидер, Г. В. Бережкова, В. Н. Рожанский // Физика твердого тела. – 1963. – № 5. – С. 1479. **33.** Reynolds, D. S. Article [Text] / D. S. Reynolds, L. C. Greene // Bull. Amer. Phys. Soc. – 1958. – Vol. 3. – P. 108. **34.** Гольденберг, С. У. Статья [Текст] / С. У. Гольденберг, И. Я. Мелик-Гайказян // Физика твердого тела. – 1964. – № 6. – С. 3484. **35.** Ballaro, S. J. Article [Text] / S. Ballaro, G. Chiarotti, G. Cubiotti, V. Grasso // Phys. Chem. Solids – 1965. – Vol. 26. – P. 729.

Bibliography (transliterated): **1.** Shishelova, T. I., Stepanova, N. E., Plynskaja, D. A., Beljaeva, M. A. (2009). Nitevidnye kristally. Uspehi sovremennoego estestvoznanija, 8, 12–13. **2.** Nitevidnye kristally (2007). Issledovaniya i razrabotki po prioritetnomu napravleniju razvitiya nauki, tehnologij i tekhniki. Industrija nanosistem i materialy.– Moskva. – FGU «Rossijskij nauchnyj centr «Kurchatovskij institut». **3.** Nomeri, Mohamed Abass Hadija (2011). Poluchenie i issledovanie opticheskikh svojstv poluprovodnikovyh oksidov ZnO₂ i Zn₂O₃. Voronezh., 128. **4.** Rjabcev, S. V., Hadija, N. M. A., Chernyshov, F. M., Rjabcev, S. V., Domashevskaja, Je. P. (2009). Osobennosti opticheskikh spektrov nitevidnyh nanokristallov SnO₂. Nelinejnye processy i problemy samoorganizacii v sovremenном materialovedenii (industrija nanosistem i materialy). Voronezh, 308–311. **5.** Domashevskaja, Je. P., Hadija, N. M. A., Seredin, P. V., Rjabcev, S. V. (2008). Morfologicheskie, strukturnye i opticheskie issledovaniya nanovolokon SnO₂, sintezirovannyh iz poroshka SnO. Fagran – 2008: Fiziko-himicheskie processy v kondensirovannom sostojanii i na mezhfaznyh granicah. Voronezh, 367–371. **6.** Soleman, R. V., Scott, G. G. (1957). Article. Phys. Rev., 107, 1276. **7.** Scott ,G.G., Soleman, R. V. (1957). J. Appl. Phys., 28, 1512. **8.** Soleman, R. V., Scott, G. G. (1958). Article. J.Appl. Phys., 29, 526. **9.** De Vlois, R. W. (1958). Article. J.Appl. Phys., 29, 459. **10.** De Vlois, R. W. (1958). Article. J.Appl. Phys., 29, 528. **11.** De Vlois, R. W., Graham, C. D. (1958). Article. J. Appl. Phys., 29, 931. **12.** De Vlois, R. W., Vlois, C. D. (1959). Growth and Perfection of Crystals. N. Y. John Willey, 33, 179. **13.** De Vlois, R. W., Vean, S. P. (1959). Growth and Perfection of Crystals. N. Y., John Willey, 12, 253. **14.** De Vlois, R. W., Vean, S. P. (1959). Article. J.Appl. Phys., 30, 144–145. **15.** De Vlois, R. W. (1961). Article. J.Appl. Phys., 32, 1561. **16.** Fowler, C. A., Fruer, E. M., Treves, D. (1960). Article. J.Appl. Phys., 31, 2267. **17.** Fowler, C. A., Fguer, E. M., Treves, D. (1961). Article. J.Appl. Phys., 32, 296. **18.** Kaczer, J., Gemperle, R. (1959). Article. Czech. J. Phys., 9, 306. **19.** Berezhkova, G. V. (1969). Nitevidnye kristally. Moscow: Gosizdat, 158. **20.** Kaczer, J., Gemperle, R., Hayhtman, Z. (1959). Article. Czechosl. J. Phys., 9, 606. **21.** Gauptman, Z., Kacer, Ja., Gemperle, P. (1961). Rost kristallov. Vol. III. Izd-vo AN SSSR, 159. **22.** Shoenberg, D. (1959). Article. Nature, 183, 171. **23.** Anderson, J. R., Gold, A. V. (1963). Article. Phys. Rev. Letters, 10, 227. **24.** Luborsky, F. E., Morelock, C. R. (1964). Article. J. Appl. Phys., 35, 2055. **25.** Ison, A., Soleman, R. V. (1965). Article. Phys. Rev., 137, 1609. **26.** Rodbell, D. S. (1959). Article. Appl. Phys., 30, 187. **27.** Rodbell, D. S. (1959). Growth and Perfection of Crystals. N. Y., John Willey, 4, 247. **28.** Frait, Z. (1964). Article. Czech. J. Phys., 14, 205. **29.** Frait, Z. (1960). Article. Czech. J. Phys., 10, 546. **30.** Simanek, E. (1962). Article. Czech. J. Phys., 12, 81. **31.** Gindina, R. I. (1961). Issledovaniya po ljuminescencii. Zhurnal prikladnoj fiziki, 2, 148–152. **32.** Lider, V. V., Berezhkova, G. V., Rozhanskij, V. N. (1963). Article. Fizika tverdogo tela, 5, 1479. **33.** Reynolds, D. S., Greene, L. C. (1958). Article. Bull. Amer. Phys. Soc., 3, 108. **34.** Gol'denberg, S. U., Melik-Gajkazjan, I. Ja. (1964). Article. Fizika tverdogo tela, 6, 3484. **35.** Ballaro, S. J., Chiarotti, G., Cubiotti, G., Grasso, V. (1965). Article. Phys. Chem. Solidsju, 26, 729.

Поступила (received) 12.09.2014

РЕФЕРАТИ

УДК 621.397

Візуалізація дефектів кремнієвих фотоелектричних сонячних батарей/ Пахалюк Р. І., Божко К. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 3-7. – Бібліогр.: 7 назв.

В даній статті вперше вдалось поєднати в одному підході такі різні методи як інфрачервоні термографія та телевізійна мікроскопія для дослідження електролюмінісценцентних дефектів. Основою підходу стала ідея нагрівання фотоелектричних сонячних батарей зворотним темновим струмом, в процесі якого і реалізовано візуалізацію дефектів

Ключові слова: дефект, термографія, електролюмінісценція, батарея, інфрачервона, візуалізація, перегрів

УДК 542.65

Модифікування пористої структури синтетичного стивенситу/ Приходько. Р. В., Черненко І. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 8-13. – Бібліогр.: 9 назв.

Один із найбільш перспективних матеріалів в каталізі є синтетичний стивенсит. Це обумовлено, значною кислотністю його поверхні, великою обмінною ємністю та однорідністю хімічного складу. Тому дане дослідження пов'язано з модифікуванням пористої структури стивенситу поліалігокатіонами металів алюмінію, титану та хрому та вивчення їх фізико – хімічних властивостей.

Ключові слова: стовпчасті глини, пілар, олігомери, стивенсит, синтез, смектити, поліолігокатіон, модифікування, золь- гель метод, адсорбція – десорбція.

УДК 519.2:621.658.512

Оцінка якості координованих отворів у машинобудуванні статистичними методами/ Р. М. Тріш, В. М. Бурдейна // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 14-20. – Бібліогр.: 7 назв.

У статті розглянуто основні підходи при оцінюванні якості координованих отворів з допомогою статистичних методів. Проведений аналіз існуючих підходів до оцінювання якості координованих отворів при механічній обробці. Запропоновано нову модель для процесу оцінювання показників якості точності координованих отворів при механічній обробці. Отримані числові характеристики для моделі оцінювання якості точності координованих отворів за допомогою статистичних методів в машинобудуванні.

Ключові слова: якість, отвір, характеристика, обробка, методи, розсіювання, показники, коефіцієнт, модель, розмір.

УДК 658.62.018.012

Оцінювання процесів системи менеджменту якості підприємств на відповідність вимогам міжнародного стандарту серії ISO 9000 / Катрич О. А., Горбенко Н. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 20-25. – Бібліогр.: 7 назв.

