

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ



ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 7 (255)
2019**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2019

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 7 (255) 2019

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ

ВИХІД З ДРУКУ - ДВАНАДЦЯТЬ РАЗІВ НА РІК

Засновник

Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

Журнал зареєстровано

в Міністерстві юстиції України

Свідоцтво про державну реєстрацію

серія КВ № 15607-4079ПР

від 18.08.2009 р.

VISNIK

OF THE VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 7 (255) 2019

THE SCIENTIFIC JOURNAL

WAS FOUNDED IN 1996

IT IS ISSUED TWELVE TIMES A YEAR

Founder

Volodymyr Dahl East Ukrainian National
University

Registered by the Ministry

of Justice of Ukraine

Registration Certificate

KB № 15607-4079ПР

dated 18.08.2009

Журнал включено до Переліків наукових фахових видань України (Наказ МОН №1328 21.12.2015 р.), (Наказ МОН №515 16.05.2016 р.), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з технічних (122, 131, 132, 133, 141, 151,161, 273) та економічних (051, 073, 075) наук відповідно.

Журнал включено до Міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus International (ICV 2018: 59.34).

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Поркуян О.В., докт. техн. наук (голова редакційної колегії),

Галгаш Р.А., докт. екон. наук, (заступник голови редакційної колегії),

Кудрявцев С.О., канд. техн. наук, (заступник голови редакційної колегії),

Білобородова Т.О. канд. техн. наук,

Глікін М.А., докт. техн. наук,

Глікіна І.М., докт. техн. наук,

Горбунов М.І., докт. техн. наук,

Грицюк В.Ю., канд. техн. наук,

Д'яченко Ю.Ю., докт. екон. наук,

Ковтанець М.В., канд. техн. наук,

Кравченко К.О., канд. техн. наук,

Лория М.Г., канд. техн. наук,

Ноженко В.С., канд. техн. наук,

Носко О.П., канд. техн. наук,

Проказа О.І., канд. техн. наук,

Семененко І.М., докт. екон. наук,

Сергієнко О.В., канд. техн. наук,

Скарга-Бандурова І.С., докт. техн. наук,

Соколов В.І., докт. техн. наук,

Суворін О.В., докт. техн. наук,

Целіщев О. Б., докт. техн. наук

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент Кудрявцев С.О.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 11 від 30 серпня 2019 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2019

© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2019

З М С Т

Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В. ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ.....	7
Блінова Н. К., Мохоцько В. І. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВИХ СТИЧНИХ ВОД З ТЕРИТОРІЙ ПІДПРИЄМСТВ АЗОТНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	14
Галич В.А. ТРИВИМІРНА ЗАДАЧА ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ ДЛЯ ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН.....	20
Князєва Н.О., Шестопапов С.В., Лисенко Н.О. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРІЮ ЯКОСТІ НАДАННЯ СЕРВІСІВ МУЛЬТИСЕРВІСНИМИ МЕРЕЖАМИ	24
Король Д.Р., Філіпс Т.Ч., Кудрявцев С.О. ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЛИБОКОГО ОКИСЛЕННЯ ІЗОПРОПІЛОВОГО СПИРТУ В УМОВАХ ТЕХНОЛОГІЇ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ	35
Кулешова Т. С., Галстян А. Г., Бушуєв А.С. КІНЕТИКА І МЕХАНІЗМ ОКИСНЕННЯ АЦЕТОФЕНОНУ ОЗОНОПОВІТРЯНОЮ СУМІШШЮ В АЦЕТАТНІЙ КИСЛОТІ.....	38
Лахно В.А., Матус Ю.В., Осипова Т.Ю. ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ ЗЕРНА.....	43
Luhovskoi A.I., Glikin M.A., Kudryavtsev S.O., Glikina I.M. STUDYING THE INFLUENCE OF THE CATALYTIC EFFECT OF TRANSITION METALS AND THEIR OXIDES ON THE PROCESS OF STEAM GASIFICATION OF STONE COAL	50
Москалик В. М., Карпюк Л. В., Табунщиков В. Г. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРОТКОГО ДИФFUЗОРА. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА	55
Соколенко В.М., Подлєвський О.Е., Соколенко К.В. РЕКОНСТРУКЦІЯ ЗАБУДОВИ ІНДУСТРІАЛЬНОГО МІСТА З УРАХУВАННЯМ ДЕМОГРАФІЧНОГО СТАНУ	60
Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И., Максимов С.Б. О СООТНОШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДЛЯ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ	64
Тарасов В.Ю., Захарова О.І., Заїка Р.Г., Захарова А.І. АНАЛІЗ СТАНУ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО КОНФЛІКТУ	72
Татарченко Г.О., Медведь И. И., Белошицкая Н.И. ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 03X13AG19 ПРИ ГЛУБОКОМ ОХЛАЖДЕНИИ.....	80
Уваров П.Є., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Є. ФОРМУВАННЯ ІНФОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕРАКТИВНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	83
Хорошун Г.М. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЛАЗЕРНОЇ СИСТЕМИ ПО ВИВЧЕННЮ ДИФРАКЦІЙНИХ ЯВИЩ	89

Чайковський І.В. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І РОБОТИ ФЛОТУ	92
Шорохов М.М., Ожередова М.А., Суворін О.В., Заїка Р.Г., Доценко А.Д. ВПЛИВ ДОДАВАННЯ ЗАТРАВЧНИХ КРИСТАЛІВ VACRO_4 ТА НАЯВНОСТІ АЦЕТАТ-ІОНІВ НА ЗАЛИШКОВУ КОНЦЕНТРАЦІЮ CR(IV) В ОЧИЩЕНИХ РОЗЧИНАХ.....	98
Білобородов О.О., Горішна О.В., Довгополий А.С. ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО РІВНЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ.....	103
Захожай О.І. ВИЗНАЧЕННЯ ЧЕРГИ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ГІБРИДНОМУ РОЗПІЗНАВАННІ ОБРАЗІВ.....	111
Вигоняйло О.І., Попов Є.В., Мороз О.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОПЕРЕВОДНОГО ДРУКУВАННЯ З ПАПЕРУ НА ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З СИНТЕТИЧНИХ ВОЛОКОН.....	117

CONTENTS

Biloshytska N.I., Tatarchenko G.O., Biloshytskiy M.V. SPATIAL PLANNING OF THE TERRITORY VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY	7
Blinova N. K., Mokhonko V. I. FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF SURFACE WASTEWATER TREATMENT OF ENTERPRISES OF THE NITROGEN INDUSTRY	14
Galich V.A. THREE-DIMENSIONAL PROBLEM OF THEORY OF ELASTICITY FOR THREE-LAYER PLATES	20
Kniazieva N.O., Shestopalov S.V., Lysenko N.O. METHOD OF DETERMINATION OF COMPLEX QUALITY CRITERION OF PROVIDING SERVICES BY MULTISERVICE NETWORKS	24
Korol D.R., Philips T. C., Kudryavtsev S.O. STUDYING THE PROCESS OF DEEP OXIDATION OF ISOPROPYL ALCOHOL USING AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY	35
Kuleshova T.S., Galstyan A.G., Bushuev A.S. KINETICS AND MECHANISM OF OXIDATION OF ACETOPHENONE WITH OZONE-AIR MIXTURE IN ACETIC ACID	38
Lakhno V.A., Matus Yu.V., Osypova T.Yu. INFORMATION SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF INFRARED DRYING OF GRAIN	43
Luhovskoi A.I., Glikin M.A., Kudryavtsev S.O., Glikina I.M. STUDYING THE INFLUENCE OF THE CATALYTIC EFFECT OF TRANSITION METALS AND THEIR OXIDES ON THE PROCESS OF STEAM GASIFICATION OF STONE COAL	50
Moskalyk V.M., Karpyuk L.V., Tabunshchikov V.G. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HYDRAULIC RESISTANCE COEFFICIENT OF A SHORT DIFFUSER. RESULTS OF THE EXPERIMENT	55
Sokolenko V.M., Podlevsky O.E., Sokolenko K.V. RECONSTRUCTION OF THE RESIDENTIAL AREA OF AN INDUSTRIAL CITY TAKE INTO ACCOUNT THE DEMOGRAPHIC CONDITION	60
Suvorov P.S., Tarasenko T.V., Zalozh V.I., Maksymov S.B. ABOUT RATIO OF ENERGY EFFICIENCY AND ECOLOGICAL COMPATIBILITY FOR INLAND NAVIGATION VESSELS	64
Tarasov V.Y., Zakharova O.I., Zaika R.G., Zakharova A.I. ANALYSIS OF THE CHEMICAL SAFETY STATE IN THE LUHANSK REGION IN THE CONDITIONS OF THE WARNING CONFLICT	72
Tatarchenko G.O., Medved I.I., Beloshitskaya N.I. CYCLIC CREEP OF CONSTRUCTION STEEL 03H13AG19 AT DEEP COOLING	80
Uvarov P.E., Tatarchenko G.O., Shparber M.E. FORMATION OF THE INFORMOGRAPHIC MODEL OF INTERACTIVE DESIGN OF ORGANIZATION OF PROJECTS OF INVESTMENT AND BUILDING ACTIVITIES	83
Khoroshun G.M. INFORMATION MODELS OF THE LASER SYSTEM FOR DIFFRACTION PHENOMENA STUDYING.	89

Tchaikovsky I.V. STRUCTURAL-FUNCTIONAL MODEL OF REALIZATION OF FUNCTIONS CONTROL AND ANALYSIS OF TRANSPORTATION AND FLEET	92
Shorokhov M.N., Ozheredova M.A., Suvorin A.V., Zaika R.G., Dotsenko A.D. INFLUENCE OF BACRO ₄ SEED CRYSTALS AND ACETATE-IONS ADDITION ON THE RESIDUAL CONCENTRATION OF CR(IV) IN PURIFIED SOLUTIONS	98
Biloborodov O.O., Horishna O.V., Dovhopoly A.S. PROBLEM ISSUES OF DETERMINING THE NON-IONIZING RADIATION HAZARDS.....	103
Zakhozhay O. I. THE DATA PROCESSING QUEUE DEFINITION IN HYBRID PATTERNS RECOGNITION.....	111
Vyhonailo A.I., Popov E.V., Moroz O.V. RESEARCH OF THERMAL TRANSFER PRINTING FROM PAPER TO TEXTILE MATERIALS FROM SYNTHETIC FIBERS.....	117

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-7-13>

УДК 712.4

ПРОСТОРОВЕ ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В.

SPATIAL PLANNING OF THE TERRITORY VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

Biloshytska N.I., Tatarchenko G.O., Biloshytskiy M.V.

В статті розглянуто приклади просторового планування сучасних університетських кампусів і виявлено основні напрямки їх організації та озеленення. Наведено результати натурних досліджень та аналіз озеленення і благоустрою території Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Розроблено пропозиції з поліпшення зонування території, варіанти реконструкції зелених насаджень та елементів благоустрою з урахуванням європейських тенденцій.

Ключові слова: кампус, озеленення, благоустрій, малі архітектурні форми, функціональне зонування території.

Вступ Кампус університету – студентське місто, відокремлена територія, що включає будівлі навколо навчального закладу та всю інфраструктуру: навчальні корпуси, науково-дослідні центри, бібліотеки, студентські гуртожитки, спортивні споруди, магазини, кафе, їдальні та ін. Термін «кампус» має латинське походження «campus» – поле, відкритий простір [1, 2]. Історія зародження і розвитку університетів нерозривно пов'язана з озеленими просторами. Назва вищого навчального закладу – «Академія» – з'явилася в Стародавній Греції і має походження від назви саду. Озеленені простори є найважливішим елементом в композиції сучасного університетського кампусу Європи. Вони поєднують його в єдину композицію і є основним рекреаційним простором університету. Архітектурно-ландшафтна композиція університетського кампусу утворює свою особливу структуру соціальних, професійних і громадських комунікацій, головною функцією яких є обмін знаннями, технологіями, інформацією та спілкування між фахівцями.

Постановка проблеми В сучасних університетських кампусах переважають такі композиційні типи озелених просторів:

– парк, в якому вільно розміщені корпуси університету;

– парк, що займає центральну частину кампусу, а навчальні корпуси розташовуються вздовж його кордонів;

– озеленений внутрішній двір або система дворів;

– алея – зелена вісь кампусу або система озелених рекреаційних зон.

Озелених простір також може грати роль кордонів між університетом і містом, одночасно розділяючи і поєднуючи їх. В останні роки простежується тенденція виведення автотранспорту за територію університетського кампусу, тому транспортній інфраструктурі в ньому не віддається перевага. Втім велику увагу приділяють організації озелених просторів на його території. Основною метою такого підходу до проектування університетських територій є поліпшення екологічної обстановки і створення гармонійного середовища, що сприяє спілкуванню студентів і викладачів різних спеціальностей.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля засновано у 1920 році, коли було створено Луганський народний технікум. Незважаючи на свою коротку історію, СХУ ім. В. Даля є одним з престижних вищих навчальних закладів в Україні – у 2010 році надано статус самоврядного (автономного) дослідницького вищого навчального закладу [3]. СХУ ім. В. Даля є класичним навчальним закладом, оскільки тут отримують освіту з таких спеціальностей як: економіка; менеджмент; маркетинг; середня та професійна освіта; філологія; психологія; журналістика; готельно-ресторанна справа; туризм; політологія; міжнародні відносини, суспільні комунікації та регіональні студії, архітектура та містобудування; будівництво та цивільна інженерія; автомобільний та залізничний транспорт; транспортні технології; філософія; право; комп'ютерна інженерія; хімічні технології та інженерія; екологія та ін. [2]. Таке поєднання напрямів

для університетів України не є характерним, тому що в нашій країні переважають в основному вузько-профільні вищі навчальні заклади (наприклад, педагогічні, технічні, медичні, аграрні та ін.).

Метою дослідження є аналіз організації території, особливостей в плануванні й об'ємно-просторовій структурі університетів світу та практичне застосування досвіду у ландшафтно-просторовій композиції території СНУ ім. В. Даля.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання:

- зробити аналіз архітектурно-планувальної структури та ландшафтно-просторової композиції кампусів європейських університетів; визначити особливості функціонального зонування їх території;

- оцінити ландшафтно-просторову організацію території СНУ ім. В. Даля;

- визначити особливості озеленення території університету;

- розробити заходи з поліпшення ландшафтно-просторової організації території університету.

Об'єктом дослідження є розробка варіантів благоустрою та заходів з поліпшення ландшафтно-просторової організації території університету.

Предметом дослідження є територія СНУ ім. В. Даля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Загальна площа території університету становить 4,8 га. До складу університетського комплексу ходять 3 навчальні корпуси, 2 гуртожитки, 5 спортивних залів, 3 кав'ярні та спортивний майданчик. Основною проблемою у благоустрої університету є те, що всі корпуси та гуртожитки розташовуються розрізнено по території м. Северодонецька. Головний корпус університету та гуртожитки розташовано відокремлено від навчального та лабораторного корпусів у зв'язку з тим, що у попередні роки існування закладу не було зарезервовано додаткові площі для перспективного розвитку закладу. Тому для дослідження було обрано територію, на якій знаходяться два корпуси університету (рис. 1).

Архітектурно-планувальна структура навчальних корпусів коридорного типу, що є характерною рисою для вищих навчальних закладів України. Таке об'ємно-планувальне рішення будівель відповідає природним умовам даної місцевості, вона забезпечує орієнтацію приміщень, що виключає перегрів у літню пору року та переохолодження взимку. Відмінною рисою функціонально-планувального рішення є те, що корпуси в основному сформовані за типовими проектами, більшість з яких має проблеми з господарсько-адміністративними блоками та інженерно-технічною частиною. Не достатньо продумана умовно-знакова система орієнтації в просторі і система інформування.

Відношення забудови, зелених насаджень та шляхів сполучення на території комплексу наведено на рис. 2.

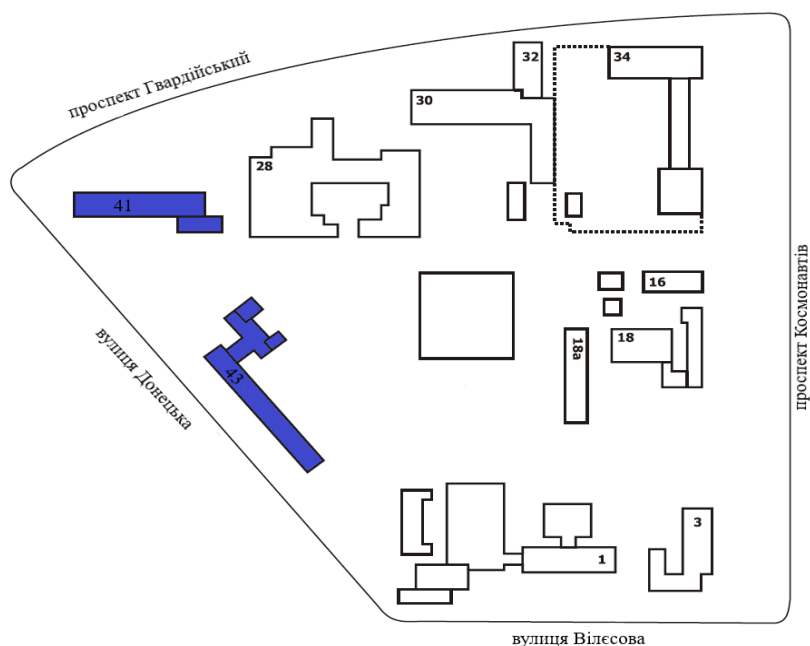


Рис. 1. План досліджуваної території СНУ ім. В. Даля



Рис. 2. Просторовий розподіл території студентського містечка

Результати досліджень За результатами натурних досліджень на території університету виявлено наступні функціональні зони: навчально-дослідна – з корпусами та прилеглою до них територією, інженерно-технічного та господарського обслуговування,

що складається з підсобно-виробничих приміщень (трансформаторна підстанція) – займає 18% від загальної площі; адміністративно-громадська; оздоровчо-паркова (відпочинку та зелених насаджень) – 57% від загальної площі; засоби сполучення по території університету та зв'язок з навколишнім оточенням (пішохідні доріжки та дороги) – 25% площі (рис. 3, 4).