У статті розглянуті питання, пов'язані з оцінюванням різнопідвидів і різномірних показників якості процесів системи менеджменту якості, що відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000, на безрозмірну шкалою. Аналіз вимог міжнародних стандартів доводить необхідність оцінювання процесів СУЯ.

Ключові слова: процес, показник якості процесу, безрозмірна шкала, функція бажаності, міжнародний стандарт, система менеджменту якості.

УДК 004.652.6

Система підтримки прийняття рішень при оцінюванні сформованого рівня компетентності фахівців / Загородня Т.М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 25-33. – Бібліогр.: 9 назв.

Запропоновано метод оцінювання ефективності застосування системи підтримки прийняття рішень для оцінки сформованого рівня компетентності. Сформульовано оптимізаційну задачу формування найвищого рівня компетенцій з урахуванням обмежень і мінімізацією затрат. Для її вирішення, запропоновано метод, який враховує особливості занять для студентів з різними початковими рівнями компетенцій та особистими характеристиками.

Ключові слова: Система підтримки прийняття рішень, компетенція, оцінювання ефективності, модель процесу навчання .

УДК 658.5.011.56

Підходи до оцінки ефективності асу інформаційними технологіями/ Шеховцова В. І. //
Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 33-39. – Бібліогр.: 7 назв.

Пропонуються підходи щодо оцінки якості АСУ та функціональної ефективності ІТ-архітектури підприємства. Наводиться алгоритм процесу оцінки ефективності управління як поетапна послідовність дій по визначенням певних показників за обумовленими критеріями. Виділяються шляхи досягнення сумісності забезпечень АСУ по видам і рівням управління. Показана модель процесу моніторингу та оцінки ІТ технологій на підприємстві, що узагальнює підходи за різними критеріями.

Ключові слова: інформаційні технології, автоматизовані системи управління, оцінка ефективності, моніторинг, сумісність.

УДК 57.087

Спільне використання кондуктометричних та термометричних датчиків у спеціалізованій апаратурі для контролю стану самиць ВРХ/ Саминіна М. Г., Мегель Ю. Є. //
Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 39-45. – Бібліогр.: 13 назв.

Проведено аналіз особливостей застосування методів кондуктометрії та термометрії в спеціалізованих приладах і системах контролю репродуктивної сфери самиць ВРХ і дана комплексна оцінка можливості спільногого використання в одній вимірювальній системі датчиків електропровідності і температури.

Ключові слова: електропровідність, температура, датчики, контроль репродуктивної сфери

УДК 336.5.02:621.3:656.71(045)

Управління споживанням електричної енергії аеропортів/ А. Е. Асланян, В. П. Захарченко, Н. П. Соколова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 45-50. – Бібліогр.: 8 назв.

В статті пропонується вирішення проблеми ефективного управління споживанням електричної енергії аеропорту. Ефективне управління режимом електроспоживання дозволить забезпечити раціональне споживання електричної енергії об'єктами аеропортів, сприятиме вирівнюванню графіків навантаження енергетичних систем, що забезпечить їх нормальне функціонування та мінімізує затрати в умовах зростання ціни на електричну енергію.

Ключові слова: показники енергоефективності, управління, електрична енергія, аеропорт, теорія автоматичного управління.

УДК 504.054

Розрахункова модель випаровувань автозаправних станцій/ Іvasенко В. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 51-59. – Бібліогр.: 14 назв.

Проаналізовано особливості впливу роботи автозаправних станцій (АЗС) на довкілля. Розглянуто технологічні особливості роботи АЗС: «мале» дихання, «велике» дихання. Рівні концентрацій і склад речовин: випаровувань газоподібних речовин, при різних експлуатаційних режимах роботи АЗС. Розглянуті методики визначення маси випаровувань різних видів палива:

та скрапленого вуглеводневого газу, бензину, дизельного палива.

Ключові слова: викиди, автозаправна станція, методика розрахунку, розсіювання, джерело, забруднення, «мале» дихання, «велике» дихання.

УДК 656.222.3:658.5

Формування критерію безпечного управління поїздною роботою на залізничній станції /Лаврухін О. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.59-66. – Бібліогр.: назв.10

Роботу присвячено формуванню критерію безпечного управління поїздною роботою на залізничній станції, який надає можливість якісно оцінити рівень безпеки виконання експлуатаційної роботи оперативним персоналом при управлінні поїздами пересуваннями без застосування автоматизованих робочих місць на протязі робочої зміни. В процесі виконання наукової роботи було розраховано критерій безпечної експлуатації K_b , сортувальної позакласної станції Харківської дирекції залізничних перевезень Південної залізниці Основа, за результатами якого станцію було віднесено до 4 рівня безпеки.

Ключові слова: безпека, критерій безпечного управління, функція приналежності, негабаритний вантаж, спеціалізована колія

УДК 004.32; 004.48; 004.45; 004.82

Дослідження особливостей організації систем єдиного входу. Частина 1: Модель подання даних / та ідентифікація в сервісних під мережах/ Зеленцова Ж. Ю., Йона О. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.66-74. – Бібліогр.: назв.15

З зростанням кількості сервісів в глобальній мережі виникає необхідність їх агрегації. Показано, що існує кілька підходів «безшовного» об'єднання сервісів в призначенному для користувача сегменті мережі. Відзначено, що залишається відкритим питання організації єдиного доступу до мережевих сервісів. Обґрутовується необхідність введення систем ідентифікації та забезпечення доступу з єдиним входом. Розглянуто модель представлення даних, що поєднує фіксацію відомостей про користувачів, про їх пристрой та дії в глобальній мережі.

Ключові слова: системи єдиного входу, організація доступу, Single Sign-On, iGenotype, e-passport, ідентифікація

УДК 621.65:004.183

Моделювання споживання електричної енергії динамічним навантаженням в електричних мережах промислових підприємств/ Романовський В. І., Іванов О. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 75-80. – Бібліогр.: 8назв.

Запропоновано метод моделювання процесу роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії в електричних мережах промислових підприємств. Застосування теорії миттєвої потужності дозволяє оцінити вплив режиму роботи таких споживачів на мережу в цілому та на суміжних споживачів. Виконано моделювання роботи обладнання у цеху промислового підприємства, що дозволило підвищити ефективність споживання електричної енергії.

Ключові слова: енергоефективність, миттєва потужність, ефективна потужність, динамічне навантаження, математичне моделювання.

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Методика розрахунку критичних режимів течії в решітках аеродинамічних профілів / Дорошенко К. В., Терещенко Ю. Ю., Техрані А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 81-86. – Бібліогр.: 9 назв.

В роботі представлена методика розроблення критичних режимів «запирання» течії в решітках аеродинамічних профілів з урахуванням в'язкості. Запропоновано залежності для розрахунку течії в межлопаткових каналах з урахуванням пограничного шару для великих додатніх і від'ємних кутів атаки. Методику апробовано шляхом зіставлення відомих експериментальних даних і отриманих авторами результатів чисельного експерименту.

Ключові слова: методика, запирання, течія, решетка, моделювання, злив, пограничний шар, компресор, в'язкість, стисливість.

УДК 621.9.06

3D-Моделювання та розрахунок приводу головного руху фрезерного верстата з шестишпиндельною револьверною головкою / Кроль О. С., Журавлев В. В. // Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). – Р. 87-99. – Bibliogr.: 15.

Побудовані 3D-моделі спеціалізованого вертикального фрезерно-свердлицького верстата другого типорозміру моделі СФ16МФЗ в інтегрованої САПР КОМПАС-3D та проведено комплексне дослідження напружено-деформованого становища деталей приводу головного руху і револьверної головки в модулях APM SHAFT, APM BEAR и APM STRUCTURE 3D.

Ключові слова: 3D-модель, верстат, шпиндель, жорсткість, опора, САПР

УДК 004.4+616.1+632.938

Система прогнозування розвитку захворювань серця на основі даних імунологічних досліджень/ Білан В. М., Кисельова О. Г., Беспалова О. Я. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 100-107. – Бібліогр.: 16 назв.

Стаття присвячена розробці діагностичного методу своєчасного прогнозування розвитку серцево-судинних захворювань на основі даних імунологічних досліджень. Досліджено зв'язок імунного статусу людини з серцево-судинними захворюваннями та виявлено закономірності патогенезу імунологічних маркерів у залежності від захворювань серця, а саме при ішемічній хворобі серця та кардіоміопатії. Розроблено алгоритм оцінки стану серцево-судинної системи людини на основі інформативності показників імунного статусу організму.

Ключові слова: імунний статус, кардіоміопатія, ішемічна хвороба серця, патогенез, загальний аналіз крові, імунологічне дослідження, ехокардіографія, автоматизована діагностична система.

УДК 658.56

Визначення зміни концентрації вологи в шарі матеріалу спецодягу/ М. Л. Рябчиков, М. В. Денисенко// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 108-114. – Бібліогр.: 9 назв.

В статті розглядаються питання визначення поглинання тканиною, яка використовується для поширення спецодягу, вологи. При цьому науково обґрунтовано алгоритм визначення зміни концентрації вологи в матеріалі що дозволить вирішити ряд практичних задач. Для цього застосовується фізико-математичне моделювання, що дозволяє визначити максимальний час експлуатації матеріалу в вологому приміщенні, або рекомендувати час експлуатації матеріалу, який визначається накопиченням вологи на внутрішній стороні матеріалу, що гранично відповідає комфортним умовам праці.

Ключові слова: спецодяг, волога, концентрація вологи, волокна, рідина, коефіцієнт дифузії, концентрація рідини, накопичення вологи, поглинання вологи.

УДК 543.271.3

Структурні схеми побудови полум'яно-іонізаційні газоаналізатори/ А. В. Жужа // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 114-119. – Бібліогр.: 9 назв.

Розглянуто полум'яно-іонізаційний метод вимірювання концентрації газоподібних

вуглеводнів. Залежно від умов і цілей застосування, виникає необхідність вибору оптимальної структурної схеми побудови полум'яно-іонізаційного газоаналізатора. Представлені нові структурні схеми побудови полум'яно-іонізаційних газоаналізаторів під конкретні умови застосування та вимоги до швидкодії, надійності, автоматизації процесів контролю та діагностики приладу.

Ключові слова: полум'яно-іонізаційний газоаналізатор, детектор, іонізація, атмосфера, викиди, аналіз, пробопідготовка, вуглеводні, схема, швидкодія, вуглеводні.

УДК 628.16

Вивчення процесів видалення твердої фази з води з використанням часток магнетиту/ Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 119-125. – Бібліогр.:13 назв.

Досліджено ефективність видалення з водного середовища твердих часток з використанням суспензії магнетиту, отриманого методом хімічної конденсації. Вивчено вплив на ефективність процесу очищення води коагулянтів та флокулянтів, водневого показника, природи твердої фази, порядку додавання реагентів. Встановлені найбільш ефективні реагенти для обробки стічних вод процесів переробки макулатури та визначені їх дози. Бібліогр.: 13. назв.

Ключові слова: магнетит, тверда фаза, освітлення води, коагулянти, флокулянти, скоп

УДК 504.75

Енергетичну кризу вирішить альтернативна енергетика/ Березуцький В. В., Березуцька Н. Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.125-129. – Бібліогр.: назв.14

Розглянуті традиційні джерела отримання енергії і показані їх недоліки. Виконані дослідження за визначенням наявності енергії в пірамідках, які побудовані за принципом єгипетських пірамід. Результати, які були отримані, дозволили зробити висновок о перспективності розробки технологій отримання енергії в пірамідках.

Ключові слова: енергетика, джерела енергії, недоліки, переваги, енергія космосу, піраміди.

УДК 504.064.3

Методи вимірювання параметрів навколошнього природного середовища/ Яцишин А. В., Попов О. О., Артемчук В. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40 (1083). – С.130-137. – Бібліогр.: назв 8.

В статті виконано аналіз кількісних методів вимірювання параметрів навколошнього природного середовища, до яких відносяться хімічні, фізико-хімічні, фізичні та біологічні методи. Здійснено класифікацію кожного із зазначених методів кількісного аналізу. Визначені умови та межі застосування даних методів. Показано їх основні переваги та недоліки.

Ключові слова: кількісний аналіз, метод вимірювання, параметри, навколошнє природне середовище.

УДК 621.74

Управління якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків на основі моделювання ефективності його модифікування/ Коваль О. С., Пензєв П. С., Димко Є. П., Пуляєв А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.138-145. – Бібліогр.: назв.10

У статті описані результати визначення ефективності модифікування чавуну двома типами модифікаторів – феросиліцієм та Si-Ba лігатурою, що можуть бути використані при розробці критеріїв якості сплаву. Зокрема, отримані математичні моделі розподілу розміру графіту в залежності від координат в перетині зразку можуть бути враховані по формуванні документів, що регламентують якість чавуну, та методику оцінювання якості сплаву за його мікроструктурою.

Ключові слова: якість сплаву, методика оцінювання якості, модифікування чавуну

УДК 621.785.53

Моделювання глибини боридного шару сталі 4Х5МФС при зміні тривалості борування по нанотехнології / Костик К. О., Костик В. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.145-149. – Бібліогр.: назв.10

Отримана модель глибини боридного шару при заданій температурі при зміні тривалості часу борування легованої сталі по нанотехнології, яка спрямована на скорочення тривалості хіміко-термічної обробки при одержанні високоякісних дифузійних шарів, які забезпечують необхідні експлуатаційні властивості виробів. Модель отримана заходженням рівняння апроксимації з використанням метода найменших квадратів та матричного підходу до регресивного аналізу.

Ключові слова: сталь, борування, хіміко-термічна обробка, дифузійний шар, глибина шару, модель.

УДК 621.833+515.2

Метрологічні аспекти зубчастих передач/ Матюшенко М. В., Федченко Г. В., Шеліхова І. Б. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.150-154. – Бібліогр.: 8 назв.

У статті отримано рівняння поверхні зубів циліндричних передач Новікова з двома лініями зачеплення (ДЛЗ) з циклоїdalньою поздовжньою формою, нарізаних резцової голівкою. Форма зуба є обвідної однопараметричного сімейства миттєвих положень вихідного контуру інструменту. Побудовано алгоритм обчислення товщини зуба.

Ключові слова: циліндрична передача, передача Новікова, дві лінії зачеплення, циклоїdalний поздовжня форма зуба, товщина зуба.

УДК 548.31

Аналіз результатів досліджень магнітних та оптических властивостей ниткоподібних кристалів/ Артем'єв С. Р. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С.154-160. – Бібліогр.: назв.35.

В матеріалі статті в межах продовження виконання літературного огляду розглянуто результати проведених досліджень магнітних та оптических властивостей ниткоподібних кристалів, проаналізовано залежність магнітних властивостей кристалів як від їх поверхневої, та і об'ємної досконалості, деталізовано процес накопичення F-центрів ниткоподібних кристалів під дією впливу іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: ниткоподібні кристали, магнітні властивості, оптическі властивості, люмінесценція, феромагнітний резонанс, магнітна структура.

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.397

Визуализация дефектов кремниевых фотоэлектрических солнечных батарей / Пахалюк Р. И., Божко К. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.3-7. – Бібліогр.: 7 назв.

В данной статье впервые удалось совместить в одном подходе такие разные методы как инфракрасная термография и телевизионная микроскопия для исследования электролюминесцентных дефектов. Основой подхода стала идея нагрева фотоэлектрических солнечных батарей обратной темновым током, в процессе которого и реализовано визуализацию дефектов

Ключевые слова: дефект, термография, электролюминисценция, батарея, инфракрасная, визуализация, перегрев

УДК 542.65

Модифицирование пористой структуры синтетического стивенситу/ Приходько Р. В., Черненко И. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.8-13. – Бібліогр.: 9 назв.

Один из самых перспективных материалов в катализе является синтетический стивенсит. Это обусловлено, значительной кислотностью его поверхности, большой обменной емкостью и однородностью химического состава. Поэтому данное исследование связано с модификацией пористой структуры стивенситу полиалигокатионами металлов алюминия, титана, хрома и изучение их физико - химических свойств.

Ключевые слова: столбчатые глины, пилар, олигомеры, стивенсит, синтез, смектит, полиалигокатион, модификация, золь - гель метод, адсорбция - десорбция.

УДК 542.65

Оценка качества координированных отверстий в машиностроении статистическими методами/ Р. М. Трищ, В. М. Бурдейная // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.14-20. – Бібліогр.: 7 назв.