В результаті проведених досліджень було виявлено наступні особливості в функціональному зонуванні студмістечка: відсутні студентські гуртожитки (вони розташовані у різних кінцях міста) та житлові будинки для викладачів, що не є характерним для університетів України [4-6]. Крім того, на території університету розташований Сквер слави – паркова зона студмістечка університету – з меморіальними архітектурними спорудами-пам'ятниками: воїнам-визволителям міста Северодонецька Танк Т-34 та героям Чорнобиля від вдячних Северодончан (рис. 4).



а



б

Рис. 3. Адміністративно-громадська зона: а – лабораторний корпус; б – навчальний корпус

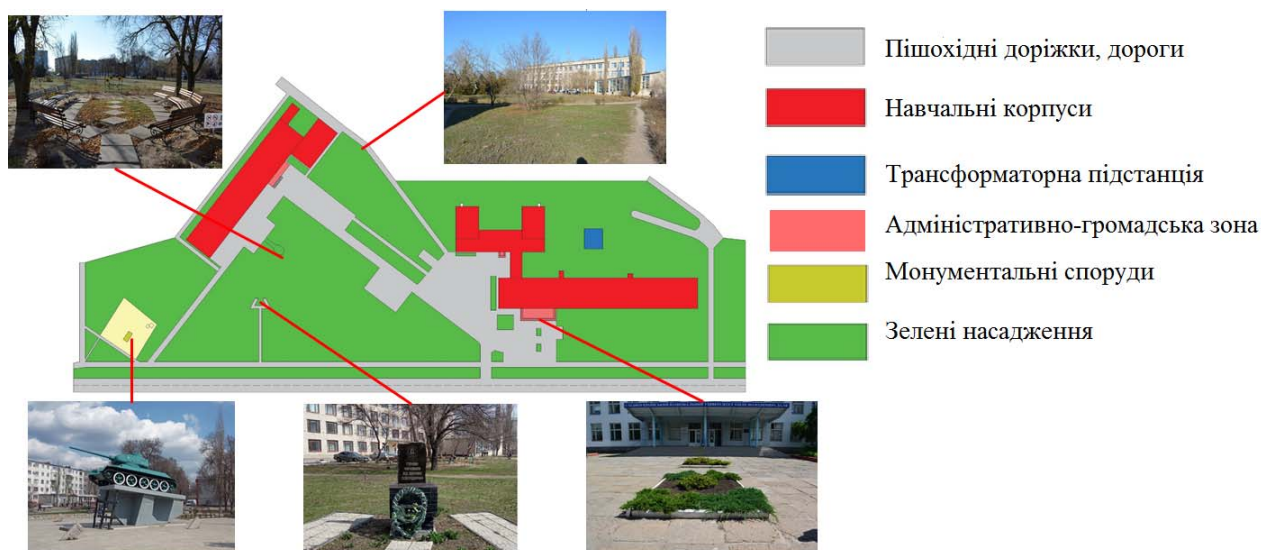


Рис. 4. Функціональне зонування території студмістечка (існуючий стан)



а



б

Рис. 5. Дорожно-стежкова мережа: а – протоптана стежка; б – центральна алея



а



б

Рис. 6. Парковки: а – біля навчального корпусу; б – біля лабораторного корпусу

Центром ландшафтно-просторової композиції є двір, навколо якого формуються всі функціональні зони території – це характерно для структури класичного кампусу, що історично сформувався. Дорожно-стежкова мережа достатньо розвинена, що забезпечує комфортне пересування студентів і викладачів по території студентського містечка. Дороги та алеї слугують композиційними осями і формують загальну композицію. Але на території студмістечка є багато стежок, які були протоптані через газони, для більш легкого сполучення з різними ділянками, а покриття сформовані доріжок є в неналежному стані (рис. 5).

Паркувальна зона розподілена між корпусами, розмір території для паркування автотранспорту задовольняє вимогам [7, 8]. В'їзди на парковку до університету проходять з вулиці Донецької, до навчального корпусу – це спеціальний проїзд, для лабораторного корпусу він проходить через адміністративно-громадську зону і частково заважає пересуванням пішоходів.

Самі місця для паркування також через відсутність шлагбаумів розташовуються по всій парадній зоні лабораторного корпусу, що заважає студентам, викладачам та працівникам університету вільно та комфортно пересуватись територією, в той же час псується естетичність адміністративно-громадської зони (рис. 6).

Аналізом малих архітектурних форми встановлено, що на території студентського містечка розміщено не достатню кількість засобів наглядної агітації та інформації (стендів) (рис. 7).



Рис. 7. Засоби наглядної агітації та інформації

На території студентського містечка розташовані малі архітектурні форми утилітарного призначення: урни, лави та світильники, а також споруди декоративного призначення – альтанки, трельяжі.

Озеленені території складаються, в основному з газонне покриття, що перебуває в належному стані, але на території університету виявлено й ділянки, які потребують ретельного догляду (присутня бур'яниста рослинність, а проектне покриття скла-

дає близько 70%). На території студентського містечка невелика кількість клумб з малим асортиментом квітів (рис. 8), характерні як хвойні так і листяні дерева та чагарники: дуб червоний, горобина скандинавська, липа дрібнолиста, ялина звичайна, береза повисла, бирючина звичайна, барбарис, пузиреплодник, дерен білий і ряболистий, ялівець, калина, керрія, глід, спірея сіра, піраканта, вейгела та ін.

Не зважаючи на те, що зараз актуально і модно вести здоровий спосіб життя, спортивна зона на території університету біля навчального та лабораторного корпусів повністю відсутня. У зв'язку з цим у студентів немає можливості займатися фізичною культурою в теплу пору року на вулиці на свіжому повітрі, чи просто проводити свій відпочинок за заняттями спортом. Тож для студентів постає проблема в

тому, щоб підтримувати своє здоров'я не покидаючи стін університету.

Таким чином, дослідженнями була виявлена необхідність реконструкції зелених насаджень та елементів благоустрою: створення зони відпочинку, спортивної зони, реконструкція адміністративно-громадської зони. Існуюче покриття пішохідних доріжок потребує ремонту, а в деяких місцях і заміни. Зелені насадження на території університету мають недостатню естетичну виразність, різноманітність; внаслідок пригнічення в зростанні і розвитку, втрати декоративності, деякі екземпляри рекомендовані до видалення. Квіткове оформлення території представлено в більшій мірі тільки однорічними рослинами і не різноманітне, недостатня кількість квітників, що погіршує естетичне сприйняття території.



Рис. 8. Існуючі клумби на території студентського містечка



Рис. 9. Зонування території за варіантом 1 після реконструкції



Рис. 10. Зонування території за варіантом 2 після реконструкції

Виходячи з результатів дослідження, було розроблено 2 варіанти благоустрою та озеленення території СНУ ім. В. Даля.

За першим варіантом пропонується менш витратний план заходів з реконструкції території університету: оновлення газону шляхом посіву насіння травосумішей для газону, стійкого до витоптування (наприклад, 40% райграс багаторічний TALGO, 35% костриця очеретяна FRRSC 1, 20% райграс багаторічний HENRIETTA, 5% тонконіг лучний MERCURY); збільшення асортименту квіткових рослин для работок, клумб та міксбордерів, дерев і чагарників для влаштування алеї та деревно-чагарникових груп. Запропоновано реконструкцію існуючих квітників з оновленням асортименту квіткових рослин й побудовано нові у парадній зоні біля навчального та лабораторного корпусів. З метою залучення студентів до занять спортом планується побудувати спортивний майданчик для занять у теплу пору року (рис. 9). Трансформаторну підстанцію необхідно огородити решітчастим парканом та висадити маскувальні насадження кипарисів по периметру. Парковки пропонується перенести з адміністративно-громадської зони.

За другим варіантом заплановано більш витратні заходи: крім перелічених у першому варіанті, пропонується утеплення фасадів будівель корпусів та повна заміна вікон з метою енергозощадження, збільшення зони відпочинку (біля монументальних споруд висаджується газон з трав, стійких до витоптування і біля спортивного майданчика влаштовано майданчик для відпочинку з альтанками та лавками) та адміністративно-громадської (рис. 10).

З метою покращення комфортного перебування студентів та викладачів на території студентського містечка, в обох варіантах застосовані малі архітектурні форми, збільшено асортимент квіткових та де-

ревно-чагарникових рослин. Не зважаючи на зміни в розмірах функціональних зон, кількість зелених насаджень в балансі залишається незмінною – 57%, що дозволяє у центрі міста мати «зелений острівце».

Висновки. За результатами аналізу зонування території студентського містечка виявлені наступні функціональні зони: навчально-дослідну, адміністративно-громадську; оздоровчо-паркову, інженерно-технічного та господарського обслуговування.

Площа озеленення території Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля складає 57%, що є достатнім згідно нормативних документів. Дослідження ландшафтно-просторової організації кампусів відомих європейських університетів дозволяють планувати розміщення фізкультурно-спортивної зони, що є вкрай необхідним на території вищого начального закладу.

Запропоновані варіанти реконструкції зелених насаджень та елементів благоустрою, в яких враховано всі новітні тенденції з благоустрою та поліпшення ландшафтно-просторової організації території студентського містечка СНУ ім. В. Даля.

Література

1. Освіта.ua [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua/abroad/glossary>
2. Катола Х.О. «Зелена» архітектура університетських кампусів / Х. О. Катола // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Архітектура. – 2014. – № 793. – С. 149-154. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPARX_2014_793_30
3. Історія Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://snu.edu.ua/?page_id=58

4. Андрухов П.З. Український Кембрідж. До 420-річчя Острозької Академії // Волинь/ Рівне/. – 1996. – 9 серпня та ін.
5. Дмитраш О.Ю. Историчний аспект формування архітектури об'єктів культури в об'ємно-планувальній структурі університетів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/Design/article/download/10574/14067>
6. Захаревская Н.С., Снядовская Т.Ю. Инновационные аспекты развития архитектуры «кампусов» [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/4137/1/Инновационные%20аспекты%20развития%20архитектуры...pdf>
7. ДБН В.2.2-3:2018 Заклади освіти. Будинки і споруди [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/v_2_2_3/1-1-0-1804
8. ДБН В.2.2-12:2018 Планування і забудова територій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802

References

1. OsvIta.ua [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <http://osvita.ua/abroad/glossary>
2. Katola H.O. «Zelena» arhitektura unIversitetskikh kampusiv / H. O. Katola // Visnik Natsionalnogo unIversitetu "LvIvska politehnika". Arhitektura. – 2014. – # 793. – S. 149-154. – Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPARX_2014_793_30
3. IstorIya ShIdnoukraYinskogo natsionalnogo unIversitetu ImenI Volodimira Dalya [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: https://snu.edu.ua/?page_id=58
4. Andruhov P.Z. UkraYinskiy Kembridzh. Do 420-riChchya OstrozkoYi Akademiyi // Volin/ Rivne/. – 1996. – 9 serpnya ta In.
5. Dmitrash O.Yu. Istorichniy aspekt formuvannya arhitekturi ob'ektiv kulturi v ob'emno-planuvalnIy strukturI unIversitetiv [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <http://ecobio.nau.edu.ua/index.php/Design/article/download/10574/14067>
6. Zaharevskaya N.S., Snyadovskaya T.Yu. Innovatsionnye aspekty razvitiya arhitekturyi «kampusov» [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/4137/1/Innovatsionnye aspekty razvitiya arhitekturyi...pdf>
7. DBN V.2.2-3:2018 Zakladi osvIti. Budinki I sporudi [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/v_2_2_3/1-1-0-1804
8. DBN V.2.2-12:2018 Planuvannya I zabudova teritorIy [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupu: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802

Белошицкая Н.И., Татарченко Г.О., Белошицкий Н.В. Пространственная планировка территории Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля

В статье были рассмотрены примеры пространственного планирования современных университетских городков и выявлены основные направления их организации и озеленения. Приведены результаты натурных исследований и анализа озеленения и благоустройства территории Восточноукраинского национального универси-

тета имени Владимира Даля. Разработаны предложения по улучшению зонирования территории, варианты реконструкции зеленых насаждений и элементов благоустройства с учетом европейской тенденций.

Ключевые слова: кампус, озеленение, благоустройство, малые архитектурные формы, функциональное зонирование территории.

Biloshytska N., Tatarchenko G., Biloshytskiy M. Spatial planning of the territory Volodymyr Dahl East Ukrainian National university

The article considers with peculiarities in the planning and spatial structure of modern university campuses in Europe and America, ostends the main tendencies of green space organization. The analysis and main features of the organization of the territories of higher education institutions of Europe (campuses) have been carried out. According to the results of the analysis of the zoning of the campus, the following functional zones were identified: educational and research area with buildings and adjacent territory; administrative-public and health-park, engineering, technical and area-maintenance services. In particular, student hostels are located separately - in different parts of the city, which is not typical for universities in Ukraine and other countries.

The landscaping area of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University is 57%, which is sufficient according to regulatory documents (recommended indicators - 45... 50% of the total area of the territory). There are a sufficient number of small architectural forms of utilitarian purpose in the territory, but a small number of structures of decorative purpose (arbors, pergolas, trellises, etc.).

According to studies of the landscaping organization of the campuses of famous European universities, it is proposed to locate a sports and sports area, which is extremely necessary in the territory of a higher elementary institution.

Two options were proposed for the reconstruction of green spaces and landscaping elements, which took into account all the latest trends in landscaping and improvement of the landscape and spatial organization of the Vladimir Dahl East Ukrainian National University students' campus.

In the first variant the plan of actions on reconstruction of the territory of the university is proposed: renovation of the lawn; increasing the range of flowering plants; trees and shrubs for arrangement of alleys and tree-shrub groups; playground for sports in the warm season; cypress camouflage plantings around the transformer substation perimeter area.

In the second option (in addition to above in the first) it is proposed: energy saving measures, increase of the recreation area and administrative and public zones.

Keywords: campus, landscaping, landscaping, small architectural forms, functional zoning of the territory.

Білошицька Н.І. – к.т.н., доц., доцент кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, E-mail: beloshitska@ukr.net

Татарченко Г.О. – д.т.н., проф., завідувач кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, E-mail: tatarchenkogalina@gmail.com.

Білошицький М.В. – к.т.н., доц., доцент кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, E-mail: beloshitskiy@ukr.net

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-14-19>

УДК 628.35

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОД З ТЕРИТОРІЙ ПІДПРИЄМСТВ АЗОТНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Блінова Н. К., Мохонько В. І.

FEATURES OF THE TECHNOLOGY OF SURFACE WASTEWATER TREATMENT OF ENTERPRISES OF THE NITROGEN INDUSTRY

Blinova N. K., Mokhonko V. I.

На основі експериментальних досліджень визначені особливості процесу кінетики осадження завислих речовин реальних поверхневих стічних вод підприємств, що виробляють продукцію з використанням Нітрогену. На модельній суміші в статичних умовах досліджено біохімічну трансформацію сполук Нітрогену в стічних водах. Запропоновані технологічні підходи та оптимальні технологічні параметри для вилучення основних забруднюючих компонентів з поверхневих стічних вод територій підприємств азотної промисловості.

Ключові слова: поверхневі стічні води, зависла речовина, нітрати, мікроорганізми, денітрифікація

1. Вступ. Найважливішим напрямком охорони гідросфери є запобігання попадання у водні об'єкти забруднень з неочищеними або недостатньо очищеними стічними водами. Поверхневі стічні води – це води, які утворюються внаслідок випадання дощів і танення снігу чи льоду, як на території житлової забудови населених пунктів, так і на території промислових підприємств [1]. Відповідно до Водного кодексу України № 214/95-ВР від 06.06.95 р. зі змінами [2] води, які відводяться з забудованих територій населених пунктів, промислових підприємств, відносяться до категорії стічних і підлягають очистці. В даний час на більшості підприємств поверхневі стічні води практично без очищення надходять у водойми і завдають значної шкоди водним екосистемам. В результаті діяльності підприємств азотної промисловості у водойми з поверхневими стічними водами можуть потрапляти такі високотоксичні сполуки неорганічного Нітрогену як амоніак, нітрити, нітрати. Потраплення сполук Нітрогену з недостатньо очищеними стічними водами у водні об'єкти може спричинити токсичну дію на гідробіонтів, привести до розмноження синьо-зелених водоростей і викликати явище евтрофікації. Велику частку забруднень поверхневих стічних вод складають завислі

речовини. Це, як правило, частки мінерального і органічного походження, що знаходяться у воді в завислому або колоїдному стані. Вони погіршують якість води, несприятливо позначаються на режимі перемішування потоку, приводячи до замулювання водойми, що унеможливає повноцінне існування гідробіонтів.

Значний внесок в удосконалення методів очищення стічних вод та очисних споруд зробили відомі вчені, фахівці: Скирдов І.В., Яковлев С.В., Ласков Ю.М., Каліцун В.І., Колесник В.С. та ін. Як свідчить практика, традиційні підходи до вирішення проблеми очистки стічних вод не завжди надають змогу досягти необхідного результату. Наявність комплексу фізико-хімічних та гідравлічних умов, що впливають на роботу очисної споруди, не дозволяє зв'язати всі фактори в одне математичне рівняння, яке можна було б покласти в основу її розрахунку. Зокрема, на динаміку осадження завислих речовин впливають розмір і форма частинок, щільність, режим руху стічної рідини, її в'язкість, що змінюється з температурою, тощо. Це ускладнює виявлення закономірностей осідання завислих речовин без попереднього дослідження кінетики осадження. Для очищення стічних вод від нітратів використовується метод біохімічної денітрифікації активним мулом – складний багатоступеневий процес, протікання якого залежить від якісного складу стічних вод. Отримати необхідні залежності вдається переважно експериментальним шляхом.