В статье рассмотрены основные подходы при оценивании качества координированных отверстий с помощью статистических методов. Предложена новая модель для процесса оценивания показателей качества точности координированных отверстий при механической обработке. Получены числовые характеристики для модели оценивания качества точности координированных отверстий с помощью статистических методов машиностроения.

Ключевые слова: качество, отверстие, характеристика, обработка, методы, рассеивание, показатели, коэффициент, модель, размер

УДК 542.65

Оценивание процессов системы менеджмента качества предприятий на соответствие требований международных стандартов серии ISO 9000 / Катрич О. А. , Горбенко Н. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.20-25. – Бібліогр.: 9 назв.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с оцениванием разнородных и разноразмерных показателей качества процессов системы менеджмента качества, соответствующей требованиям международных стандартов ISO серии 9000, на безразмерной шкале. Анализ требований международных стандартов доказывает необходимость оценивания процессов СМК.

Ключевые слова: процесс, показатель качества процесса, безразмерная шкала, функция желательности, международный стандарт, система менеджмента качества

УДК 004.652.6

Система поддержки принятия решений при оценке сложившегося уровня компетентности специалистов/ Загородня Т.Н. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.25-33. – Бібліогр.: 9 назв.

Предложен метод оценивания эффективности применения системы поддержки принятия решений для оценки сложившегося уровня компетентности. Сформулирована оптимизационная задача формирования наивысшего уровня компетенций с учетом ограничений и минимизацией затрат. Для ее решения, предложен метод, который учитывает особенности занятий для студентов с различными начальными уровнями компетенций и личными характеристиками.

Ключевые слова: Система поддержки принятия решений, компетенция, оценки эффективности, модель процесса обучения.

УДК 658.5.011.56

Подходы к оценке эффективности асу информационными технологиями/ Шеховцова В. И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.33-39. – Бібліогр.: 7 назв.

Предлагаются подходы к оценке качества АСУ и функциональной эффективности ИТ-архитектуры предприятия. Приводится алгоритм процессы оценки эффективности управления как поэтапная последовательность действий, направленных на определение конкретных показателей по определенным критериям. Выделяются пути достижения совместимости обеспечений АСУ по видам и уровням управления. Показана модель процесса мониторинга и оценки ИТ технологий на предприятии, которая обобщает подходы по различным критериям.

Ключевые слова: информационные технологии, автоматизированная система управления, оценка эффективности, мониторинг, совместимость.

УДК 57.087

Совместное использование кондуктометрических и термометрических датчиков в специализированной аппаратуре для контроля состояния самок КРС/ Самынина М. Г., Мегель Ю. Е. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.39-45. – Бібліогр.: 13 назв.

Проведен анализ особенностей применения методов кондуктометрии и термометрии в специализированных приборах и системах контроля репродуктивной сферы самок КРС и комплексная оценка возможности совместного использования в одной измерительной системе датчиков проводимости и температуры.

Ключевые слова: проводимость, температура, датчики, контроль репродуктивной сферы

УДК 336.5.02:621.3:656.71(045)

Управление потреблением электрической энергии аэропортов/ А. Э. Асланян, В. А. Захарченко, Н. П. Соколова// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.45-50. – Бібліогр.: 8 назв.

В статье предлагается решение проблемы эффективного управления потреблением электрической энергии аэропорта. Эффективное управление режимом электропотребления позволит обеспечить рациональное потребление электроэнергии объектами аэропортов, способствовать выравниванию графиков нагрузки энергетических систем, что обеспечит их нормальное функционирование и минимизирует затраты в условиях роста цены на электрическую энергию.

Ключевые слова: показатели энергоэффективности, управление, электрическая энергия, аэропорт, теория автоматического управления.

УДК 504.054

Расчетная модель испарений автозаправочных станций/ Івасенко В. М. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С.51-59. – Бібліогр.: 14 назв.

Проанализированы особенности влияния работы автозаправочных станций (АЗС) на окружающую среду. Рассмотрено технологические особенности работы АЗС: «малое» дыхание, «большое» дыхание. Уровни концентраций и состав веществ: испарений газообразных веществ, при различных эксплуатационных режимах работы АЗС. Рассмотренные методики определения массы испарений различных видов топлива: сжиженного углеводородного газа, бензина, дизельного топлива.

Ключевые слова: выбросы, автозаправочная станция, методика расчета, рассеяние, источник, загрязнение, «малое» дыхание, «большое» дыхание.

УДК 656.222.3:658.5

Формирование критерия безопасного управления поездной работой на железнодорожной станции / Лаврухин А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 59-66. – Бібліогр.: назв.10

Работа посвящена формированию критерия безопасного управления поездной работой на железнодорожной станции, который позволяет качественно оценить уровень безопасности выполнения эксплуатационной работы оперативным персоналом при управлении поездным передвижениями без применения автоматизированных рабочих мест в течение рабочей смены. В процессе выполнения научной работы было рассчитано критерий безопасной эксплуатации, сортировочной внеклассной станции Харьковской дирекции железнодорожных перевозок Южной железной дороги Основа, по результатам которого станция была отнесена к 4 уровня безопасности.

Ключевые слова: безопасность, критерий безопасного управления, функция принадлежности, негабаритный груз, специализированный путь

УДК 004.32; 004.48; 004.45; 004.82

Исследование особенностей организации систем единого входа. ЧАСТЬ 1: Модель представления данных и идентификации в сервисных подсетях/ Зеленцова Ж. Ю., Йона Е. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 66-74. – Бібліогр.: назв.15

С ростом количества сервисов в глобальной сети возникает необходимость их агрегации. Показано, что существует несколько подходов «бесшовного» объединения сервисов в пользовательском сегменте сети. Отмечено, что остается открытым вопрос организации единого доступа к сетевым сервисам. Обосновывается необходимость введения систем идентификации и обеспечения доступа с единым входом. Рассмотрена модель представления данных, что сочетает фиксацию сведений о пользователях, их устройствах и действиях в глобальной сети.

Ключевые слова: системы единого входа, организация доступа, Single Sign-On, iGenotype, e-passport, идентификация

УДК 621.65:004.183

Моделирование потребления электрической энергии динамической нагрузкой в электрических сетях промышленных предприятий/ Романовский В. И., Иванов А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 75-80. – Бібліогр.: 8назв.

Предложен метод моделирования процесса работы оборудования с динамическим характером потребления электрической энергии в электрических сетях промышленных предприятий. Применение теории мгновенной мощности позволяет оценить влияние режима работы таких потребителей на сеть в целом и на смежных потребителей. Выполнено моделирование работы оборудования в цехе промышленного предприятия, что позволило повысить эффективность потребления электрической энергии.

Ключевые слова: энергоэффективность, мгновенная мощность, эффективная мощность, динамическая нагрузка, математическое моделирование.

УДК 629.735.03:621.43.031.3(045)

Методика расчета критических режимов течения в решетках аэродинамических профилей / Дорошенко Е. В., Терещенко Ю. Ю., Техрані А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 81-86. – Бібліогр.: 8 назв.

В работе представлена разработанная методика расчета критических режимов «запирания» течения в решетках аэродинамических профилей с учетом вязкости. Предложены зависимости

для расчета течения в межлопаточных каналах с учетом пограничного слоя для больших положительных и отрицательных углов атаки. Методика апробирована путем сопоставления известных экспериментальных данных и полученных авторами результатов численного эксперимента.

Ключевые слова: методика, запирание, течение, решетка, моделирование, срыв, пограничный слой, компрессор, вязкость, сжимаемость.

УДК 621.9.06

3D-Моделирование и расчеты привода главного движения фрезерного станка с шестишпиндельной револьверной головкой/ Кроль О. С., Журавлев В. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – № 26 (1069). – С. 87-99. – Бібліогр.: 15 назв.

Построены 3D-модели специализированного вертикального фрезерно-сверлильного станка второго типоразмера модели СФ16МФ3 в интегрированной САПР КОМПАС-3D и проведено комплексное исследование напряженно-деформированного состояния деталей привода главного движения и револьверной головки в модулях APM SHAFT, APM BEAR и APM STRUCTURE 3D.

Ключевые слова: 3D-модель, станок, шпиндель, жесткость, опора, САПР

УДК 004.4+616.1+632.938

Система прогнозирования развития заболеваний сердца на основе данных иммунологических исследований/ Билан В. Н., Киселёва О. Г., Беспалова Е. Я. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – № 26 (1069). – С. 100-107. – Бібліогр.: 16 назв.

Статья посвящена разработке диагностического метода своевременного прогнозирования развития сердечно-сосудистых заболеваний на основе данных иммунологических исследований. Исследована связь иммунного статуса человека с сердечно-сосудистыми заболеваниями и выявлены закономерности патогенеза иммунологических маркеров в зависимости от заболеваний сердца, а именно при ишемической болезни сердца и кардиомиопатии. Разработан алгоритм оценки состояния сердечно-сосудистой системы человека на основе информативности показателей иммунного статуса организма.

Ключевые слова: иммунный статус, кардиомиопатия, ишемическая болезнь сердца, патогенез, общий анализ крови, иммунологическое исследование, эхокардиография, автоматизированная диагностическая система.

УДК 658.56

Определение изменения концентрации влаги в слое материала спецодежды/ Рябчиков Н. Л., Денисенко М. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – № 26 (1069). – С. 108-114. – Бібліогр.: 9 назв.

В статье рассматриваются вопросы определения поглощения тканью, которая используется для пошива спецодежды, влаги. При этом научно обоснованно алгоритм определения изменения концентрации влаги в материале, что позволит решить ряд практических задач. Для этого применяется физико-математическое моделирование, что позволяет определить максимальное время эксплуатации материала во влажном помещении, или рекомендовать время эксплуатации материала, который определяется накоплением влаги на внутренней стороне материала, который предельно отвечает комфорtnым условиям труда.

Ключевые слова: спецодежда; влага; концентрация влаги; волокна; жидкость; коэффициент диффузии; концентрация жидкости; накопление влаги; поглощение влаги.

УДК 543.271.3

Структурные схемы построения пламенно-ионизационных газоанализаторов/ Жужа А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – № 26 (1069). – С. 114-119. – Бібліогр.: 9 назв.

Рассмотрен пламенно-ионизационный метод измерение концентрации газообразных углеводородов. В зависимости от условий и целей применения, возникает необходимость

выбора оптимальной структурной схемы построения пламенно-ионизационного газоанализатора. Представлены новые структурные схемы построения пламенно-ионизационных газоанализаторов под конкретные условия применения и требования к быстродействию, надёжности, автоматизации процессов контроля и диагностики прибора.

Ключевые слова: пламенно-ионизационный газоанализатор, детектор пробоподготовка, углеводороды, схема.

УДК 628.16

Изучение процессов удаления твердой фазы из воды с использованием частиц магнетита/ Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 26 (1069). – С. 119-125. – Бібліогр.: 13 назв.

Исследована эффективность удаления из водной среды твердых частиц с использованием суспензии магнетита, полученного методом химической конденсации. Изучено влияние на эффективность процесса очистки воды коагулянтов и флокулянтов, водородного показателя, природы твердой фазы, порядка добавки реагентов. Установлены наиболее эффективные реагенты для обработки сточных вод процессов переработки макулатуры и определены их дозы. Библиогр.: 13 назв.

Ключевые слова: магнетит, твердая фаза, осветление воды, коагулянты, флокулянты, скоп

УДК 504.75

Енергетический кризис разрешит альтернативная энергетика / Березуцкий В. В., Березуцкая Н. Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 125-129. – Бібліогр.: назв.14

Рассмотрены традиционные источники получения энергии и показаны их недостатки. Выполнены исследования по определению наличия энергии в пирамидах, построенных по принципу египетских пирамид. Полученные результаты позволили сделать вывод о перспективности разработки технологий получения энергии в пирамидах.

Ключевые слова: энергетика, источники энергии, недостатки, преимущества, энергия космоса, пирамиды.

УДК 504.064.3

Методы измерения параметров окружающей природной среды/ Яцишин А. В., Попов А. А., Артемчук В. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40 (1083). – С. 130-137.– Бібліогр.: назв.8

В статье выполнен анализ количественных методов измерения параметров окружающей среды, к которым относятся химические, физико-химические, физические и биологические методы. Осуществлена классификация каждого из указанных методов количественного анализа. Определены условия и пределы применения данных методов. Показано их основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: количественный анализ, метод измерения, параметры, окружающая природная среда.

УДК 621.74

Управление качеством конструкционного чугуна для фасонных отливок на основе моделирования эффективности его модифицирования/ О. С. Коваль, П. С. Пензев, Е. П. Димко, А. А. Пуляев // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 138-145. – Бібліогр.: назв.10

В статье описаны результаты определения эффективности модифицирования чугуна двумя типами модификаторов - ферросилицием и Si-Ba лигатурой, которые могут быть использованы при разработке критериев качества сплава. В частности, полученные математические модели распределения размера графита в зависимости от координат в сечении образца могут быть учтены по формированию документов, регламентирующих качество чугуна, и методику оценки качества сплава по его микроструктуре.

Ключевые слова: качество сплава, методика оценки качества, модификации чугуна

УДК 621.785.53

Моделирование глубины боридного слоя стали 4Х5МФС при изменении продолжительности борирования по нанотехнологии / Костик Е. А., Костик В. О. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 145-149. – Бібліогр.: назв.10

Получена модель глубины боридного слоя при заданной температуре с изменением продолжительности времени борирования легированной стали по нанотехнологии, которая направлена на сокращение длительности химико-термической обработки при получении высококачественных диффузионных слоев, обеспечивающих необходимые эксплуатационные свойства изделий. Модель получена нахождением уравнения аппроксимации с использованием метода наименьших квадратов и матричного подхода к регрессионному анализу.

Ключевые слова: сталь, борирование, химико-термическая обработка, диффузионный слой, глубина слоя, модель.

УДК 621.833+515.2

Метрологические аспекты зубчатых передач/ Н. В. Матюшенко, А. В. Федченко, И. Б. Шелихова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40 (1083). – С. 150-154. – Бібліогр.: 8назв.

В статье получено уравнение поверхности зубьев цилиндрических передач Новикова с двумя линиями зацепления (ДЛЗ) с циклоидальной продольной формой, нарезанных резцовой головкой. Форма зуба является огибающей однопараметрического семейства мгновенных положений исходного контура инструмента. Построен алгоритм вычисления толщины зуба.

Ключевые слова: цилиндрическая передача, передача Новикова, две линии зацепления, циклоидальная продольная форма зуба, толщина зуба.

УДК 548.31

Аналіз результатов исследований магнитных и оптических свойств нитевидных кристаллов/ Артемьев С. Р. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. – № 40(1083). – С. 154-160. – Бібліогр.: назв. 35.

В материале статьи в рамках продолжения выполнения литературного обзора рассмотрены результаты проведенных исследований магнитных и оптических свойств различных групп нитевидных кристаллов, проанализирована зависимость их магнитных свойств, как от поверхностного, так и от объемного совершенства, детализирована проблема накопления F-центров в нитевидных кристаллах под действием ионизирующего излучения.

Ключевые слова: нитевидные кристаллы, оптические свойства, магнитные свойства, люминесценция, ферромагнитный резонанс, магнитная структура.

ABSTRACTS

Visualization of defects of silicone photovoltaic solar batteries/ Pakhalyuk R. I., Bozhko K. M. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 3-7. – Bibliogr.:7.

Development of solar batteries becomes one of the priority directions of human development, but the high cost and lack of adequate means of control of defects in solar batteries at manufacturing and operation have become a serious problem, which in its turn, requires the development of new and improvement of already existing methods and means of control.

This work is an attempt to summarize own experience of the authors of article in the development of methods and means of visualization of defects of solar batteries in the context of global developments. In this article, it became possible to combine such different methods as infrared thermography and television microscopy of electroluminescent defects in one approach for the first time. The basis of the approach was the idea of heating the photovoltaic solar batteries with reverse dark current, during which the visualization of defects is realized. This approach, based on the methods of visualization of defects, should accompany all lifetime of batteries - from manufacturing to the date of removing from operation, and lies in their complex application.

Keywords: defect, thermography, electroluminescence, batteries, infrared visualization, overheating.

Modification of porous structure of synthetic stivensit/ Prihod'ko R. V., Chernenko I. V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 8-13. – Bibliogr.: 9.