2. Мета дослідження. Метою роботи є дослідження кінетики осадження завислих речовин, а також вивчення процесу денітрифікації для визначення оптимальних умов та технологічних особливостей очистки поверхневих стічних вод підприємств азотної промисловості.

3. Матеріал і методи. Дослідження кінетики осадження завислих речовин проводились на реальних поверхневих стічних водах ПрАТ «СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ» за стандартною методикою [3]. Лабораторні досліди з вивчення процесу денітрифікації проводилися на модельній суміші з вмістом натрій нітрату 30 мг/дм^3 . Активний мул використовували з аеротенків для очищення побутових стічних вод і денітрифікатора для промислових стічних вод діючих очисних споруд ПрАТ «СЄВЕРОДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ». Концентрація активного мулу по сухій вазі становила $2-3 \text{ г/дм}^3$. В якості органічного субстрату застосовували адипінову кислоту. Досліди проводили в статичних умовах при температурі 24°C без аерації, з періодичним перемішуванням мулу в шести паралелях: з адаптованим від 1 до 3 діб мулом і надмірним вмістом адипінової кислоти. Умов повного анаеробіозу в експериментальних ємностях створити не вдалося, вміст розчиненого кисню коливався в межах $1,5-3 \text{ мг/дм}^3$. При додаванні біогенного Фосфору враховували концентрацію органіки, що додавалася, і наявність Фосфору у водопровідній воді; рН встановлювали в межах $7-7,3$. Для оцінки ходу денітрифікації проводили визначення величини хімічного споживання кисню $\text{ХСК}_{\text{біохр}}$, рН, Нітрогену амонійного, нітритного, нітратного, Фосфору за уніфікованими методиками [3]. Вихідна величина $\text{ХСК}_{\text{біохр}}$ без введення органічного субстрату склала $70 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Вміст Нітрогену нітратного контролювали кожну годину.

Було проведено гідробіологічний аналіз активного мулу з аеротенку. Для мікроскопіювання мулу використовували біокулярний мікроскоп МБІ-3. Для виготовлення препаратів проби відстоювали 2-3 хв. для освітлення концентрованого осаду. Крапля мулу відбиралася піпеткою з широким отвором, містилася на предметне скло, накривалася покривним. Переглядали по дві краплі з кожної проби - з поверхні мулу і з дна. Мікроскопіювання індикаторних організмів здійснювали в основному при малому збільшенні (10×10) мікроскопа, іноді використовували велике збільшення (10×40).

4. Результати та їх обговорення. Поверхневі стічні води за ступенем забруднення відносять до категорії малозабруднених. Відповідно до існуючих норм і правил для очищення поверхневих стічних вод можуть бути використані технологічні схеми як самостійної так і сумісної очистки з промисловими стоками [4]. Вибір технології очищення поверхневих стічних вод визначається їх якісними і кількісними характеристиками. Як відомо, основними забруднюючими речовинами поверхневого стоку є грубодисперсні домішки, нафтопродукти, які сорбовані головним чином на завислих речовинах, синтетичні поверхнево-активні речовини, мінеральні солі і органічні домішки природного походження [5, 6]. Підприємства хімічної промисловості містять специфічні забруднюючі речовини з токсичними властивостями. Так, для підприємств азотної промисловості

характерна наявність сполук неорганічного Нітрогену в поверхневих стоках в формах амонійного, нітритного і нітратного Нітрогену. Основними забруднюючими компонентами поверхневих стічних вод цих підприємств є завислі речовини, органічні речовини з низьким ступенем біологічної деструкції і нітрати. При цьому, вміст нітратів може досягати $30-35 \text{ мг/дм}^3$, показник $\text{ХСК}_{\text{біохр}} - 70 - 80 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$.

Концентрація завислих речовин у поверхневих стічних водах підприємств азотної промисловості незначна і складає 34 мг/дм^3 , при інтенсивних дощових опадах досягає 68 мг/дм^3 . До складу поверхневих стічних вод входить 2 типи завислих речовин: речовини мінерального походження достатньо високої щільності та аморфні, більш менш флокульовані частки природного походження або з індукованою агломерацією колоїдних речовин у суспензії з меншою швидкістю. Частки першого типу, як правило, гранульовані – це пісок з крупністю часток $0,15-0,25 \text{ мм}$. Їх джерелом є дощові та талі води, вони осаджуються незалежно одна від одної з постійною швидкістю. В незначній кількості серед часток першого типу можуть знаходитись нерозчинні кристали солей жорсткості, які надходять з промивними водами водооборотних циклів. Другий тип часток представлений фрагментами або мікроскопічними водоростями, скупченнями бактерій і простіших, а також продуктами їхньої життєдіяльності та завислими колоїдами абіогенної природи. Ці частки приносять як дощові, так і промислові води.

Вилучення із стічних вод завислих речовин відбувається на стадіях механічної очистки методом відстоювання. Для цих цілей слугують пісковловлювачі, призначені для вилучення зі стічної води піску, та відстійники. Надходження піску зі стічними водами на насосні та очисні станції викликає передчасний знос устаткування, знижує продуктивність і порушує роботу окремих споруджень, а інколи і повністю виводить їх з ладу.

Для розрахунку відстійних споруджень потрібні дані про швидкість осадження завислих часток, яка забезпечує необхідний ступінь очищення води. Таку швидкість визначають на підставі кінетики осадження грубодисперсних домішок. Повне уявлення про осадженні полідисперсних домішок дають криві кінетики осадження завислих речовин – криві залежності ефекту освітлення води E від тривалості відстоювання t або умовної гідравлічної крупності U_0 , яка розраховується за формулою [3]:

$$U_0 = \frac{h}{t}, \quad (1)$$

де h - висота шару рідини, мм;
 t – тривалість відстоювання, сек.

Дані для побудови кривої кінетики осадження завислих речовин отримували експериментальним шляхом при освітленні стічної води в стані спокою. Дослідна установка складалася з декількох скляних циліндрів. Висота рідини в циліндрах - 300 мм . Че-

рез намічений проміжок часу t_1 відбирали воду з середини циліндра і визначали в ній концентрацію грубодисперсних домішок C_1 . Потім після закінчення часу t_2 таким же способом відбирали воду з другого циліндра з тієї ж висоти і визначали концентрацію C_2 . Так само чинили після закінчення часу t_3, t_4, \dots, t_n та отримали значення концентрацій (C_3, C_4, \dots, C_n) у відстояній воді. Для кожного часу t_n знаходили швидкість осадження найменших частинок, які перейшли за цей час із завислого стану в осад, а також розраховували ефект освітлення води:

$$E_t = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де C_0 , - початкова концентрація завислих речовин, мг/дм³;

C_t - концентрація після осадження, мг/дм³.

Використовуючи отримані дані, побудували графік залежності ефекту освітлення стічної води від умовної гідравлічної крупності завислих речовин (рис.1).

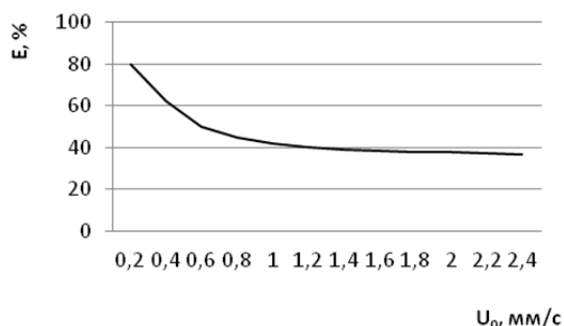


Рис. 1. Графік залежності ефекту освітлення стічної води від умовної гідравлічної крупності завислих речовин

Аналіз отриманої кривої показує, що для забезпечення ефекту освітлення 75 % в шарі води $h = 300$ мм повинні бути видалені частки з гідравлічною крупністю 0,3 мм/сек. Нафтопродукти при даній гідравлічній крупності спливали на 64 %. Питома кількість нафтопродуктів становить 12 г з 1 м³ води.

Побудована за результатами експериментальних даних крива кінетики відстоювання, яка відображає залежність ефекту освітлення E від тривалості освітлення t , представлена на рис. 2.

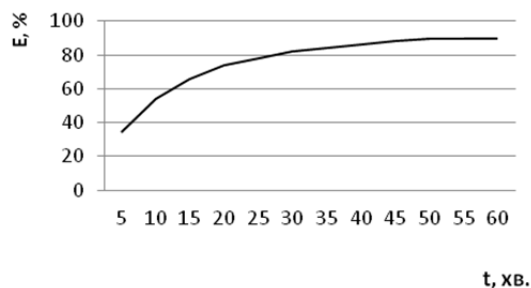


Рис. 2. Графік залежності ефекту освітлення стічної води від тривалості освітлення, $h=300$ мм

Аналіз цієї кривої дозволяє визначити дві області освітлення. Перша область – інтенсивного освітлення стічних вод – характерна для початкової тривалості відстоювання. При цьому за 1 хвилину осідає 30 % завислих речовин, що становить 0,01 г з 1 дм³ стічної води. Вологість осаду, відфільтрованого під вакуумом, становить 40 %, зольність – 85 %, втрати при прожарюванні – 15 %. Величини останніх двох показників показують, що завислі речовини є механічними домішками мінерального походження, в основному це пісок. За наступні 30 хвилин осідає ще 30 – 45 % від початкової кількості суспензій (0,02 г з 1 дм³ стічної води). Вологість осаду, відфільтрованого під вакуумом, становить 86 %, зольність – 13%, втрати при прожарюванні складають 87 %, що вказує на органічний характер завислих речовин. Необхідний ефект освітлення в шарі води $h = 300$ мм досягається при тривалості відстоювання $t = 1800$ сек. Значення гідравлічної крупності завислих часток U_0 , розраховане за формулою (1) [3], при глибині проточної частини радіального відстійника $H = 2$ м, дорівнює 0,36 мм/сек. Час відстоювання t становить 90 хв. Для глибини проточної частини відстійника 1,5 і 3 м значення U_0 до t вказані в таблиці.

Таблиця

Значення U_0 до t для глибини проточної частини відстійника

H , м	1,5	2	3
U_0 , мм/сек	0,3	0,36	0,48
t , год.	1,4	1,5	1,7

При витраті стічних вод, яка перевищує 20 тис. м³/доб., для освітлення стічних вод зазвичай використовують радіальні відстійники. Вони являють собою круглі в плані басейни, оснащені пристроями для безперервного видалення з них суспензії, що випадає в осад. Діаметр радіальних відстійників становить 18-40 м, глибина проточної частини 1,5-5 м. Тривалість відстоювання суспензії від 1,5 до 2 годин. На відміну від горизонтальних відстійників радіальні мають низку переваг:

– устаткування цих відстійників просто і надійно в експлуатації навіть при їх значних розмірах;

– ці відстійники найбільш економічні при будівництві, при цьому їх економічність зростає з зростанням розміру відстійників;

– можливість будівництва цих відстійників значних розмірів з великою потужністю дозволяє скорочувати число виробничих одиниць на очисних станціях, а це зменшить вартість їх експлуатації.

Радіальні відстійники можна вважати найбільш прийнятними для освітлення суміші стічних вод, в них при зменшенні тривалості відстоювання середні швидкості течії рідини в розрахунковому створі не будуть в більшості випадків перевищувати нормативних значень. Крім того, радіальні відстійники мають розвинутий водозлив на водозбірному лотку, що сприяє меншому виносу дрібної фракції завислих речовин у порівнянні з горизонтальними відстійниками.

Для очищення стічних вод від нітратів використовується метод біохімічної денітрифікації активним мулом. Як відомо, процес мікробіологічної денітрифікації полягає у відновленні сапрофітними мікроорганізмами нітратів Нітрогену до молекулярного Нітрогену за участю ферментів нітратредуктаз [7, 8, 9].

Це складний багатоступеневий процес, що протікає за схемою:



Денітрифікуючі бактерії активного мулу представлені родами *Pseudomonas* sp., *Acrobacterium* sp., *Micrococcus* sp. та ін. При відсутності у воді розчиненого кисню вони можуть використовувати для дихання кисень, що міститься в нітратах і нітратах. Бактерії-денітрифікатори є гетеротрофами і представляють групу факультативних анаеробів.

Виходячи з якісного складу поверхневих нітрогеновмісних стічних вод з переважаючим вмістом органічних речовин і нітратів, визначальним способом їх подальшого очищення може бути обраний процес мікробіологічної денітрифікації в якому денітрифікація біохімічно пов'язана з окисленням органічних речовин.

Нами проведено серію лабораторних дослідів в статичних умовах з вивчення процесу денітрифікації на модельній суміші з вмістом натрію нітрату 30 мг/дм³ [10]. У всіх дослідях отримали подібну динаміку зміни концентрації нітратів в часі (рис.3). У перші дві години, як правило, закономірно збільшилася кількість нітратів. Збільшення N-NO³⁻ практично в 2 рази спостерігалось в разі використання неадаптованого, або одноразово промитого мулу з промислового денітрифікатора. Через три години після початку експерименту збільшилася і кількість N-NO²⁻ від 0,4 до 4 мг/дм³. Тимчасове збільшення окислених форм Нітогену пов'язано, можливо, з надходженням забруднень з недостатньо промитим і мало адаптованим мулом. У наступні 2-3 години візуально спостерігалася активна редукція нітратів у вигляді рясного утворення бульбашок газу і спливання мулу. Далі відбувалося поступове зниження кількості нітратів і нітритів до допустимих до скиду величин. Загальний час денітрифікації не перевищував 7-8 годин. Оптимальна швидкість денітрифікації при цьому склала 2,4 мг N-NO³⁻ на 1 г беззольної речовини мулу на годину (2,4 мг/г*год).

Як відомо, дісимиляційна нітратредукція протікає з утворенням лужних компонентів і підвищенням лужності середовища [8, 9]. Контроль реакції середовища показав, що через кілька годин після початку експерименту відбувається підвищення рН (рис. 4). Через 2-3 години показник рН середовища збільшився в дослідях з адаптованим мулом з 7,1 до 7,4, з неадаптованим з 7,3 до 7,65. Максимальне збі-

льшення рН відбувалося через 8-9 годин і склало 7,7 і 8,1 відповідно.

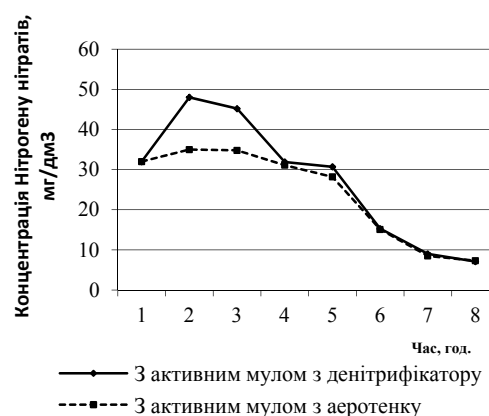


Рис. 3. Динаміка зміни концентрації нітрогену нітратів в процесі денітрифікації

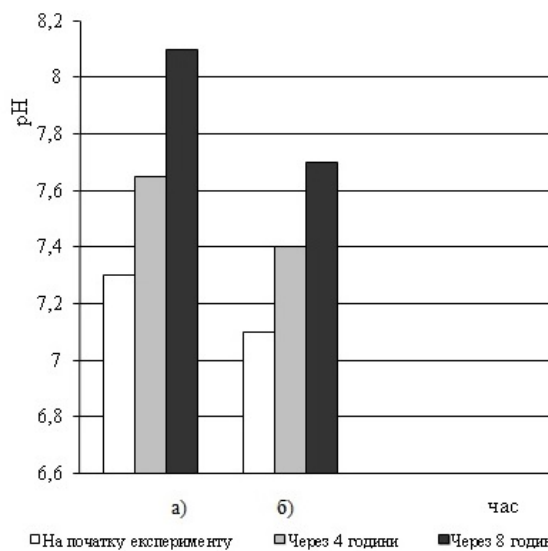


Рис. 4. Зміна рН в ході денітрифікації: а – неадаптований мул; б – адаптований протягом трьох діб мул

Вміст Нітрогену амонійного змінювався в середньому від 1,2 мг/дм³ вихідного значення до 0,56 мг/дм³ кінцевого. Це пов'язано з тим, що на тлі процесу денітрифікації протікав процес часткової нітрифікації. Відновлення нітратів до молекулярного Нітрогену в процесі денітрифікації пов'язане з окисленням органічних сполук. В якості донорів електронів (Гідрогену) і одночасно джерел Карбону для бактерій можуть бути використані органічні сполуки, що піддаються біохімічному окисленню. Нами в лабораторних умовах для цих цілей був використаний розчин адипінової кислоти. Найбільш ефективна мікробіологічна редукція нітратів відбувалася при введенні адипінової кислоти в кількості, що відповідає ваговому відношенню N-NO³⁻: БСК, яке дорівнює 1: 4,43.

Таким чином, для ефективного очищення нітрогеновмісних поверхневих стічних вод, що містять

30 мг/дм³ N-NO³⁻ можливе застосування методу біохімічної денітрифікації. Оптимальними параметрами технологічного процесу за результатами експерименту є: концентрація активного мулу – 2 г/дм³; мінімальний час адаптації – три доби, тривалість повної денітрифікації – 8 годин, вагове співвідношення нітрогену нітратів до БСК – 1: 4,43. Для біохімічної очистки доцільно використання коридорних аеротенків-витисновачів з рециркуляцією мулової суміші [9].

Висновки. Виходячи із складу забруднень поверхневих стічних вод пропонується технологічна схема з попереднім видаленням завислих речовин в піскоуловлювачах та первинних радіальних відстійниках, далі – біохімічна денітрифікація в коридорних аеротенках. Біохімічно очищені води необхідно направити на знезараження. Очищені стічні води використовуються підприємством повторно. Отримані дані можуть бути використані на діючих підприємствах. Здійснення якісної, ефективної очистки поверхневих стічних вод дозволить запобігти забрудненню водоймищ, забезпечити охорону і раціональне використання водних ресурсів, які є національним багатством.

Л і т е р а т у р а

1. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
2. Водний кодекс України / Відомості Верховної Ради України. – Офіц. вид. – К., 1995. – № 24.
3. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
4. Канализация. Наружные сети и сооружения : СНиП 2.04.03 – 85. – М. : Стройиздат, 1985. – 89 с.
5. Молоков М. В. Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок. / М. В. Молоков, В. Н. Шифрин – М. : Стройиздат, 1977. – 104 с.
6. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. (Справочное пособие к СНиП). – М. : Стройиздат, 1990. – 192 с.
7. Яковлев С. В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С. В. Яковлев, Т. А. Карюхина. – М. : Стройиздат, 1990. – 107 с.
8. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы : [учебное издание] : пер. с англ. / М. Хенце [и др.]. – Москва: Мир, 2006. – 480 с.
9. Блінова Н. К. Сучасні проблеми біологічної очистки стічних вод та шляхи їх вирішення / Н. К. Блінова, О. В. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. – 2018. – № 3(244). – С.14-20.
10. Блінова Н. К. Особенности технологии биологической очистки промливневых сточных вод предприятий азотной промышленности / Н. К. Блінова // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 4. – С. 54-57.

References

1. Kanalizaciya. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennya proektuvannya : DBN V.2.5-75:2013 /

- Ministerstvo regionalnogo rozvytku, budivnyctva ta zhytlovo-komunalnogo gospodarstva Ukrainy. – Kyiv, 2013. – 210 s.
2. Vodnyj kodeks Ukrainy / Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrainy. – Ofic. vyd. – K., 1995. – № 24.
 3. Lur'e YU. YU. Analiticheskaya himiya promyshlennyh stochnyh vod / YU. YU. Lur'e. – M. : Himiya, 1984. – 448 s.
 4. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya : SNiP 2.04.03 – 85. – M. : Strojizdat, 1985. – 89 s.
 5. Molokov M. V. Ochistka poverhnostnogo stoka s territorij gorodov i promyshlennyh ploshchadok. / M. V. Molokov, V. N. SHifrin – M. : Strojizdat, 1977. – 104 s.
 6. Proektirovanie sooruzhenij dlya ochistki stochnyh vod. (Spravochnoe posobie k SNiP). – M. : Strojizdat, 1990. – 192 s.
 7. YAKovlev S. V. Biohimicheskie processy v ochistke stochnyh vod / S. V. YAKovlev, T. A. Karyuhina. – M. : Strojizdat, 1990. – 107 s.
 8. Ochistka stochnyh vod. Biologicheskije i himicheskie processy : [uchebnoe izdanie] : per. s angl. / M. Hencе [i dr.]. – Moskva: Mir, 2006. – 480 s.
 9. Blinova N. K. Suchasni problemy biologichnoyi ochystky stichnyh vod ta shlyaxy yix vyrishennya / N. K. Blinova, O. V. Kravchenko // Visnyk Sxidnoukrayinskogo nacionalnogo universytetu im. V.Dalya. – 2018. – № 3(244). – С.14-20
 10. Blinova N. K. Osobennosti tekhnologii biologicheskoy ochistki promlivnevyyh stochnyh vod predpriyatij azotnoj promyshlennosti / N. K. Blinova // Ekologiya dovkilliya ta bezpeka zhyttyediyal'nosti. – 2007. – № 4. – S. 54-57.

Блінова Н. К., Мохонько В. И. Особенности технологии очистки поверхностных сточных вод с территорий предприятий азотной промышленности

На основе экспериментальных исследований определены особенности процесса кинетики осаждения взвешенных веществ реальных сточных вод предприятий, производящих продукцию с использованием азота. На модельной смеси в статических условиях исследована биохимическая трансформация соединений азота в сточных водах. Предложены технологические подходы и оптимальные технологические параметры для извлечения основных загрязняющих компонентов из поверхностных сточных вод территорий предприятий азотной промышленности.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, взвешенные вещества, нитраты, микроорганизмы, денитрификация

Blinova N. K., Mokhonko V. I. Features of the technology of surface wastewater treatment of enterprises of the nitrogen industry

It has been established, that as a result of the activity of the enterprises of the nitrogen industry, highly toxic compounds of inorganic Nitrogen and suspensions may enter the reservoirs with surface wastewater. In order to determine the optimal conditions and technological features of the treatment of surface wastewater from the enterprises of the nitrogen industry, the kinetics of deposition of suspended solids was studied, as well as the study of the biochemical denitrification process with activated sludge. Investigation of the kinetics of deposition of suspended solids was carried out on real surface sewage of "SEVYRODONETSK ASSOCIATION OF NITROGEN". Biochemical transformation of Nitrogen compounds in sewage was investigated under the model mixture

under static conditions. Active sludge was used from the aeration tanks for domestic wastewater treatment and denitrification of existing wastewater treatment plants. The concentration of activated sludge by dry weight was 2-3 g / dm³. Adipic acid used as the organic substrate. On the basis of experimental researches the peculiarities of the kinetics of deposition of suspended matter of real surface sewage of enterprises producing products using Nitrogen were determined. The results on the rate of deposition of suspended particles, providing the necessary degree of water purification in sedimentary structures were obtained. The optimal parameters of the technological process of biochemical denitrification were determined: the concentration of activated sludge is 2 g / dm³; minimum adaptation time - three days, duration of complete denitrification - 8 hours, weight ratio of nitrogen to nitrates to BIA - 1: 4,43. Based on the composition of surface wastewater pollution, technological approaches and optimal technological parameters for extraction of the main contaminants from surface wastewater from the territories of the enterprises of the

nitrogen industry and technological scheme with preliminary removal of the suspended matter in the sand traps and primary radials are obtained sludge displacers. The implementation of high-quality effective treatment of surface wastewater will prevent the contamination of reservoirs.

Key words: *surface wastewater, suspended solids, nitrates, microorganisms, denitrification*

Блінова Наталія Костянтинівна – к.б.н., доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, blinovan.k@ukr.net

Мохонько Вікторія Іванівна – к.геол.н., доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, mactory2015@gmail.com

Стаття подана: 21.07.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-20-23>

УДК 539.3

ТРИВИМІРНА ЗАДАЧА ТЕОРІЇ ПРУЖНОСТІ ДЛЯ ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН

Галич В.А.

THREE-DIMENSIONAL PROBLEM OF THEORY OF ELASTICITY FOR THREE-LAYER PLATES

Galich V.A.

У статті розглянуто в просторовій постановці задачу про напружено-деформований стан тришарової пластини симетричної відносно серединної площини будови, яка виготовлена з ізотропних матеріалів. Основну увагу приділено пошуку вихрової складової рішення. Пластина може бути послаблена отворами і мати як кінцеві так і безкінечні розміри. На плоскій зовнішній поверхні пластини переміщення відсутні, а між шарами пластини реалізований механічний контакт, при якому відповідні переміщення і відповідні компоненти тензора напруг дорівнюють одна одній.

Ключові слова: змішана задача, тришарова пластина, вихрове рішення, переміщення, власні функції.

Вступ. Композиційні матеріали в останні десятиліття знаходять широке застосування в самих різних напрямках діяльності людини, починаючи від побуту і закінчуючи військовою технікою, літако- і ракетобудуванням. Особливе місце серед них посіли багатошарові пластини.

Постановка проблеми. Просторові задачі теорії пружності дають можливість більш точно описати напружено-деформований стан тришарових пластин в порівнянні з двовимірними підходами, знайти особливості поведінки напруг поблизу кутових точок, а також в точках зміни граничних умов задачі.

Також знання рішень задач в тривимірній постановці дозволяє визначити межі застосування прикладних теорій.

Аналіз останніх досліджень і результатів. Перша основна задача теорії пружності для тришарових пластин в просторовій постановці з застосуванням напівоберненого методу була досліджена в роботах Воровича І.І., Кадомцева І.Г., Устинова Ю.А. Було показано, що загальне рішення представляє собою суму бігармонійного, потенціального і вихрового стану. Змішана задача теорії пружності для одношарових багатозв'язкових пластин була ро-

зглянута в працях Космодам'янського О.С., Алтухова Є.В., Галича В.А., Горохова К.І.

Мета статті. Метою статті є побудова вихрової складової тривимірного напружено-деформованого стану тришарової пластини з нульовими умовами в переміщеннях на торцях.

Постановка задачі. Розглянемо напружено-деформований стан ізотропної тришарової пластини, симетричної відносно серединної площини будови. Пластину віднесемо до декартової системи координат x_1, x_2, x_3 . Товщина зовнішній шарів пластини дорівнює h_1 , а товщина внутрішнього шару - $2h_2$. Пружні властивості j -ого ($j = 1, 2$) шару характеризуються модулем зсуву G_j^* і коефіцієнтом Пуасона ν_j . На торцевій поверхні пластини переміщення дорівнюють нулю, а між шарами пластини реалізований ідеальний механічний контакт.

Виклад основного матеріалу досліджень. Задача зводиться до інтегрування системи диференціальних рівнянь рівноваги

$$\begin{aligned} & \partial^2 u_j + \lambda \mu_{1j} \partial_1 \partial w_j + \lambda^2 (D^2 + \mu_{1j} \partial_1^2) u_j + \\ & + \lambda^2 \mu_{1j} \partial_1 \partial_2 v_j = 0, \\ & \partial^2 v_j + \lambda \mu_{1j} \partial_2 \partial w_j + \lambda^2 \mu_{1j} \partial_1 \partial_2 u_j + \lambda^2 * \\ & * (D^2 + \mu_{1j} \partial_2^2) v_j = 0, \\ & \mu_{2j} \partial^2 w_j + \lambda \mu_{1j} \partial_1 \partial u_j + \lambda \mu_{1j} \partial_2 \partial v_j + \lambda^2 * \\ & * D^2 w_j = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де u_j, v_j, w_j – компоненти вектора переміщень,

$$\begin{aligned} \mu_{1j} &= 1/(1 - 2\nu_j), \quad \mu_{2j} = 2(1 - \nu_j)/(1 - 2\nu_j), \\ \xi &= x_1/R, \quad \eta = x_2/R, \quad \zeta = x_3/h, \quad \lambda = h/R, \end{aligned}$$

$$h = h_1 + h_2, \partial_1 = \frac{\partial}{\partial \xi}, \partial_2 = \frac{\partial}{\partial \eta}, \partial = \frac{\partial}{\partial \zeta},$$

$$D^2 = \partial_1^2 + \partial_2^2.$$

Переміщення і напруги пов'язані співвідношеннями закону Гука:

$$\sigma_{\xi\xi} = G_j \left[\frac{\nu_j}{1-2\nu_j} (\partial_2 v_j + \frac{1}{\lambda} \partial w_j) + \frac{1-\nu_j}{1-2\nu_j} \partial_1 u_j \right],$$

$$\sigma_{\eta\eta} = G_j \left[\frac{\nu_j}{1-2\nu_j} (\partial_1 u_j + \frac{1}{\lambda} \partial w_j) + \frac{1-\nu_j}{1-2\nu_j} \partial_2 v_j \right],$$

$$\sigma_{\xi\eta} = G_j \left[\frac{\nu_j}{1-2\nu_j} (\partial_1 u_j + \partial_2 v_j) + \lambda^{-1} \frac{1-\nu_j}{1-2\nu_j} \partial w_j \right],$$

$$\sigma_{\xi\zeta} = \frac{G_j}{2} (\partial_2 u_j + \partial_1 v_j),$$

$$\sigma_{\xi\eta\zeta} = \frac{G_j}{2} (\partial_1 w_j + \lambda^{-1} \partial u_j), \sigma_{\eta\zeta} = \frac{G_j}{2} (\partial_2 w_j + \lambda^{-1} \partial v_j).$$

В цих формулах $G_j = G_j^* / G_1^*$.

Граничні умови на торцях пластини мають вигляд

$$u_1 = v_1 = w_1 = 0 \Big|_{\zeta=1}. \tag{2}$$

На поверхні контакту шарів виконуються умови

$$\sigma_{\xi\xi_1} = \sigma_{\xi\xi_2} \Big|_{\zeta=\lambda_2}, \sigma_{\xi\xi_1} = \sigma_{\xi\xi_2} \Big|_{\zeta=\lambda_2}, \sigma_{\eta\xi_1} = \sigma_{\eta\xi_2} \Big|_{\zeta=\lambda_2} \tag{3}$$

$$u_1 = u_2 \Big|_{\zeta=\lambda_2}, v_1 = v_2 \Big|_{\zeta=\lambda_2}, w_1 = w_2 \Big|_{\zeta=\lambda_2}.$$

де $\lambda_2 = 1 - \lambda_1, \lambda_1 = h_1 / h$.

Вихрове рішення у відповідності до напівоберненого методу будемо шукати у вигляді

$$u_j = p_j(\zeta) \partial_2 B(\xi, \eta), v_j = -p_j(\zeta) \partial_1 B(\xi, \eta), w_j = 0. \tag{4}$$

В цих формулах $B(\xi, \eta)$ – мета гармонійна функція, що задовольняє рівнянню

$$D^2 B = \left(\frac{\beta}{\lambda} \right)^2 B. \tag{5}$$

Підставивши вирази (4) в формули (1), отримаємо диференціальне рівняння для функції $p_j(\zeta)$:

$$\partial^2 p_j + \beta^2 p_j = 0. \tag{6}$$

Граничні умови на торцях пластини і в зоні контакту шарів (2), (3) дають наступні співвідношення:

$$p_1(1) = 0, p_1(\lambda_2) = p_2(\lambda_2), \partial p_1(\lambda_2) = G_2 p_2(\lambda_2) \tag{7}$$

Формули (6), (7) представляють собою задачу на власні функції p_j і власні значення β .

У випадку задачі типу розтягу-стиску рішення диференціального рівняння (6) можна представити так:

$$p_1(\zeta) = H_1 \cos \beta \zeta + H_2 \sin \beta \zeta \tag{8}$$

$$p_2(\zeta) = Q_1 \cos \beta \zeta.$$

Граничні умови (7) дають однорідну систему рівнянь відносно невідомих констант:

$$H_1 \cos \beta + H_2 \sin \beta = 0,$$

$$H_1 \cos \beta \lambda_2 + H_2 \sin \beta \lambda_2 - Q_1 \cos \beta \lambda_2 = 0, \tag{9}$$

$$H_1 (-\sin \beta \lambda_2) + H_2 \cos \beta \lambda_2 + Q_1 G_2 \sin \beta \lambda_2 = 0.$$

Для того, щоб система (9) мала нетривіальні рішення необхідно її визначник прирівняти нулю:

$$\begin{vmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 \\ \cos \beta \lambda_2 & \sin \beta \lambda_2 & -\cos \beta \lambda_2 \\ -\sin \beta \lambda_2 & \cos \beta \lambda_2 & G_2 \sin \beta \lambda_2 \end{vmatrix} = 0.$$

В результаті отримаємо трансцендентне рівняння для власних значень задачі β :

$$\cos \beta \lambda_2 \cos \beta \lambda_1 - G_2 \sin \beta \lambda_2 \sin \beta \lambda_1 = 0. \tag{10}$$

Так як система лінійних рівнянь (9) однорідна, одну із трьох констант H_1, H_2, Q_1 можна вибрати довільним чином. Нехай $H_2 = \cos \beta$. Тоді із першого рівняння (9) отримаємо, що $H_1 = -\sin \beta$, а із другого - $Q_1 = -\frac{\sin \beta \lambda_1}{\cos \beta \lambda_2}$. При такому виборі H_1, H_2, Q_1 третє рівняння (9) з урахуванням (10) задовольняється автоматично.

Власні функції $p_1(\zeta)$ і $p_2(\zeta)$ при цьому приймуть вигляд:

$$p_1(\zeta) = -\sin \beta \cos \beta \zeta + \cos \beta \sin \beta \zeta,$$

$$p_2(\zeta) = -\frac{\sin \beta \lambda_1}{\cos \beta \lambda_2} \cos \beta \zeta.$$

Доведемо, що рівняння (10) має лише дійсні корені. Доведення проведемо методом від протилежного. Припустимо що існують комплексні корні

$\beta = q + is, s \neq 0$. Виділимо в рівнянні (10) дійсну і уявну частини

$$\begin{aligned} \cos q * ch s + t * \cos qm * ch sm &= 0, \\ \sin q * sh s + t * \sin qm * sh sm &= 0. \end{aligned} \quad (11)$$

В формулах (11) $t = \frac{1-G_2}{1+G_2}, m = \lambda_2 - \lambda_1$.

Знайдемо з першого рівняння (10) $\cos q$, а з другого - $\sin q$, піднесемо їх в квадрат і просумуємо:

$$1 = t^2 \left(\cos^2 qm * \left(\frac{ch sm}{ch s} \right)^2 + \sin^2 qm * \left(\frac{sh sm}{sh s} \right)^2 \right) \quad (12)$$

В цих формулах (11) і (12)

$ch x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}, sh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$ - гіперболічні косинус і синус відповідно.

Можна довести, що величина t , яка входить у формулу (12) по модулю менше одиниці. Для цього знайдемо похідну $t(G_2) = \frac{1-G_2}{1+G_2}$ по параметру G_2 ($0 < G_2 < \infty$):

$$t' = -\frac{2}{(1+G_2)^2}.$$

Отже, $t' < 0$, а значить $t(G_2)$ є спадною функцією свого аргументу. Відмітимо, що $\lim_{G_2 \rightarrow 0} t(G_2) = 1$, а $\lim_{G_2 \rightarrow \infty} t(G_2) = -1$. З цього випливає, (з урахуванням убування функції $t(G_2)$), що $-1 < t < 1$, або $|t| < 1$. Значить величина t^2 , яка входить у формулу (12), також менша за одиницю.