It is known that materials with improved performance in its chemical composition and homogeneity of the structure are advisable for effective heterogeneous catalysts application. Synthetic stivensit is one of the most perspective materials that is used in catalysis. The existence of acid centres on the stivensit surface gives the possibility of usage this mineral in acid-base catalytic processes. According to this, differences in the chemical structure and surface allow change selectivity of catalysts based on the specified smectite purposefully. In this manner, the existence of active centres of different nature and strength gives a great opportunity to use synthetic clays in a wide range of catalytic processes. The proposed research is related with the pore structure modification of stivensit by aluminum, titanium and chromium metal polyoligokations.

Keywords: columnless clays, pilar, oligomers, stivensit, synthesis, smectites, polyoligokations, modification, sol - gel method, adsorption - desorption.

Quality assessment of coordinated holes in mechanical engineering by statistical methods /Trishch R., Burdeyna V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 14-20. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-5459

The main approaches to the quality assessment of coordinated holes using statistical methods were considered in the paper. The main methods in estimating the accuracy of coordinated sizes were analyzed. The basic characteristics of quality indicators of coordinated holes in the mechanical engineering were examined. Aspects of the accuracy of coordinated holes as a complex indicator were considered. The basic causes of errors in coordinated-hole making during machining were identified. Regulated quality indicators of the accuracy of coordinated sizes in hole making were considered. Analysis of the data of coordinated-hole making was carried out by the Pearson's chi-squared test. A new model for the evaluation of quality indicators of the accuracy of coordinated holes in machining was proposed. Numerical characteristics for the model of quality assessment of the accuracy of coordinated holes using statistical methods in the mechanical engineering and other industries were obtained.

Keywords: quality, hole, characteristic, machining, methods, dissipation, indicators, coefficient, model, size.

Evaluation of processes of system of a quality management on conformity to requirements of international standards ISO 9000/ Katrlich O., Gorbenko N. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). - P. 20-25. – Bibliogr.: 7.

In the article the questions connected with diverse assessment of different sizes and quality indicators of processes of system of a quality management corresponding to requirements of medjunarodnih standards ISO series 9000, on the dimensionless scale. Analysis of the requirements of international standards proves the necessity of assessment of QMS processes.

The analysis of existing models generate estimates of parameters of quality of the processes and defined their advantages and disadvantages. The proposed model of obtaining the estimates of parameters of quality of the processes, which take the form parameter and can more accurately be applied to solve practical problems of assessment.

Proposed models take into account the highest allowable limit value quality indicator, the least allowable limit value of the indicator of the quality and the optimum value. This simplifies the application of the proposed models of evaluation of quality indicators, does not require special training of personnel and special software.

Keywords: process, the quality of the process, the dimensionless scale, the function of desirability, international standard, the quality management system.

Decision support system for evaluation of professional competence of training/ Zagorodnya Tetyana //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). - P. 25-33. – Bibliogr.: 9.

The authors analyzed the current state of knowledge problems of formation and assess the level of competence. It was proposed a method for estimating the effectiveness of a decision support system to assess the existing level of competence. The feature of this method is that it allows to formalize the process of assessing competencies, avoid exposure to differences in personal characteristics of each student in the study group or in the educational stream, evaluate the effectiveness of each stage of education. It was formulated task of optimization of forming the highest level of competence within the constraints and cost minimization. To solve this problem it was proposed a method which takes into account lessons for students with different initial levels of competence and personal characteristics. It was shows the results of modeling as the dependence of the existing level of competence, as well as possible discrepancies between the minimum and maximum levels of competence. Analysis of simulation results allows us to assert the forming efficiency that is 36 points competencies, or 45 %.

Keywords: decision support system, competence, performance evaluation model of the learning process.

Approaches to evaluation of effectiveness acs from information technologies/ Shekhovtsova V. I. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). - P. 33-39. – Bibliogr.: 7.

Approaches to evaluating the quality of the automated control system and the functional efficiency of IT-enterprise architecture. An algorithm for evaluating the effectiveness of management processes as stepwise sequence of actions aimed at identifying specific indicators for specific criteria. Allocated towards achieving interoperability of ACS support for types and levels of management. Shows a model of the process of monitoring and evaluation of IT technologies in the enterprise, which summarizes the approaches according to various criteria. The article provides a list of major international and national standards, regulatory issues of design, implementation and evaluation of the quality management of information technology in the

management of enterprises. The variants of calculations evaluating the effectiveness of information technology in the enterprise, which are based on an analysis of the validity and utility and necessity of creation and implementation of an automated control system. The ways of increasing the economic efficiency of application of information technologies in the management of the organization.

Keywords: information technology, automatic control system, assessment of efficiency, monitoring, compatibility.

Joint use of conductometric and temperature probes in specialized equipment for monitoring of cattle female conditions/ Samynina M., Megel Y. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 39-45. – Bibliogr.:13 .

In this paper the features of the application of the conductometry and thermometry methods in specialized devices and systems for control of reproductive function of cattle female is analyzed. The comprehensive assessment of joint use possibility of conductivity and temperature probes in the measurement system is presented. It is shown that the temperature parameter has certain sensitivity to the changes in the body. Experimentally proved dependences is not established for conductometric parameter, despite the fact that the specialized industrial device was used in the study. The results showed insufficiency of grounds for joint use of conductivity and temperature probes. Use of conductometric technique is needed to be improved for control of cattle female reproductive system.

Key words: conductivity, temperature, probes, reproductive system control

Management of electrical energy consumption of airports / A. E. Aslanyan, V. P. Zakharchenko, N. P. Sokolova//Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 45-50. – Bibliogr.: 8.

In the article proposed to solve the problem of effective management of electricity consumption airport. In work developed a closed control circuit, the essence of which is to conduct electricity consumption adjustment processes within the cycle. The problem is reduced to control consumption of each individual object. This is carried out continuous or periodic monitoring of the parameters of the object. As a result of control adopted a decision on energy saving measures, the replacement property, regulation of operating modes and more. Effective management mode power consumption will ensure efficient electricity consumption of the airport will contribute to leveling the load demand of energy systems that will ensure proper operation and minimize costs in conditions of growth electricity prices.

Keywords: energy efficiency, control, electrical energy, airport, theory of automatic control.

Analytical model of petrol station vapor emissions / Ivasenko V. M. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 51-59. – Bibliogr.:14 .

It was analyzed specific features of the influence from petrol stations on the environment. It was studied technical details of petrol stations operating: «small» breathing and «huge» breathing. Levels of the concentration and structure of the chemical agents: evaporation of gaseous materials in different operating modes of the petrol stations. It was taken a view on methods for determination of the weight of the evaporated types of petrol: liquid gas, gasoline, diesel fuel. It was developed estimated model for spreading area of the evaporation on the base of analyze of the standard petrol station. It was recommended to introduce new source of pollution (emission).

Keywords: emission, petrol stations, method of the determination, diffusion, source, pollution, "small" breathing, "huge" breathing.

Criterion of safe performance management train at a railway station/ O. Lavrukhn
//Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083). - P. 59-66. – Bibliogr.:10

The paper is devoted to the formation of criteria for safe train operation control at the railway station, which allows you to qualitatively assess the performance of operational safety of operating personnel in the management of train movements without the use of computer workstations throughout the work shift. In carrying out scientific work was calculated criterion safe operation, sorting out-station of Kharkov railway department of the Southern Railway Base, which resulted in the station was classified as level 4 security. These zanchenny indicate the need to implement measures to improve the security of a linear object, based technology can be used as automated control.

Keywords: security, secure management criteria, membership function, oversized cargo

Research features iam systems. PART 1: Data and identification model of service subnets/ Zelencova ZH. JU., Jona O. O. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083). - P. 66-74. – Bibliogr.:15

As the number of services in a global network aggregation is necessary. It is shown that there are several approaches «seamless» association services in the custom network segment. It is noted that the question remains the single process of access to services. The necessity of the introduction of systems to identify and provide access to the SSO. We consider the model of data that combines fixation information about users, their devices, and actions in a global network. An approach to protect public depositories of connected data about network users. A variant of solving the problem of large data using data binding model iGenotype network. We propose a two-stage method of identification based on endo-and ekzopatterna in the public service and the trusted zone subnets. Proposed a model of the data, which involves the expansion of unified SLA-queries. It is shown that the unification of queries reduces the complexity of the service system, and also allows us to describe the process of providing services within the framework of the modern approach to service delivery SLA-requests.