Величина $m = \lambda_2 - \lambda_1$, що входить у формули (12), по модулю також менша за одиницю: $|m| < 1$. Тому $|sm| < |s|$, а значить $|ch sm| < |ch s|, |sh sm| < |sh s|$.

А це в свою чергу означає, що $\left| \frac{ch sm}{ch s} \right| < 1, \left| \frac{sh sm}{sh s} \right| < 1$.

Використовуючи ці оцінки, з рівняння (12) випливає, що $1 < 1$. Отримане протиріччя доводить неможливість існування в рівнянні (10) комплексних коренів з не рівною нулю уявною частиною.

У кінцевому підсумку для переміщень пластини для вихрового стану будемо мати

$$\begin{aligned} u_j &= \sum_{\beta} p_j(\zeta) \partial_2 B(\xi, \eta), \\ v_j &= -\sum_{\beta} p_j(\zeta) \partial_1 B(\xi, \eta), \\ w_j &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Висновок. Вихровий стан змішаної задачі теорії пружності для тришарової пластини можна представити у вигляді суми по власним значенням і власним функціям задачі штурма-ліувівільського типу.

Л і т е р а т у р а

1. Космодамианский А.С. Толстые многосвязные пластины/ А.С. Комодомианский, В.А. Шалдырван. - Киев: Наукова думка, 1978. - 240 с.
2. Галич В.А. Метод однородных решений в смешанных задачах теории упругости и термоупругости для толстых многосвязных пластин/ В.А. Галич, А.С. Космодамианский, Е.В. Алтухов// Доклады АН УССР. - 1981. - №3. - С. 62-65.
3. Галич В.А. Смешанная задача теории упругости для изотропного цилиндра/ В.А. Галич, К.И. Горохов, А.С. Космодамианский // Доклады АН УССР. - 1986. - №7. - С. 36-39.
4. Ворovich И.И. Качественное исследование напряженно-деформированного состояния трехслойной плиты/ И.И. Ворovich, И.Г. Кадомцев// Прикладная математика и механика. - 1970. - Вып.5. - С. 870-876.

R e f e r e n c e s

1. Kosmodamiansky AS Thick multiply plates / A.S. Komodamiansky, V.A. Shaldyrvan. - Kiev: Naukova Dumka, 1978. - 240 p.
2. Galich V.A. The method of homogeneous solutions in mixed problems of the theory of elasticity and thermoelasticity for thick multiply connected plates / V.A. Galich, A.S. Kosmodamiansky, E.V. Altukhov // Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. - 1981. - №3. - P. 62-65.
3. Galich V.A. Mixed problem of the theory of elasticity for an isotropic cylinder / V.A. Galich, K.I. Gorokhov, A.S. Kosmodamian // Reports of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. - 1986. - №7. - P. 36-39.
4. Vorovich I.I. Qualitative study of the stress-strain state of a three-layer plate / I.I. Vorovich, I.G. Kadomtsev // Applied Mathematics and Mechanics. - 1970. - Issue 5. - P. 870-876.

Галич В.А. Трехмерная задача теории упругости для трехслойных пластин

В статье рассмотрено в пространственной постановке задачу о напряженно-деформированном состоянии трехслойной пластины симметричного относительно срединной плоскости строения, которая изготовлена из изотропных материалов. Основное внимание уделено поиску вихревой составляющей решения. Пластина может быть ослаблена отверстиями и иметь как конечные так и бесконечные размеры. На плоской наружной поверхности пластины перемещения отсутствуют, а между слоями пластины реализован механический контакт, при котором соответствующие перемещения и соответствующие компоненты тензора напряжений равны между собой.

Ключевые слова: смешанная задача, трехслойная пластина, вихревое решение, перемещения, собственные функции.

Galich V.A. The three-dimensional problem of the theory of elasticity for three-layer plates.

The article deals with the spatial formulation of the problem of the stress-strain state of a three-layer plate

symmetrical with respect to the median plane of the structure, which is made of isotropic materials. The focus is on finding the vortex component of the solution. The plate can be weakened by holes and have both finite and infinite dimensions. There are no displacements on the flat outer surface of the plate, and a mechanical contact is realized between the layers of the plate, in which the displacements and the corresponding components of the stress tensor are equal to each other.

Spatial problems of elasticity theory make it possible to more accurately describe the stress-strain state of three-layer plates in comparison with two-dimensional approaches, to find the peculiarities of the behavior of stresses near angular points, as well as at points of change of boundary conditions of the problem. Also, knowledge of problem solving in three-dimensional solutions allows you to determine the limits of application of theories.

The first main problem of the theory of elasticity for three-dimensional plates in spatial formulation with the application of the half-wave method was investigated in the works of Vorovich II, Kadomtseva IG, Ustinova Yu.A. It has been shown that the overall solution is the sum of the harmonic, po-

tential, and vortex states. The mixed problem of the theory of elasticity for single-layer multilayer plates was considered in the works of Kosmodamiansky OS, Altu-hova EV, Galich VA, Gorokhov KI.

The purpose of the article is to construct a vortex component of a three-dimensional stress-strain state of a three-layer plate with zero-left conditions in displacements at the ends. Consider the stress-strain state of an isotropic three-layer plate symmetric with respect to the median plane of the structure. The plate is attributed to the Cartesian coordinate system.

Keywords: mixed task, three-layer plate, vortex solution, displacement, eigenfunctions.

Галич В.А. – к. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри «Програмування та математики» СХУ ім. Володимира Даля, tetatet_teta@ukr.net

Стаття подана 1.06.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-24-34>

УДК 621.391:681.5

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРІЮ ЯКОСТІ НАДАННЯ СЕРВІСІВ МУЛЬТИСЕРВІСНИМИ МЕРЕЖАМИ

Князєва Н.О., Шестопапов С.В., Лисенко Н.О.

METHOD OF DETERMINATION OF COMPLEX QUALITY CRITERION OF PROVIDING SERVICES BY MULTISERVICE NETWORKS

Kniazieva N.O., Shestopalov S.V., Lysenko N.O.

З розвитком мультисервісних мереж, особливо починаючи з появи концепції IMS, які спроможні на сьогоднішній день надавати найширший спектр типів сервісів, все більша увага приділяється якості надання сервісів. Крім того, значна увага приділяється питанням оцінки якості отриманих сервісів з точки зору користувачів сервісів. В даній роботі показано, що на сьогоднішній день суттєво зріс попит на сервіси, котрі надають мультисервісні мережі, тому визначення якості надання сервісів є безумовно актуальним завданням. Зазначено, що при визначенні якості сервісів необхідно враховувати інтереси всіх учасників надання сервісів, а саме – користувачів (абонентів), постачальників обладнання (мережних операторів), а також постачальників сервісів. Стаття присвячена розробці методу визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами з урахуванням всіх учасників процесу надання сервісів, а саме – користувачів, постачальників обладнання, а також постачальників сервісів. Запропоновані показники (підкритерії) якості надання сервісів для кожного учасника процесу. Запропоновано метод визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами, який складається з послідовності дій, що надають можливість визначити: ступень впливу кожного учасника процесу надання сервісів на значення комплексного критерію якості, показники якості і результуючу оцінку якості для кожного учасника процесу, а також значення комплексного критерію якості надання сервісів. Представлено процедуру забезпечення комплексному критерію якості у відповідності з заданими вимогами значення $K_{\text{зад}}$ чи визначення того, що потрібне значення комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$ в даній системі не може бути досягнуто. Наведено приклад розрахунку комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісною мережею з урахуванням інтересів всіх учасників процесу надання сервісів.

Ключові слова: мультисервісна мережа, якість надання сервісів, QoS, комплексний критерій якості.

Вступ. В процесі розвитку телекомунікаційних мереж та сервісів можна виділити наступні етапи: PSTN (Public Switched Telephone Network), IDN (Integrated Digital Network), ISDN (Integrated Service Digital Network), IN (Intelligent Network), NGN, FN (Future Network) [1]. На сучасному етапі розвитку мереж надання сервісів здійснюється на базі технології IP у відповідності з концепцією мереж наступного покоління (NGN – Next Generation Network), що підтримують функціональні можливості Triple-Play Services (потрійної послуги – передача мови, відео та даних), а також концепції IMS (IP Multimedia Subsystem), що об'єднує в собі технології стільникового та стаціонарного зв'язку. Мережі NGN і IMS, що є мультисервісними мережами, спроможні на сьогоднішній день надавати найширший спектр типів сервісів: базові та додаткові сервіси; інтелектуальні сервіси; сервіси, пов'язані з відео- та конференц-зв'язком; сервіси мобільних мереж і т.д.

З розвитком мультисервісних мереж та сервісів, особливо починаючи з появи концепції IMS, все більша увага приділяється якості надання сервісів (QoS). Пропонуються методи, аналітичні та імітаційні моделі для розрахунку показників якості наданих сервісів, а також якості функціонування мультисервісних мереж [2-7]. Крім того, значна увага приділяється питанням оцінки якості отриманих сервісів з точки зору користувачів сервісів. Питання стосовно оцінювання якості надання сервісів піднімаються в працях В. Стеклова, С. Кільчицького, В. Макарова, Б. Костіка [6], О. Лемешко [2] О. Ролика, Д. Галушко [7], І. Квятковської та ін.

До питань якості сервісів, підтримуваних мультисервісними мережами, зверталися такі автори як Т. Braun [4], Y. Jiang [5].

Проте в більшості робіт при оцінці якості надання сервісів враховуються інтереси лише користувачів або оцінка проводиться з урахуванням виключно мережних показників якості. Запропоновані підходи [2-7], однак, не враховують одночасно інтереси всіх учасників процесу надання сервісів – користувачів (абонентів), постачальників обладнання (мережних операторів), а також постачальників сервісів.

Необхідно відзначити, що завдяки постійно зростаючій різноманітності сервісів, котрі спроможні надати сучасні мультисервісні мережі, та збільшенню попиту на них серед користувачів, вирішення задачі оцінки якості надання сервісів обумовлює актуальність розробки методу визначення комплексного критерію якості надання сервісів з урахуванням всіх учасників процесу надання сервісів.

Мета статті. Розробити метод визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами з урахуванням всіх учасників процесу надання сервісів, а саме – користувачів, постачальників обладнання, а також постачальників сервісів.

Якість надання сервісів. Перш за все звернемо увагу на застосовувану термінологію в даній предметній області.

В рекомендації *ITU-T E.802* представлено чіткі визначення термінів «якість» та «якість обслуговування», або «якість надання сервісів» [8].

Якість – сукупність характеристик об'єкта, які обумовлені його здатністю задовольняти наявні і припускаючі потреби. Характеристики повинні бути такими, що спостерігаються і піддаються вимірюванню. Якщо характеристики визначені, вони стають параметрами, параметри виражаються в одиницях вимірювання.

Якість обслуговування (*QoS*) – сукупність характеристик сервісу електрозв'язку, які обумовлені його здатністю задовольняти заявлені і припускаючі потреби користувача сервісу. Або якість обслуговування – це сумарний ефект характеристик обслуговування, який визначає ступінь задоволеності користувача даною послугою.

Сучасні мультисервісні мережі об'єднують інтереси трьох сторін – постачальників сервісів, постачальників обладнання, користувачів мережі, роблячи можливим швидке і ефективно надання сервісу. Користувач може самостійно, не чекаючи, поки це зробить постачальник, підключити або відключити сервіс. Таким чином, користувач контролює плату за сервіс – платить лише за час користування. Це, в свою чергу, робить сервіси привабливіше, тобто попит на них зростає, завдяки чому збільшується в кінцевому підсумку прибуток постачальників сервісів. Разом з тим збільшується потреба в обладнанні, а це відповідно сприяє зростанню прибутку постачальників обладнання. Як бачимо, задовольняються інтереси відразу трьох сторін.

Тоді, очевидно, якість надання сервісів необхідно оцінювати з точки зору всіх учасників процесу. При цьому з точки зору кожного учасника якість сервісів буде мати своє значення.

Рис.1 демонструє модель мультисервісної мережі, що запропонована *ITU* [9], в якій показана відповідальність сторін – учасників процесу надання сервісів, а саме – користувачів (абонентів), постачальників обладнання (мережних операторів), а також постачальників сервісів.

Таким чином, виникає завдання визначення рівня якості надаваних сервісів з точки зору відповідальності сторін-учасників процесу, що є безумовно актуальним питанням.

Перш за все, для оцінки *QoS* необхідно визначити характеристики та показники якості сервісу і надати способи їх розрахунку. В рекомендаціях та стандартах *ITU* пропонується враховувати низку характеристик. В рекомендації *ITU-T E.800 QoS* асоціюється з різними типами характеристик, представлених на рис. 2.

Ступінь відповідності очікуваного рівня обслуговування може оцінюватися такими характеристиками [9]:

– зручність обслуговування (*service operability*) – оцінюють успішність і простоту користування сервісами;

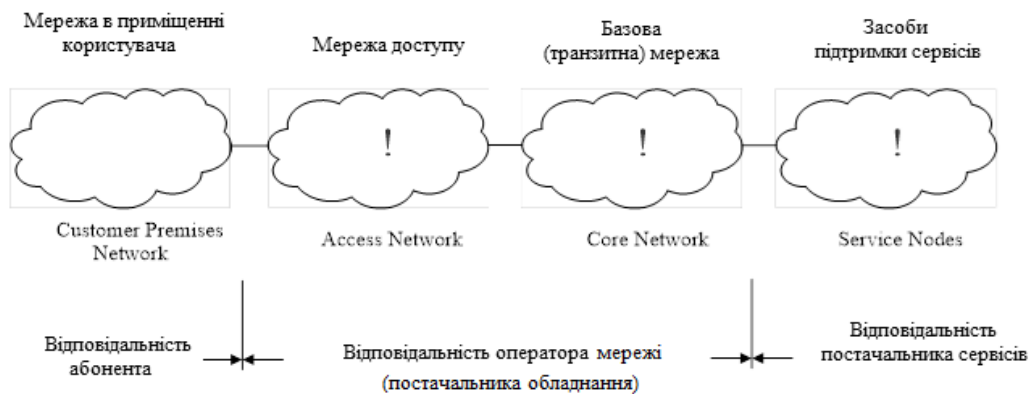


Рис. 1. Запропонована *ITU* модель мультисервісної мережі

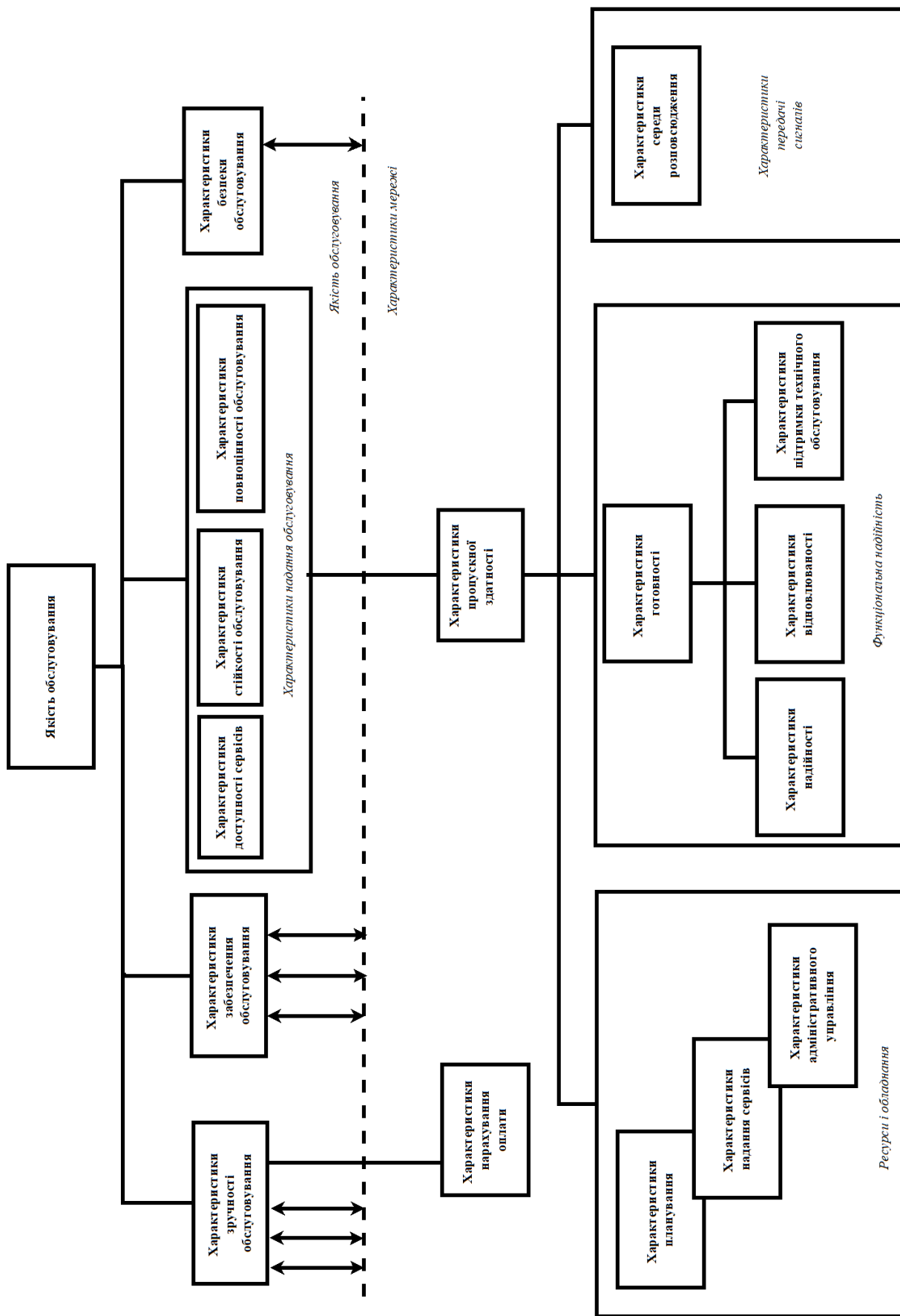


Рис. 2. Концепція якості

– забезпечення обслуговування (*service support*) – відображають здатність оператора (або іншого учасника інфокомунікаційного ринку) надавати сервіси і сприяти їх використанню;

– надання обслуговування (*serveability*). Ці характеристики, в свою чергу, діляться на три групи [9]:

- доступність сервісів (*service accessibility*) – оцінюють можливість їх отримання на вимогу користувача (із заздальгідь специфікованими допусками і з дотриманням інших заданих умов) і продовження обслуговування протягом запитаного інтервалу часу без помітного погіршення;

- стійкість обслуговування (*service retainability*) – визначають можливість користування отриманим сервісом з заданими атрибутами протягом запитаного інтервалу часу;

- повноцінність обслуговування (*service integrity*) – загальна міра того, що обслуговування, будучи отриманим, відбувається без значного погіршення;

– безпека обслуговування (*service security*). Характеристики безпеки обслуговування пов'язані з наступними аспектами функціонування мережі електров'язку: несанкціонований моніторинг, шахрайське використання, зловмисне пошкодження, неправильне застосування, помилка людини, стихійне лихо.

Всі надані характеристики обслуговування залежать від якості роботи мережі, а також від її функціональних можливостей.

Характеристики нарахування плати (*charging performance*) визначаються через ймовірність коректного нарахування плати з точки зору виду зв'язку, пункту призначення, часу доби і тривалості з'єднання.

Характеристики пропускну здатності (*trafficability performance*) визначають здатність технічних засобів обслуговувати трафік з певними параметрами. Ці характеристики розділені на три групи.

Терміни для першої групи – «Ресурси і обладнання» – поки ще остаточно і чітко не визначені.

Друга група названа функціональною надійністю (*dependability*). Цей збірний термін вказує на характеристики готовності (працездатності), з огляду на основні впливові фактори. Виділяються чотири важливі характеристики [9]:

- готовність (*availability*) – здатність технічного засобу виконати необхідні функції в даний момент часу або в будь-який момент всередині заданого інтервалу часу (при наявності відповідних зовнішніх ресурсів, якщо вони необхідні);

- надійність (*reliability*) – здатність технічного засобу виконувати необхідні функції при заданих умовах протягом певного інтервалу часу;

- відновлюваність (*maintainability*) – здатність технічного засобу в встановлених умовах його використання підтримати відновлення такого його стану, в якому він може виконувати необхідні функції

за умови, що технічне обслуговування проводиться із застосуванням встановлених процедур і ресурсів;

- підтримка технічного обслуговування (*maintenance support*) – здатність експлуатаційної компанії при заданих правилах технічного обслуговування на вимогу використовувати ресурси, необхідні для забезпечення працездатності певного технічного засобу.

До третьої групи відносяться характеристики передачі сигналів (*transmission performance*). Вони визначаються як рівень відтворення сигналу, переданого через систему зв'язку, яка знаходиться в працездатному стані. В рекомендації *ITU-T E.800* виділені характеристики середовища розповсюдження (*propagation performance*). Вони визначаються здатністю цього середовища забезпечувати проходження сигналу з заданими допусками без штучного регулювання цього процесу.

Існує низка Рекомендацій *ITU* щодо якості сервісів. Так, відповідно до Рекомендацій *ITU-T Y.1541* якість сервісів пропонується оцінювати за трьома показниками [10]:

- швидкість – це один з найважливіших показників, який характеризує якість надання більшості сервісів. Показник швидкості визначається контрольними термінами. Контрольні терміни – це максимальний час, протягом якого повинен бути наданий сервіс;

- точність і достовірність – це характеристики споживчих властивостей сервісу, тобто наскільки він придатний для використання;

- надійність – це властивість засобу зв'язку надавати якісні сервіси.

Переходячи до термінології сучасних мультисервісних мереж, на підставі [10] якість надання сервісу залежить від таких мережних показників:

- *IPTD* (затримка передачі пакету *IP* з інформацією управління);

- *IPDV* (змінна затримки пакета *IP*);

- *IPLR* (відсоток втрачених пакетів *IP*);

- *IPER* (відсоток помилкових пакетів *IP*).

Згідно з рекомендаціями *ITU-T I.380/Y.1540* для визначення якості обслуговування необхідно спиратися на формування таких показників [11, 12]:

- затримка перенесення пакетів;

- варіація затримки пакетів (джиттер);

- коефіцієнт втрати пакетів;

- коефіцієнт помилок по пакетах.

Розробка методу визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами.

В даній роботі на основі аналізу рекомендацій *ITU*, а також запропонованої *ITU* моделі мультисервісної мережі (рис. 1) для оцінки якості надання сервісів пропонується обрати показники для кожного учасника процесу та сформувані комплексний критерій якості, в якому ураховані показники якості на кожному етапі надання сервісів, що визначаються

користувачами, постачальниками обладнання, а також постачальниками сервісів.

Для отримання комплексного критерію якості запропоновано методичний підхід, що полягає у виконанні послідовності етапів:

1. Визначення ступеня впливу кожного учасника процесу надання сервісів на значення комплексного критерію якості.

2. Визначення показників якості для кожного учасника процесу надання сервісів.

3. Формування вагових коефіцієнтів для показників якості.

4. Оцінка значення, досягнутого кожним показником якості.

5. Визначення результуючої оцінки якості для кожного учасника процесу.

6. Визначення комплексного критерію якості надання сервісів.

В запропонованому методичному підході для оцінки якості надання сервісів з точки зору відповідальності сторін-учасників процесу визначення комплексного критерію якості K здійснюється таким чином, що підвищення якості надання сервісів забезпечується за умови зменшення значення комплексного критерію якості K .

Розглянемо виконання етапів запропонованого методичного підходу для оцінки якості надання сервісів з точки зору всіх учасників процесу.

Етап 1. Визначення ступеня впливу кожного учасника процесу на значення комплексного критерію якості надання сервісів K .

Для врахування ступеня важливості кожного учасника процесу, а саме – ступеня його впливу на результат – комплексний критерій якості надання сервісів – методом експертних оцінок кожному i -му учаснику процесу присвоюється «вага» W_i в прийнятій системі оцінок. Якщо експерти дійдуть висновку, що вплив на результат усіх учасників процесу однаковий, то виставляються однакові «ваги» W_i . Отримані значення W_i нормуються, тобто:

$$\sum_{i=1}^m W_i = 1 \quad (i - \text{номер учасника процесу, } i = \overline{1, m},$$

m – кількість учасників процесу).

Етап 2. Визначення показників якості для кожного учасника процесу.

Для кожного учасника процесу формування комплексного критерію якості надання сервісів – постачальника сервісів, постачальника устаткування, користувачів мережі – визначаються показники, які необхідно враховувати при формуванні комплексного критерію (будемо надалі ці показники називати «підкритерії»).

В даній роботі якість надання сервісів з точки зору користувачів запропоновано оцінювати за допомогою значення показника \bar{Z} – ступеня задоволеності користувачів якістю отриманого сервісу, який формується в результаті поєднання різних елементів, що не залежать один від одного: клієнтсько-

го обладнання \bar{E}_u , транспорту сервісу \bar{T}_s , забезпечення сервісу \bar{P}_s та створення контенту \bar{C}_c [13].

З точки зору постачальників сервісів якість запропоновано оцінювати складністю впровадження логіки обслуговування і адміністрування $\bar{S}t$ і кількістю вдало наданих сервісів \bar{S} , за рахунок чого на них буде зростати попит. Відзначимо, що складність впровадження логіки обслуговування і адміністрування – це підкритерій, досягнутий рівень значення якого встановлюється методом експертних оцінок.

З точки зору постачальника обладнання на підставі Рекомендації Y.1541 [10] якість запропоновано оцінювати наступними показниками: часом надання послуги \bar{T}_{cs} , довжиною черги \bar{L} , в яку потрапляє заявка для обслуговування на сервері, ймовірністю відмови в наданні сервісу \bar{P}_B . На додаток до зазначених підкритеріїв відповідно до рекомендацій ITU до мереж майбутнього [14], в якості підкритеріїв пропонуються наступні показники: структурна живучість \bar{P} і структурна надійність обладнання мультисервісної мережі \bar{R} . Крім того, запропоновано враховувати підкритерій вартості обладнання мультисервісної мережі – \bar{C} .

Етап 3. Формування вагових коефіцієнтів для підкритеріїв.

Для врахування ступеня важливості кожного підкритерію кожного учасника процесу, а саме – ступеня його впливу на результат – комплексний критерій якості надання сервісів K – методом експертних оцінок визначаються вагові коефіцієнти V_{ij} , де j – номер підкритерію i -го учасника процесу. Значення отриманих вагових коефіцієнтів нормуються для кожного i -го учасника процесу, тобто $\sum_{j=1}^m V_{ij} = 1$

(i – номер учасника процесу, $i = \overline{1, m}$, m – кількість учасників процесу; n_i – кількість підкритеріїв i -го учасника процесу; для кожного i -го учасника значення n_i може бути різним).

Етап 4. Оцінка значення, досягнутого кожним підкритерієм.

Для кожного учасника процесу для кожного з підкритеріїв визначаються максимально або мінімально допустимі (в залежності від виду підкритерію) і поточні значення (у відповідних одиницях виміру або в балах).

Визначаються відносні оцінки O_{ij} для кожного підкритерію. Відносна оцінка формується як добуток відношення поточного значення показника на його максимально можливе допустиме значення (або на основі відношення мінімально можливого допустимого значення показника до поточного значення показника) на ваговий коефіцієнт V_{ij} підкритерію, визначений на етапі 3.

Етап 5. Визначення результуючої оцінки для кожного учасника процесу.

На цьому етапі визначається результуюча – сумарна зважена оцінка за всіма підкритеріями для кожного i -го учасника процесу:

$$A_i = \sum_{j=1}^{n_i} O_{ij}, \quad (1)$$

Тут O_{ij} – відносні оцінки, отримані для j -го підкритерію i -го учасника процесу, визначені на етапі 4;

i – номер учасника процесу, $i = \overline{1, m}$, m – кількість учасників процесу;

j – номер підкритерію i -го учасника процесу, $j = \overline{1, n_i}$, n_i – кількість підкритеріїв i -го учасника процесу.

Етап 6. Визначення комплексного критерію якості.

Визначається значення комплексного критерію якості для мультисервісної мережі. Маючи значення результуючої оцінки A_i для кожного i -го учасника процесу (1), знаходимо комплексний критерій якості K для мультисервісної мережі (2):

$$K = \sum_{i=1}^m A_i W_i. \quad (2)$$

В даній роботі запропоновано також процедуру забезпечення комплексному критерію якості у відповідності з заданими вимогами значення $K_{\text{зад}}$ чи визначення того, що потрібне значення комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$ в даній системі не може бути досягнуто.

Для оцінки досягнутого рівня якості надання сервісів мультисервісною мережею необхідно порівняти отримане значення комплексного критерію якості K з заданим значенням критерію якості $K_{\text{зад}}$ (визначається на основі рекомендацій, стандартів, чи може задаватися експертами).

У випадку якщо:

$$K > K_{\text{зад}}, \quad (3)$$

необхідно здійснити зміну значень складових виразу (2), якщо це можливо.

Запропонована процедура забезпечення заданого рівня комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$ складається з наступних кроків.

1. Визначення максимального доданку $A_i W_i$ виразу (2) – $\max(A_i W_i)$.

Враховується добуток $A_i W_i$ ($i = \overline{1, m}$), а не лише сумарна зважена оцінка A_i , оскільки суттєве значення має «вага» W_i кожного учасника процесу надання сервісів.

2. Визначення в множині оцінок $\{O_{ij}\}$ доданку $\max(A_i W_i)$ оцінки, що має максимальне значення – $\max\{O_{ij}\}$ – $\max O_{ij}$, тобто тієї, яка найбільше впливає на значення складової $\max(A_i W_i)$ комплексного критерію K .

3. Визначення можливості впливу на відповідне даній оцінці $\max O_{ij}$ значення підкритерію з метою зменшення обраної на кроці 1 складової – доданку $\max(A_i W_i)$ – комплексного критерію K . Якщо можливість існує, вона реалізується і здійснюється перехід до кроку 4 процедури. Якщо можливість не існує, обирається наступна найбільша оцінка O_{ij} доданку $\max(A_i W_i)$ і виконуються дії кроку 3 доти, доки це необхідно чи можливо для отримання заданого значення критерію – $K_{\text{зад}}$.

4. Визначення значення комплексного критерію якості K . Якщо $K > K_{\text{зад}}$ і при цьому дії кроку 3 процедури щодо усіх підкритеріїв доданку $\max(A_i W_i)$ було виконано, обирається наступне найбільше значення доданку $A_i W_i$ і здійснюється перехід до виконання кроків 2 і 3 процедури. Ці дії виконуються доти, доки не буде виконана умова: $K \leq K_{\text{зад}}$, чи не буде визначено, що потрібне значення комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$ в даній системі не може бути досягнуто.

Приклад розрахунку комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісною мережею.

І. Оцінка підкритеріїв користувачів – першого учасника процесу надання сервісів ($i = 1$)

Для користувачів застосовуються наступні підкритерії (у відповідності з моделлю чотирьох ринків) [13]:

- Клієнтське устаткування \overline{E}_u ;
- Транспорт сервісу \overline{T}_s ;
- Забезпечення сервісу \overline{P}_s ;
- Створення контенту \overline{C}_c .

Позначимо підкритерії \overline{E}_u , \overline{T}_s , \overline{P}_s , \overline{C}_c через Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 , відповідно.

Для більш точного визначення значення кожного з підкритеріїв запропоновано застосовувати показники якості x_{gj} (g -й показник j -го підкритерію), що впливають на значення кожного з підкритеріїв. В табл. 1. задані підкритерії якості Y_j , а також кількість показників для j -го підкритерію, що впливають на значення кожного з підкритеріїв. В табл. 2, 3 та 4 використовуються наступні позначення:

- x_{gj} – поточне значення g -го показника j -го підкритерію;
- x_{gjet} – еталонне значення g -го показника j -го підкритерію;
- N_{gj} – «вага» g -го показника j -го підкритерію.

Для кожного учасника процесу для кожного з підкритеріїв визначаються еталонні – а саме максимально або мінімально допустимі (залежно від виду підкритерію) – і поточні значення (у відповідних одиницях виміру або в балах).

Значення всіх показників наведено у бальній системі оцінок (застосована п'ятибальна система).

Таблиця 1

Вхідні дані				
Підкритерій Y_i	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
Кількість показників	5	6	5	5

В табл. 2. наведено значення еталонних (максимально або мінімально допустиме значення) і поточних показників якості підкритерію Y_1 «Клієнтське обладнання».

Таблиця 2

Вхідні значення показників якості підкритерію Y_1 «Клієнтське обладнання»

N п/п	Показники якості	x_{g1} бал	N_{g1}	x_{g1er} бал
x_{11}	простота вибору і відтворення	4,5	0,20	5
x_{21}	простота навігації і загрузки	4,55	0,20	5
x_{31}	ємкість пристрою пам'яті	3,0	0,19	5
x_{41}	якість відтворення	4,0	0,21	5
x_{51}	ергономіка пристроїв	4,0	0,18	5

Розрахуємо еталонне та поточне значення підкритерію «Клієнтське обладнання»:

$$Y_{1er} = \sum_{g=1}^5 x_{g1er} N_{g1} = 5,$$

$$Y_1 = \sum_{g=1}^5 x_{g1} N_{g1} = 4,0835.$$

В табл. 3 наведені значення еталонних і поточних показників якості підкритерію Y_2 «Транспорт сервісу».

Таблиця 3

Вхідні значення показників якості підкритерію Y_2 «Транспорт сервісу»

N п/п	Показники якості	x_{g2} бал	N_{g2}	x_{g2er} бал
x_{12}	смуга пропускання	4,0	0,2	5
x_{22}	мережна затримка	3,0	0,3	5
x_{32}	варіація затримки і помилки	4,5	0,1	5
x_{42}	колізії	4,7	0,1	5
x_{52}	двостороння затримка «сервер + додаток + мережа»	3,0	0,2	5
x_{62}	спотворення	4,0	0,1	5

Розрахуємо еталонне та поточне значення підкритерію Y_2 «Транспорт сервісу»:

$$Y_{2er} = \sum_{g=1}^6 x_{g2er} N_{g2} = 5,$$

$$Y_2 = \sum_{g=1}^6 x_{g2} N_{g2} = 3,62.$$

В табл. 4. наведені значення еталонних та поточних показників якості підкритерію Y_3 «Забезпечення сервісу».

Таблиця 4

Вхідні значення показників якості підкритерію Y_3 «Забезпечення сервісу»

N п/п	Показники якості	x_{g3} бал	N_{g3}	x_{g3er} бал
x_{13}	простота навігації при пошуку музики	4,4	0,21	5
x_{23}	безпека	3,0	0,22	5
x_{33}	коректність умов контрактів	3,0	0,19	5
x_{43}	цінова політика, види тарифікації	4,0	0,18	5
x_{53}	підтримка клієнтів	4,5	0,20	5

Розрахуємо еталонне та поточне значення підкритерію Y_3 «Забезпечення сервісу»:

$$Y_{3er} = \sum_{g=1}^5 x_{g3er} N_{g3} = 5,$$

$$Y_3 = \sum_{g=1}^5 x_{g3} N_{g3} = 3,774.$$

В табл. 5 наведені значення еталонних та поточних показників якості підкритерію Y_4 «Створення контенту».