Keywords: IAM, Identity management and access, Single Sign-On, iGenotype, e-passport

Simulation of consumption the electric energy by dynamic loads in electrical networks of industrial enterprises/ Romanovsky V., Ivanov A. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). - P. 75-80. – Bibliogr.: 8.

The paper proposes a method for modeling the work process of equipment with the dynamic nature of power consumption in power networks in industry. The method is based on the definition of instantaneous active and reactive power, and instantaneous fluctuating active and reactive power, determined using the mathematical apparatus of the theory of instantaneous power.

Application of the theory of instantaneous power allows to estimate the impact of the operating mode of the network of consumers in general and related customers. If mode of operation of the equipment with the dynamic nature of electricity consumption was changed, fluctuations appear.

Simulation of plant equipment in an industrial enterprise, thus improving the efficiency of power consumption.

Keywords: energy efficiency, instantaneous power, effective power, dynamic load, mathematical modeling.

Calculation method of critical flow regimes at the airfoil cascade / Doroshenko E. V., Tereschenko Yu. Yu., Tehrani A. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069). - P. 81-86. – Bibliogr.:9 .

Aerodynamic calculation of axial compressor stages begins with a calculation of the air flow in the elementary steps, which are modeled by airfoil cascades. The aerodynamic characteristics of the compressor cascades are used in calculating the characteristics of the axial compressor stages and determining specific restrictions of its operation modes. The main limitations of operation modes of the compressor stage include restrictions at large positive angles of attack and the choking regimes of compressor stages by air flow rate. The occurrence of separation is the result of viscous-inviscid interaction of the flow layers, both viscous and non-viscous processes should be accurately simulated for its prediction. Herewith, it is necessary to take into account that they interact nonlinearly. The calculation method of the critical regimes of flow "chocking" in airfoil cascades considering viscosity was presented in the paper. Dependences for the calculation of critical flow regimes taking into account the boundary layer for large positive and negative angles of attack were proposed. The method was tested by comparing the known experimental data and the results of numerical experiment, obtained by the authors. Comparison of the calculated characteristics of "chocking" regimes for airfoil cascades with the experimental data indicates sufficient correctness of the proposed calculation method. The results of numerical experiment show that accounting real gas flow parameters in calculating the aerodynamic characteristics of the compressor cascades allows more reliably determine "chocking" border of blade channels by air flow rate. Publ.: 3. Bibliography.: 8 titles.

Keywords: method, chocking, flow, cascade, simulation, stall, boundary layer, compressor, viscosity, compressibility.

3D-Modeling and calculations of drive for main motion of milling machine with sixspindle's revolver head/ Krol O., Zhuravlev V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 87-99. – Bibliogr.:15 .

The 3D-models of the specialized vertical milling-drilling machine-tool of second type dimension of model SF16MF3 are built in integrated CAD of KOMPAS- 3D with the use of facilities of parameterizations and possibilities of the specialized libraries. The parameterization models for class of details are worked out "step shaft" with the use of syntax of the programmatic module of APM GRAPH. The calculations of base details for drive of main motion of the machine-tool of SF16MF3, equipped by a revolver head with six spindles in the system APM WinMachine, are executed. Procedure of calculation of shafts for box of speeds in machine-tool is considered in the environment of the specialized module of APM SHAFT, all cycle of design of shafts and axes is executed in that, beginning from development of construction and ending a static and dynamic calculation. In this procedure description of the deformed state of shaft is used by the method of Mohr, and opening of static indefinability is carried out by the method of forces. The calculation of supports of spindle is realized in the module of APM BEAR, the feature of that is an account of errors of bodies and raceway of bearing. In the process of calculation of the roller radial double-row bearing the different variants of distribution for normal forces are considered depending on credible virtual position of bearing center. An all-round analysis is executed tensely - deformed state of spindle for machine-tool in the module of APM STRUCTURE - 3D by the finite elements method. The fields of equivalent stress and moving are built to the different sections of the designed object.

Keywords: 3D-model, machine-tool, spindle, stiffness, support, CAD.

The heart diseases development forecasting system based on the data from immunological studies/ BilanV., Kyselova O., Bespalova O.//Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 100-107.- Bibliogr.: 16.

The paper is devoted to the development of the diagnostic method for early prediction of cardiovascular diseases based on the immunological data. The relation of the human immune

status with cardiovascular disease and the regularities of the pathogenesis of immunological markers, depending on the diseases of the heart, namely, coronary heart disease and cardiomyopathy. The algorithm for cardiovascular system estimation based on the human organism immune status has developed. Also, we have developed the special software which is allows to predict different cardiovascular system diseases using immunological data.

Main scientific results: method for analysis of the cardiovascular system state using data from immunological analysis was modified, this helps to increase the accuracy of diagnostic findings; method for determination of the diagnostic informativity of immunological markers in case of cardiovascular system disorders, like ischemic heart disease and cardiomyopathy, was introduced.

Keywords: immune state, cardiomyopathy, ischemic heart disease, pathogenesis, complete blood count, immunologic study, echocardiography, automated diagnostic system.

The definition of change of concentration of moisture in the material layer of clothing/

D. Ryabchikov, M. V. Denisenko //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 108-114. – Bibliogr.: 9.

The article considers the issues of determining the absorption of cloth that is used for tailoring of overalls, moisture. This is scientifically sound algorithm of determination of the concentration changes of moisture in the material that will allow to solve a number of practical problems. This applies to physical and mathematical modeling, which allows to determine the maximum life of the material in a damp location, or recommend operation of the material that is determined by the accumulation of moisture on the inside of the material, which is extremely responsible comfortable working conditions.

In addition, the solution of the problem of determining the total amount of moisture accumulated material over time, taking into account the density of moisture and the total area of the material of the clothing. Definitely the dependence of the concentration of moisture through the thickness of the material for different moments of time.

Keywords: working clothes; moisture; the concentration of moisture; fiber; liquid; the diffusion coefficient; the concentration of the liquid; the accumulation of moisture; moisture absorption.

Structural scheme of constructing a flame ionisation analyzer/ Zhuzha A.V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 114-119. – Bibliogr.: 9.

Considered flame ionization method to measure the concentration of gaseous hydrocarbons. Depending on the conditions and purposes of the application, it is necessary to select the optimum structural scheme of constructing a flame ionization analyzer. Presented new structural scheme of building a flame ionization analyzers for specific application conditions and requirements for speed, reliability and process automation control and diagnostics tool. Such schemes as in the structural - circuit construction most developed flame - ionization analyzers are based on the classical single-channel block diagram. The diagram of a fast flame ionization analyzer for measuring the concentration of hydrocarbons in the exhaust gases of vehicles. Shows the block diagram of a flame ionization analyzer with fast ignition.

To improve the security and reliability of ignition of the mixture of hydrocarbons, hydrogen, and air is performed artificially enriched gas mixture at the moment of ignition. The proposed scheme has improved performance with 3 seconds to 1.2 seconds and increased the reliability of the process of ignition at the first attempt with the usual 70-80% to 90-95%.

The basis of the scheme tasked with improving the combustion process and the reliability of the device, improving the number of indicators measured hydrocarbon concentration.

Keywords: flame ionization analyzer, detector, ionization, atmosphere, emissions analysis, sample preparation, hydrocarbons, circuit performance, carbohydrate.

The study of solid phase removal from water using magnetite particles/ Radovenchik V., Radovenchik Y. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 26 (1069).- P. 119-125. – Bibliogr.: 13.

The results of research of the water treatment method effectiveness using high-dispersion magnetite particles were given. It was found that the treatment of wastewater after wastepaper recycling process, which contains a wide range of solid pollutants, using only the magnetite particles was ineffective. The pH adjustment can decrease residual content of solid phase in the treated water but it prevents reuse of such water. Best results can be obtained using additional reagents. Top coagulant efficiency was recorded for Ferric Sulfate (II) and Ferric Chloride (III).

The Aluminum coagulants were ineffective. With increasing of iron compounds doses above 200–250 mg/dm³ the water treatment efficiency decrease. The flocculants, especially in combination with coagulants, can be high effective in water treatment processes.

Considering different solid phase composition and properties, the class, brand and applying conditions for additional reagents should be selected in each case. It can provide an effective use of magnetite particles for treatment of wastewater after wastepaper recycling process.

Keywords: magnetite, solid phase, water clarification, coagulants, flocculants, ospreys.

Energy crisis will be allowed alternative energy/ V. Berezutskyi, N. Berezutskaya//Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 125-129. – Bibliogr.:14

Considered traditional sources of energy and show their weaknesses. Studies were performed to identify the presence of energy in the pyramids that are built at the principle of the Egyptian pyramids. The results obtained led to the conclusion about the forecasts of the development of energy technologies in the pyramids.

Keywords: energy, energy sources, disadvantages, advantages, energy of the cosmos, the pyramids.

Methods for measuring environmental parameters/ Iatsyshyn A., Popov A., Artemchuk V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 130-137. – Bibliogr.:8

This paper reviews the quantitative methods of measuring the parameters of the environment. Their classification is presented and defined their main advantages and disadvantages.

On the basis of the measured parameters measurement methods are divided into chemical, physico-chemical, physical and biological.

Chemical methods rely on the use of chemical reactions to determine the composition of the system. The chemical methods include gravimetric and volumetric methods of measurement.

Physico-chemical methods are based on the dependence of the physical properties of the chemical composition of the analyzed medium. These include optical, photometric, electrochemical and chromatographic measurement methods.

Physical methods is determined by the property, which depends on the nature of the atoms and their concentration in the system. The physical methods include spectral analysis, radiometric techniques, a luminescence method, a method of nuclear magnetic resonance.

The basis of the biological and biochemical research methods are the reaction of plants, animals and micro-organisms to the action of a particular factor.

Keywords: quantitative analysis, method for measuring, parameter, environmental.

Quality control of structural iron for iron castings by modeling the effectiveness of its modification/ Koval O., Pensev P., Dymko E., Pulyaev A. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 138-145. – Bibliogr.:10

Quality control of parts of engineering purpose involves issues related to obtaining high-quality alloy. If an alloy is cast iron, the priority is the right choice of the process of modifying the alloy depends on the type of modifier and the modalities for its implementation. Challenges to the effective solution of this problem is the complexity of informed choice of these parameters. The article describes the experience of experimental and industrial research and mathematical model describing the size distribution of graphite in cast iron. Using the simulation results allows to calculate the value of marriage and the pot of suitable on the basis of the proposed criterion in the evaluation of the quality.

Keywords: quality alloy, method of estimating quality, modification of cast iron

The modeling of boriding layer depth of steel 4CR5MOVSI with changing the time of nanotechnology boriding / Kostyk K., Kostyk V. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 145-149. – Bibliogr.:10

The purpose of the paper was to model boriding layer depth of steel. The temperature was given and time was changed from fifteen to one hundred twenty minutes. Steel 4Cr5MoVSi was research material. A mixture with the content of nanodispersed boroncontaining substances was used in boriding of pastes. This technology reduced the process of chemical-heat treatment. At that, boriding layers obtained high quality and they was providing the necessary performance properties of products. Based on the studies, dependence was obtained of layer depth of boriding time. The model was obtained by the method of approximation with using the method of least squares and matrix approach to regression analysis. Also check was made of the adequacy of the model by the Fisher's test.

Keywords: steel, boriding, chemical-heat treatment, diffusion layer, layer depth, model.

Metrological aspects gear/ Matyushenko N. V., Fedchenko A. V., Shelihova I. B. //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 150-154. – Bibliogr.:8.

The use of gears with arched teeth belonging to the teeth with a curved longitudinal profile for external engagement instead of helical gears is an effective way to increase the load-bearing capacity, durability and noise reduction when using gears. This article gives an account of a comprehensive analysis and features of the influence of the longitudinal tooth shape on the geometric characteristics. The paper obtained the equation of the teeth of cylindrical gears with two lines Novikov gearing (DLA) with longitudinal cycloidal form, chopped the cutting head. Tooth shape is the envelope of one-parameter family of the instantaneous position of the initial contour of the tool. Constructed an algorithm for calculating the thickness of the tooth.

Keywords: spur gear, gear Novikova, two lines of engagement , longitudinal cycloidal tooth shape , tooth thickness .

Test results and magnetic optical properties of whiskers/ S. Artemev //Bulletin of NTU "KhPI". Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU "KhPI", 2014. – № 40 (1083).- P. 154-160. – Bibliogr.:35

The material film as a continuation of the implementation of the literature review examined the results of the studies of the magnetic and optical properties of different groups of whiskers, dependence of their magnetic properties, both on the surface and on the perfection, issues accumulation of F-centers in filamentous crystals exposed to radiation. Conducted a literature review in the field of optics and magnetics whiskers showed that in general studies devoted to this problem is sufficiently small. The author discusses the use of perspective directions of "whiskers" is taking into account the effect of their characteristics on the development of specific areas of research, discusses technologies of whiskers, the possibility of creating biocompatible materials, and studied the optical properties of the whiskers as nanomaterial's. It should be noted that in

recent years are discussed in depth issues related to the characteristics of the optical spectra of some of the nanowires, as well as the results of the optical and magnetic studies of nanowires of different groups of whiskers. Accounting and study of a group of properties of whiskers provide as a result not only receive high-quality products, but also runtime environmental requirements for the protection of human health and environment.

Keywords : whiskers, optical properties, magnetic properties, luminescence, ferromagnetic resonance, magnetic structure.

ЗМІСТ

Пахалюк Р. І., Божко К. М. Візуалізація дефектів кремнієвих фотоелектричних сонячних батарей	3
Приходько Р. В., Черненко І. В. Модифікування пористої структури синтетичного стивенситу	8
Трищ Р. М., Бурдейная В. М. Оценка качества координированных отверстий в машиностроении статистическими методами	14
Горбенко Н. А., Катрич О. А. Оценивание процессов системы менеджмента качества предприятий на соответствие требований международных стандартов серии ISO 9000	20
Загородня Т. М. Використання систем підтримки прийняття рішень при оцінюванні сформованого рівня компетентності фахівців технічних спеціальностей	25
Шеховцова В. І. , Підходи до оцінки ефективності АСУ інформаційними технологіями	33
Самынина М. Г., Мегель Ю. Е. Совместное использование кондуктометрических и термометрических датчиков в специализированной аппаратуре для контроля состояния самок КРС	39
Асланян А. Е., Захарченко В. П., Соколова Н. П. Управління споживанням електричної енергії аеропортів	45
Івасенко В. М. , Розрахункова модель випаровувань автозаправних станцій	51
Лаврухін О. В. Формування критерію безпечноого управління поїзною роботою на залізничній станції	59
Зеленцова Ж. Ю., Йона Е. О. Исследование особенностей организации систем единого входа. ЧАСТЬ 1: Модель представления данных и идентификации в сервисных подсетях	66
Романовський В. І., Іванов О. О. Моделювання споживання електричної енергії динамічним навантаженням в електричних мережах промислових підприємств	75
Дорошенко Е. В., Терещенко Ю. Ю., Техрани А. Методика расчета критических режимов течения в решетках аэродинамических профилей	81

Кроль О. С., Журавлев В. В. 3D-Моделирование и расчеты привода главного движения фрезерного станка с шестишпиндельной револьверной головкой	87
Білан, В. М. Кисельова, О. Г. Беспалова О. Я. Система прогнозування розвитку захворювань серця на основі даних імунологічних досліджень	100
Рябчиков М. Л., Денисенко М. В. Визначення зміни концентрації вологи в шарі матеріалу спецодягу	108
Жужа А. В. Структурные схемы построения пламенно-ионизационных газоанализаторов	114
Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В. Вивчення процесів видалення твердої фази з води з використанням часток магнетиту	119
Березуцкий В. В., Березуцкая Н. Л. Энергетический кризис разрешит альтернативная энергетика	125
Ячишин А. В., Попов О. О., Артемчук В. О. Методи вимірювання параметрів навколошнього природного середовища	130
Коваль О. С., Пензєв П. С., Димко Є. П., Пуляєв А. А. Управління якістю конструкційного чавуну для фасонних виливків на основі моделювання ефективності його модифікування	138
Костик К. О., Костик В. О. Моделювання глибини боридного шару сталі 4Х5МФС при зміні тривалості борування по нанотехнології	145
Матюшенко Н. В., Федченко А. В., Шелихова И. Б. Метрологические аспекты зубчатых передач	150
Артемьев С. Р. Анализ результатов исследований магнитных и оптических свойств нитевидных кристаллов	154
РЕФЕРАТИ	160