Таблиця 5

Вхідні значення показників якості підкритерію Y_4 «Створення контенту»

N п/п	Показники якості	x_{g4} бал	N_{g4}	x_{g4er} бал
x_{14}	актуальність контенту	4,0	0,21	5
x_{214}	технічна якість вхідного контенту	3,0	0,21	5
x_{34}	популярність контенту і виконавців	4,5	0,19	5
x_{44}	можливість перетворення вхідного контенту в інші формати з мінімальними спотвореннями	4,0	0,21	5
x_{54}	аспекти протидії піратству і дотримання прав інтелектуальної власності	5,0	0,18	5

Розрахуємо еталонне та поточне значення підкритерію Y_4 «Створення контенту»:

$$Y_{4er} = \sum_{g=1}^5 x_{g4er} N_{g4} = 5,$$

$$Y_4 = \sum_{g=1}^5 x_{g4} N_{g4} = 4,065 .$$

В табл. 6 зведені значення еталонних та поточних значень підкритеріїв якості. В табл. 6 застосовано наступні позначення:

j – номер підкритерію;

V_{1j} – «вага» j -го підкритерію першого учасника процесу надання сервісу;

O_{ij} – оцінка, що отримана у відповідності до розрахунків, представлених на етапі 4.

Таблиця 6

Еталонні і поточні значення підкритеріїв				
j	Y_{jet} бал	V_{1j}	Y_j бал	Оцінка O_{ij}
1	5	0,25	4,0835	0,204
2	5	0,26	3,6200	0,188
3	5	0,26	3,7740	0,196
4	5	0,23	4,0650	0,187

Результуюча оцінка A_1 для першого учасника процесу надання сервісів складає:

$$A_1 = 0,204 + 0,188 + 0,196 + 0,187 = 0,775.$$

II. Оцінка підкритеріїв постачальників сервісів ($i = 2$)

З точки зору постачальників сервісів якість надання запропоновано оцінювати складністю впровадження логіки обслуговування і адміністрування \bar{St} і кількістю вдало наданих сервісів \bar{S} . Задамо значення \bar{St} в бальній системі оцінок (застосована п'ятибальна система), а \bar{S} – у вигляді відсотків. Поточне, еталонне значення та вага підкритеріїв представлені в табл. 7.

Таблиця 7

Поточне та еталонне значення підкритеріїв постачальників сервісів			
Підкритерії якості	Еталонне значення	Поточне значення	Вага підкритеріїв (V_{2j})
1. Складність впровадження логіки обслуговування і адміністрування \bar{St}	1 бал	3 бала	0,7
2. Кількість вдало наданих сервісів \bar{S}	100%	95%	0,3

Розрахуємо оцінку O_{ij} для кожного з підкритеріїв:

$$O_{21} = \frac{0,7 \cdot 1}{3} \approx 0,233 ,$$

$$O_{22} = \frac{0,3 \cdot 95}{100} = 0,285 .$$

Визначимо результуючу – сумарну зважену оцінку A_2 по всіх підкритеріях для другого учасника процесу:

$$A_2 = \sum_{j=1}^2 O_{2j} = 0,233 + 0,285 = 0,518 .$$

III. Оцінка підкритеріїв постачальників устаткування ($i = 3$)

З точки зору постачальників устаткування якість надання сервісів оцінюється наступними підкритеріями: часом надання сервісу \bar{T}_{cs} , довжиною черги, в яку потрапляє заявка для обслуговування на сервері \bar{L} , ймовірністю відмови в наданні сервісу \bar{P}_B . На додаток до вказаних підкритеріїв запропоновано наступні показники: структурна живучість \bar{P} і структурна надійність \bar{R} обладнання мультисервісної мережі. Крім того, в якості підкритерію пропонується враховувати вартість обладнання мультисервісної мережі – \bar{C} .

Поточне, еталонне значення та вага підкритеріїв представлені в табл. 8.

Таблиця 8

Поточне та еталонне значення підкритеріїв постачальників устаткування			
Підкритерії якості	Еталонне значення	Поточне значення	Вага підкритеріїв (V_{3j})
1. Час надання сервісу \bar{T}_{cs}	100 мс	120 мс	0,2
2. Довжина черги \bar{L}	10	80	0,2
3. Ймовірність відмови в наданні сервісу \bar{P}_B	$1 \times 10^{-3} \%$	$1,2 \times 10^{-3} \%$	0,3
4. Структурна живучість \bar{P}	100%	95%	0,1
5. Структурна надійність \bar{R}	100%	90%	0,1
6. Вартість \bar{C}	3 млн. у.о.	5 млн. у.о.	0,1

Розрахуємо оцінку O_{ij} для кожного з підкритеріїв:

$$O_{31} = \frac{0,2 \cdot 100}{120} = 0,167 ;$$

$$O_{32} = \frac{0,2 \cdot 10}{80} = 0,025 ;$$

$$O_{33} = \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{1,2 \times 10^{-3}} = 0,25 ;$$

$$O_{34} = \frac{0,1 \cdot 95}{100} = 0,095 ;$$

$$O_{35} = \frac{0,1 \cdot 90}{100} = 0,09 ;$$

$$O_{36} = \frac{0,1 \cdot 3}{5} = 0,06 .$$

Визначимо результуючу – сумарну зважену оцінку A_3 по усіх підкритеріях для третього учасника процесу:

$$A_3 = \sum_{j=1}^6 O_{3j} = 0,167 + 0,025 + 0,25 + 0,095 + 0,09 + 0,06 = 0,687$$

IV. *Визначення значення результуючого комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами*

Маючи значення результуючої оцінки A_i для кожного i -го учасника процесу, на основі виразу (2) знаходимо комплексний критерій якості K (табл. 9).

В табл. 9 «вага» учасників процесу визначена на підставі експертних оцінок.

Таблиця 9

«Вага» кожного учасника процесу у прийнятій системі оцінок

Учасники процесу	«Вага»
Користувач мережі	0,4
Постачальник сервісів	0,3
Постачальник обладнання	0,3

Тоді значення комплексного критерію якості K з урахуванням інтересів усіх учасників процесу:

$$K = 0,775 \cdot 0,4 + 0,518 \cdot 0,3 + 0,687 \cdot 0,3 = 0,669$$

Висновки.

В даній роботі досягнута поставлена мета – представлено розроблений метод визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами з урахуванням всіх учасників процесу надання сервісів, а саме – користувачів, постачальників обладнання, а також постачальників сервісів. Наведено етапи, тобто послідовність дій, що надають можливість визначити: ступень впливу кожного учасника процесу надання сервісів на значення комплексного критерію якості, показники якості для кожного учасника процесу, результуючу оцінку якості для кожного учасника процесу, а також значення комплексного критерію якості надання сервісів. Представлена процедура, що надає можливість забезпечення значення комплексного крите-

рію якості $K_{\text{зад}}$ у відповідності з заданими вимогами чи визначення того, що потрібне значення комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$ в даній системі не може бути досягнуто. Виконано приклад застосування розробленого методу, що показало працездатність методу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що запропоновано метод, який надає можливість визначення комплексного критерію якості надання сервісів мультисервісними мережами з урахуванням всіх учасників процесу надання сервісів, а саме – користувачів, постачальників обладнання, а також постачальників сервісів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропонований метод надасть можливість проектувальникам мультисервісних мереж на ранніх етапах проекту визначити потрібні мережні ресурси для забезпечення необхідного значення якості надання сервісів з урахуванням інтересів усіх учасників процесів надання сервісів.

Перспективи подальших досліджень складаються в розвитку запропонованого методу в напрямку визначення переліку підкритеріїв кожного учасника процесів надання сервісів. Крім того, в подальшому слід визначити, яким чином може задаватися потрібне значення комплексного критерію якості $K_{\text{зад}}$.

Література

1. Князева Н.О. Управління інтелектуальними сервісами в мережах наступного покоління [Текст] / Н.О. Князева, С.В. Шестопапов – Одеса: ТОВ Плутон, 2017. – 268с.
2. Лемешко А.В. Обеспечение гарантированного качества обслуживания при решении задач управления трафиком в инфокоммуникационных сетях военного назначения [Текст] / А.В. Лемешко, Ю.Н. Добрышкин, К.С. Васюта // Збірник наукових праць ХУ ПС. – Х.: ХУ ПС. – Вип. 1(4), 2009. – С. 130-136.
3. Zhang Y. Fast Accurate Computation of Large-Scale IP Traffic / Y. Zhang, M. Roughan, N. Duffield, A. Greenberg // Matrices from Link Loads. – ACM SIGMETRICS. – 2003. – pp. 206-217.
4. Braun T. End-to-End Quality of Service Over Heterogeneous Networks / T. Braun, M. Diaz, J. Gabeiras, T. Staub – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
5. Jiang Y. Stochastic Network Calculus / Y. Jiang, Y. Liu. – Springer-Verlag London Limited, 2008. – P. 229.
6. Стеклов В.К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В.К. Стеклов, Б.Я. Костік, Л. Н. Беркман. – К.: Техніка, 2005. – 395 с.
7. Оценка качества предоставления мультимедийных сервисов с использованием нейросетевого классификатора / [А.И. Ролик, Д.А. Галушко, В. В. Барна и др.] Весник НТУУ «КПИ». Информатика, управление и вычислительная техника. – Вип. 63, 2015. – Издательство: ВЕК+. – С. 25-30.
8. Принципы и методики определения и применения параметров: ITU-R Recommendation E.802. – [Действительна от 2007-02-08]. – Женева: Study Group, 2007. – 38 с.
9. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and defini-

- tions, related to Quality of Services and network performance including dependability: ITU-R Recommendation E.800. – [Effective from 2008-09-23]. – Geneva: Study Group, 2009. – 30 p.
10. Network Performance Objectives for IP-Based Services: ITU-T Recommendation Y.1541. – [Effective from 2003-08-01]. – Geneva: Study Group, 2002. – 50 p.
 11. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation I.380. – [Effective from 1999-02-26]. – Geneva: Study Group, 1999. – 33 p.
 12. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation Y.1540. – [Effective from 2016-07-29]. – Geneva: Study Group, 2016. – 51 p.
 13. Князева Н.А. Оценка качества услуг связи с позиций удовлетворенности потребителей / Н.А. Князева, А.С. Кальченко // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8. – Budapest: 2013. – P. 156-161.
 14. Future Networks: Objectives and Design Goals: ITU-T Recommendation Y.3001 – [Effective from 2011-05-20]. – Geneva: Study Group, 2011. – 22 p.
 11. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation I.380. – [Effective from 1999-02-26]. – Geneva: Study Group, 1999. – 33 p.
 12. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation Y.1540. – [Effective from 2016-07-29]. – Geneva: Study Group, 2016. – 51 p.
 13. Князева Н.А. Otsenka kachestva usluh svyazy s pozytyui udovletvorennosti potrebytelei / N.A. Knyazeva, A.S. Kalchenko // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8. – Budapest: 2013. – P. 156-161.
 14. Future Networks: Objectives and Design Goals: ITU-T Recommendation Y.3001 – [Effective from 2011-05-20]. – Geneva: Study Group, 2011. – 22 p.

References

1. Knyazeva N.O. Upravlinnia intelektualnykh servisamy v merezhakh nastupnoho pokolinnia [Tekst] / N.O. Knyazeva, S.V. Shestopalov – Odesa: TOV Pluton, 2017. – 268s.
2. Lemeshko A.V. Obespechenye harantirovannogo kachestva obsluzhyvaniya pry reshenii zadach upravleniya trafikom v ynfokommunikatsionnykh setiakh voennogo naznacheniya [Tekst] / A.V. Lemeshko, Yu.N. Dobryshkyn, K.S. Vasiuta // Zbirnyk naukovykh prats KhU PS. – Kh.: KhU PS. – Vyp. 1(4), 2009. – S. 130-136.
3. Zhang Y. Fast Accurate Computation of Large-Scale IP Traffic / Y. Zhang, M. Roughan, N. Duffield, A. Greenberg // Matrices from Link Loads. – ACM SIGMETRICS. – 2003. – pp. 206-217.
4. Braun T. End-to-End Quality of Service Over Heterogeneous Networks / T. Braun, M. Diaz, J. Gabeiras, T. Staub – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
5. Jiang Y. Stochastic Network Calculus / Y. Jiang, Y. Liu. – Springer-Verlag London Limited, 2008. – P. 229.
6. Steklov V.K. Suchasni systemy upravlinnia v telekomunikatsiiakh / V.K. Steklov, B.Ia. Kostik, L. N. Berkman. – K.: Tekhnika, 2005. – 395 s.
7. Otsenka kachestva predostavlenniy multymediynykh servysov s yspolzovaniem neirosetevoho klasyfikatora / [A.Y. Rolyk, D.A. Halushko, V. V. Barna y dr.] Vesnyk NTUU «KPU». Ynformatyka, upravlenye y vychyslytelnaia tekhnika. – Vyp. 63, 2015. – Yzdatelstvo: VEK+. – С. 25-30.
8. Pryntsyury y metodyky opredeleniya y pryumeneniya parametrov: ITU-R Recommendation E.802. – [Deistvytelna ot 2007-02-08]. – Zheneva: Study Group, 2007. – 38 s.
9. Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions, related to Quality of Services and network performance including dependability: ITU-R Recommendation E.800. – [Effective from 2008-09-23]. – Geneva: Study Group, 2009. – 30 p.
10. Network Performance Objectives for IP-Based Services: ITU-T Recommendation Y.1541. – [Effective from 2003-08-01]. – Geneva: Study Group, 2002. – 50 p.
11. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation I.380. – [Effective from 1999-02-26]. – Geneva: Study Group, 1999. – 33 p.
12. Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters: ITU-T Recommendation Y.1540. – [Effective from 2016-07-29]. – Geneva: Study Group, 2016. – 51 p.
13. Князева Н.А. Otsenka kachestva usluh svyazy s pozytyui udovletvorennosti potrebytelei / N.A. Knyazeva, A.S. Kalchenko // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science. Vol. 8. – Budapest: 2013. – P. 156-161.
14. Future Networks: Objectives and Design Goals: ITU-T Recommendation Y.3001 – [Effective from 2011-05-20]. – Geneva: Study Group, 2011. – 22 p.

Князева Н.А., Шестопалов С.В., Лысенко Н.А. Метод определения комплексного критерия качества предоставления сервисов мультисервисными сетями

С развитием мультисервисных сетей, особенно начиная с появления концепции IMS, предоставляется широкий спектр типов сервисов, к которым на сегодняшний день все большее внимание уделяется качеству предоставления услуг. Кроме того, значительное внимание уделяется вопросам оценки качества полученных сервисов с точки зрения пользователей. В данной работе отмечен существенный рост спроса на услуги, которые предоставляют мультисервисные сети. Поэтому определение качества предоставления сервисов является безусловно актуальной задачей. Отмечено, что при определении качества сервисов необходимо учитывать интересы всех участников предоставления услуг, а именно - пользователей (абонентов), поставщиков оборудования (сетевых операторов), а также поставщиков сервисов. Статья посвящена разработке метода определения комплексного критерия качества предоставления сервисов мультисервисной сети с учетом всех участников процесса предоставления услуг, а именно - пользователей, поставщиков оборудования, а также поставщиков сервисов. Предложены показатели (подкритерии) качества предоставления сервисов для каждого участника процесса. Предложен метод определения комплексного критерия качества предоставления услуг мультисервисной сети с последовательностью действий, которые дают возможность определить: степень влияния каждого участника процесса предоставления услуг на значение комплексного критерия качества, показатели качества и результирующую оценку качества для каждого участника процесса, а также значение комплексного критерия качества предоставления сервисов. Представлена процедура обеспечения комплексного критерия качества в соответствии с заданными требованиями Kзад или определение того, что нужное значение комплексного критерия качества Kзад в данной системе не может быть достигнуто. Приведен пример расчета комплексного критерия качества предоставления услуг мультисервисной сетью с учетом всех участников процесса предоставления сервисов.

Ключевые слова: мультисервисная сеть, качество предоставления сервисов, QoS, комплексный критерий качества.

**Kniazieva N.O., Shestopalov S.V., Lysenko N.O.
Method for determining a comprehensive quality criterion
for the provision of services by multiservice networks**

The development of multiservice networks, especially with the advent of the IMS concept, provides a wide range of types of services, to which today more and more attention is paid to the quality of service delivery. Considerable attention is paid to the issue of assessing the quality of services received as users. In this paper, attention is paid to a significant increase in demand for services that provide multi-service networks. Therefore, the determination of the quality of service is certainly an urgent task. It was noted that in order to determine the quality of services, it is necessary to take into account the interests of all participants in their provision, namely, users (subscribers), equipment suppliers (network operators), as well as service providers. The article is devoted to the development of a method for determining a comprehensive quality criterion for the provision of multiservice network services, taking into account all participants in the process of their provision. Namely, they take into account users, equipment suppliers, as well as service providers. The indicators (subcriteria) of the quality of service for each participant in the process are proposed. A method is proposed for determining a comprehensive quality criterion for the provision of multiservice network services. The sequence of actions is considered, which makes it possible to determine the following: the degree of influence of each participant in the process of providing

services on the value of a comprehensive quality criterion; indicators and the resulting quality assessment for each participant in the process; the importance of a comprehensive criterion for the quality of service. A procedure for providing a comprehensive quality criterion in accordance with specified requirements or determining that the required value of a comprehensive quality criterion in this system cannot be achieved is presented. An example of calculating a comprehensive quality criterion for the provision of services by a multiservice network is given taking into account all participants in the process of providing services.

Keywords: multiservice network, quality of service, QoS, integrated quality criterion.

Князева Н.О. – д.т.н., проф. кафедри комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій
Шестопалов С.В. – к.т.н., доц. кафедри комп'ютерної інженерії, Одеська національна академія харчових технологій
Лисенко Н.О. – Одеська національна академія харчових технологій

Стаття подана 19.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-35-37>

УДК 544.478.12

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЛИБОКОГО ОКИСЛЕННЯ ІЗОПРОПІЛОВОГО СПИРТУ В УМОВАХ ТЕХНОЛОГІЇ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ

Король Д.Р., Філіпс Т.Ч., Кудрявцев С.О.

STUDYING THE PROCESS OF DEEP OXIDATION OF ISOPROPYL ALCOHOL USING AEROSOL NANOCATALYSIS TECHNOLOGY

Korol D.R., Philips T. C., Kudryavtsev S.O.

Досліджено процес глибокого окислення ізопропілового спирту в умовах технології аерозольного нанокаталізу. Процес проводили в реакторі з віброзрідженим шаром, каталізатор Fe_2O_3 . Відзначено, що основним фактором в даній технології є механохімічна активація каталізатора. Вона дозволяє регулювати режим віброзрідження з метою отримання необхідних продуктів реакції. Результати роботи дозволили визначити ступінь перетворення спирту у процесі окислення ізопропілового спирту з метою його глибокого окислення і отримання вільної енергії для подальшого його застосування, наприклад в каталітичних генераторах тепла.

Ключові слова: аерозольний нанокаталіз, ізопропіловий спирт, каталітична система, віброзріджений шар

Введення. Найпоширеніші процеси у світі - це реакції окислення. В результаті цього процесу у нас є енергія або тепло. Відомо, що окислення - це хімічна реакція, обумовлена приєднанням атомів кисню до атомів інших елементів. Найпоширеніший процес окислення - це окислення спиртів. При класичному способі окислення спиртів отримують карбонільне з'єднання. Структура цих сполук залежить від того, який спирт: будь то первинний, вторинний або третинний.

Реакція глибокого окислення спиртів - екзотермічний процес. Наприклад, тепловий ефект окислення етанолу становить 1367 кДж / моль. Ізопропіловий спирт був менш вивчений як реагент. Однак він є вторинним продуктом під час рафінування і його питома теплота згоряння становить близько 34,1 МДж / кг. Також спирт є найбільш екологічним реагентом.

Мета роботи - дослідження впливу технології аерозольного нанокаталізу на процес окислення органічної речовини, у даному випадку ізопропілового спирту.

Вибір напрямку досліджень. У минулому процесі горіння ініціювались термічно або полум'ям, і цей процес діяв при дуже підвищеній температурі, що призвело до викидів NO_x , які виявились дуже згубними для екосистеми через їх нестабільну природу в умовах навколишнього середовища, оскільки вони дисоціювали повільно. Викидів NO_x можна уникнути, не спричиняючи високотемпературних процесів, а цього можна досягти, використовуючи каталітичне спалювання. Пошуки більш ефективних технологій каталітичного згоряння, що мінімізують викид шкідливих органічних сполук у навколишнє середовище, призвели до застосування технології аерозольного нанокаталізу з використанням вібраційного реактора з псевдозрідженим шаром при спалюванні ізопропілового спирту.

Аналітичний огляд. Протягом 24 років постійно проводять системні дослідження технології. Перші роботи були виконані колективом Севедро-нецького технологічного інституту (СТІ), а потім системні дослідження проводили в інституті ДНДП «Хімтехнологія» (м. Севедро-нецьк). В даний час роботи продовжують проводити в Східноукраїнському національному університеті ім. В. Даля на кафедрі хімічної інженерії та екології

Спочатку технологія аерозольного нанокаталізу була реалізована в апараті з рухом каталітичної системи в режимі псевдозрідженого шару (ПЗШ). Цей процес називається аерозольним нанокаталізом в псевдозрідженому шарі (AnCFB - Aerosol nanoCatalysis with Fluidized Bed). В даному процесі механохімічна активація каталізатора здійснювалася за рахунок псевдозрідження диспергуючого матеріалу. У цьому варіанті технологія вимагала значних витрат реагентів і дотримання вузьких габаритних режимів.

На наступному етапі розвитку технології AnC було запропоновано проводити дослідження на установках з віброударним або віброзрідженим шаром (ВЗШ), де механохімічна активація каталізатору здійснюється за рахунок вертикальних зворотно-поступальних рухів реактора і каталітичної системи, що знаходиться всередині нього [1]. Процес був названий аерозольним нанокаталізом в віброзрідженому шарі (AnCVB - Aerosol nanoCatalysis with Vibrating Bed). Потужність такого реактора виявилась вищою, ніж у реактора з ПЗШ., Технологія ВЗШ дала нові можливості управління кінетикою процесів [2].

В цілому, запропонована технологія AnC забезпечила:

- наявність в реакторі аерозолу каталізатора;
- каталітичну систему, що включає каталізатор і постійно диспергируючий його матеріал (переважно діаметром 1-2 мм і кулястої форми);
- постійну механохімічну активацію поверхні наночастинок з підвищенням і підтримкою високої активності каталізатора;
- збільшення швидкості хімічної реакції в до 10^6 разів в розрахунку на масу каталізатора та адекватне зниження концентрації каталізатора до $0,3\text{-}5 \text{ г/м}^3$ реакційного обсягу;
- зменшення обсягу реактора в 2-10 разів;
- рівна доступність для реагентів поверхні каталізатора;
- можливість каталітичної взаємодії газів з твердими і смолоподібними реагентами.

Результати експерименту та їх обговорення.

Експериментальна установка (рис. 1) складається з реактора 1, який містить в собі сітку для запобігання випаданню каталізатора. З реактора по лінії відводу 8 відводяться гази окислення. Температура реактора 1 контролюється за допомогою термодари, для якої в реакторі зроблена кишенька 3, і регулюється за допомогою електропідігрівача 2, який представляє з себе ніхромову спіраль з керамічними вставками, яка має кільцеву форму і рівномірно підігріває реактор. Магнітний вібропристрій 6 - електромагнітна котушка, яка забезпечує зворотно-поступальний рух реакторної частини. За допомогою блоку управління 4 є можливість варіювати такі параметри як температура процесу і частота коливання реакторної частини. Через лінії 5 і 7 в реактор подається повітря і ізопропіловий спирт за допомогою компресора і дозатора відповідно

Порядок роботи установки наступний. Спочатку живлення. Потім калібрують ротаметр і дозатор для отримання коректних значень витрати повітря і спирту відповідно. Після калібрування включається компресор і за допомогою ротаметра регулюється кількість необхідного повітря. За компресором включається дозатор, який подає з певною витратою основне паливо - ізопропіловий спирт. Потрапляючи в реактор, між молекулами спирту і повітря відбувається хімічна взаємодія на поверхні каталізатору. Гази окислення відводяться по лінії з реактора.

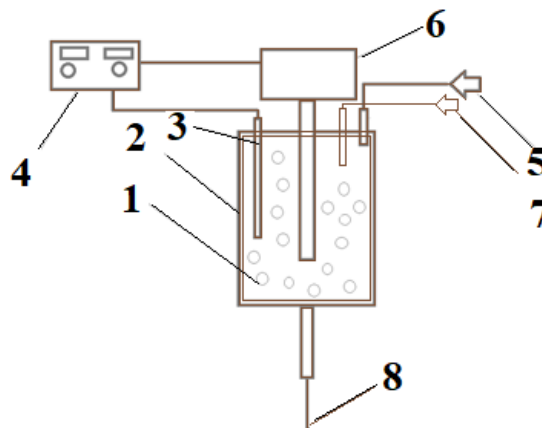


Рис. 1. Схема лабораторної установки:

1 – реактор з інертним матеріалом і каталізатором всередині, 2 – електричний обігрівач, 3 – кишенька для термодари, 4 – блок управління, 5 – лінія подачі повітря за допомогою компресора, 6 – магнітний вібропристрій, 7 – лінія подачі ізопропілового спирту за допомогою дозатора, 8 – лінія відведення газів окислення

Оптимальними параметрами процесу були обрані: температура процесу 400°C , частота коливання реакторної частини - 3 Гц. Каталітична система складається зі скляних кульок (диспергуючого матеріалу) і вільного каталізатора - Fe_2O_3 . Приготування відбувається за стандартною методикою [2].

Було проведено 4 експерименти при однакових умовах експерименту (оптимальних).

Результати експериментів представлені на малюнках 2-3:

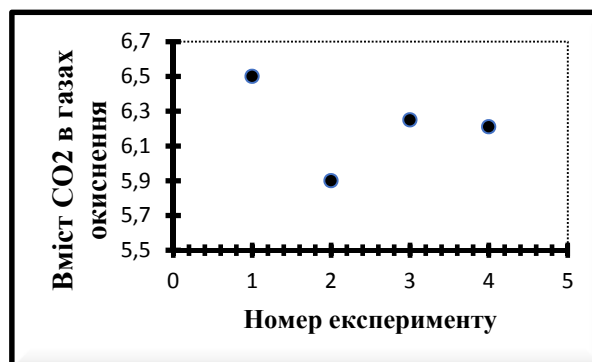


Рис. 2. Вміст CO_2 в газах окислення при кожному експерименті.

Протягом цієї серії експериментів частота коливань реакторної частини складала 3 Гц., температура 400°C . З рис 2 видно, що вміст діоксиду вуглецю в газах окислення при цьому становив 6,5% об'ємних – найбільший показник, найменший – 5,9% об'ємних.

На рис 3 представлені дані, що відображують ступінь перетворення спирту в умовах аерозольного нанокаталізу.

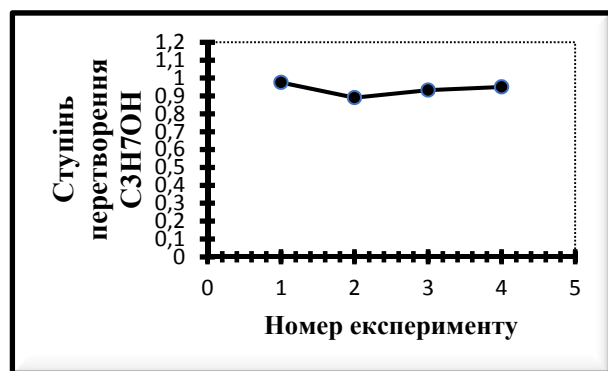


Рис. 3. Ступінь перетворення спирту в умовах аерозольного нанокаталізу

З рис 3 видно, що ступінь перетворення спирту найбільша в першому експерименті – 97,5%, найменша – 89%.

На наступних етапах досліджень планується підбір інших оптимальних умов та використання іншого виду каталізатора або іншої сировини для перетворення.

Висновки:

Обґрунтовано доцільність проведення досліджень в напрямку вивчення процесу окиснення з використанням технології аерозольного нанокаталізу.

Експериментально доведено, що порохована ступінь окиснення близька до одиниці, тобто до ідеального варіанту утилізації сировини (відходів).

Література

1. Глікіна І.М. Основи технології аерозольної нанокаталітичної переробки органічних сполук у віброзрідженому шарі. // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук., Львів. 2005. 20 с.
2. Гликин М.А. Аэрозольный нанокатализ. Изучение процесса крекинга n-пентана до олефинов / Гликин М.А., Кудрявцев С.А., Гликина И.М., Мамедов Б.Б. // Химична промисловість України. – 2005. - №4. – С. 30-38.
3. Кудрявцев С.А. Основы технологии получения бензиновой фракции и этилена аэрозольным нанокатализом. Дисс... канд. техн. наук: 05.17.07. / Кудрявцев Сергей Александрович – Львов. – 2006. – 160 с.

References

1. Glikina I.M. Osnovy tekhnologii aerosolnoji nanokatalitychnoji prerobky organichnykh spolk u vibrozhihzenomu shari. // Avtoreferat disertacii na zdobuttja naukovoogo stupenya kandidata tekhnichnykh nauk., Lviv. 2005. 20 p.
2. Glikin M.A. Aerosolnyj nanokataliz. Izuchenije processa krekinga n-pentana do olefinov / Glikin M.A., Kudryavtsev S.A., Glikina I.M., Mamedov B.B. // Khimichna promislivost Ukrainy. -2005. - №4. – P. 30-38.
3. Kudryavtsev S.A. Osnovy tekhnologii poluchenija benzinivoj frakcii i etilena aerosolnym nanokatalysom. Diss. k.t.n.: 05.17.07. / Kudryavstev S.A.-Lvov.-2006.-160 p.

Король Д.Р., Филипс Тобенна, Кудрявцев С.А. Изучение процесса глубокого окисления изопропилового спирта в условиях технологии аэрозольной нанокатализа

В статье рассмотрены преимущества технологии аэрозольного нанокатализа в процессе каталитического окисления жидкого топлива (изопропилового спирта) Созданная лабораторная установка позволяет достигнуть высокой степени превращения спирта в процессе окисления. Предложены дальнейшие шаги по развитию исследований в направлении создания основ технологии с использованием аэрозольного нанокатализа.

Ключевые слова: аэрозольный нанокатализ, изопропиловый спирт, каталитическая система, виброожиженный слой

Korol D. R., Phillips Tobenna, S. O. Kudryavtsev Studying the process of deep oxidation of isopropyl alcohol using aerosol nanocatalysis technology

In today's society, there is a need to develop information technologies that provide high speed and reliability of the collection, processing, storage, spreading, display and use of information within the stated task. The first step to the creation of laser information technology is the development of appropriate information models of the laser system. It is well-known the classification of conventional and neural network information models. The laser systems discussed in this paper contain such topological objects as the maximums and minima of the intensity and singularity of the phase or zeros of the intensity of the light field, so that they can be applied in different directions of science, engineering and medicine: precision metrology, quantum computers, optical tweezers, and multi-channel microparticle and nanocluster manipulators.

The construction of any information laser system is determined by the content and conditions of the task that needs to be solved. An important factor is the description of the available information processes, the necessary algorithms for processing and analysis of the optical image. Some general model of a radio-optical system for receiving, transforming, and processing information, for studying the properties of an object in the environment and for obtaining a qualitative understanding of the process as a whole has taken as a basis for current research.

We emphasize that successful management of the laser system requires the development of information models that provide a presentation of the solution of a specific diffraction problem, taking into account the processes, goals and phenomena that occur in it. A theoretical and experimental study of the presence of noise and errors in the system is considered.

Two information models have been created, one of which describes the process of registering optical radiation in diffraction problems under real conditions. It shows the main nodes of the scheme and parameter fluctuations, as well as errors of the manager and errors that exist in the system. The second information model provides an understanding of the process of obtaining a theoretical image of the diffracted light and a list of its attributes. The characteristics of the existing topological objects for which it is planned to build a database are determined.

Keywords: aerosol nanocatalysis, isopropyl alcohol, catalytic system, vibro-fluidized bed

Король Данило Романович – студент кафедри Хімічної інженерії та екології Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

Філіпс Тобенна Чімдіаді– аспірант кафедри хімічно інженерії та екології Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

Кудрявцев Сергій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інженерії ЧУ ім. В. Даля, sergeykudryavtsevsnu@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-38-42>

УДК 541.127: 542.943-92

КІНЕТИКА І МЕХАНІЗМ ОКИСНЕННЯ АЦЕТОФЕНОНУ ОЗОНОПОВІТРЯНОЮ СУМІШШЮ В АЦЕТАТНІЙ КИСЛОТІ

Кулешова Т. С., Галстян А. Г., Бушуєв А. С.

KINETICS AND MECHANISM OF OXIDATION OF ACETOPHENONE WITH OZONE-AIR MIXTURE IN ACETIC ACID

Kuleshova T.S., Galstyan A.G., Bushuev A.S.

Вивчено кінетику і механізм реакції ацетофенону з озоном в ацетатній кислоті. Показано, що реакція перебігає, в основному, за ароматичним кільцем з утворенням озонідів. Розглянуто можливі схеми перетворення ацетофенону, запропоновано механізм утворення продуктів руйнування ароматичного кільця та бензойної кислоти.

Ключові слова: ацетофенон, окиснення, озон, ацетатна кислота, озоніди, константа швидкості, кінетика

Постанова проблеми. Перспективним методом синтезу ацетофенону є рідиннофазне окиснення етилбензену повітрям у розчині ацетатної кислоти [1]. Проте, поширення цієї технології у промисловості стримується досить жорсткими умовами ведення процесу – температура 120-140 °С і надлишковий тиск 1,4 МПа. З цього приводу привертає до себе увагу дослідження низько-температурного окиснення етилбензену озono-повітряною сумішшю у розчині ацетатної кислоти. В роботі [2] показано, що при температурі 15 °С етилбензен окиснюється озоном переважно за ароматичним кільцем з утворенням аліфатичних пероксидів (64%), і меншою мірою за бічним ланцюгом з утворенням ацетофенону з виходом 34%. З даних цього дослідження витікає, що за умов окиснення етилбензен є хоча і досить стійким до дії озону, але все ж підлягає подальшому перетворенню. Однак, як поводить себе ацетофенон в реакції з озоном поки ще не відомо. Тому дослідження реакції озонування ацетофенону має певне теоретичне і практичне значення для створення низькотемпературного синтезу ацетофенону рідиннофазним озонуванням етилбензену.

Мета. Метою роботи є дослідження кінетики та механізму реакції окиснення ацетофенону озоном в ацетатній кислоті, визначення основних можливих напрямків його перетворення.

Матеріали та результати дослідження. Для дослідів застосовували льодяну ацетатну кислоту фірми «Sigma» кваліфікації «Х.Ч.», ацетофенон фірми «Acros organics» кваліфікації «Х.Ч.». Озон синтезували з повітря у бар'єрному розряді [3] на лабораторному озонаторі.

Окиснення проводили у скляній термостатованій колонці ємністю 0,02 дм³ з розширювачем у верхній її частині та пористою перетинкою для диспергування озonoповітряної суміші. В реактор завантажували 0,01 дм³ ацетатної кислоти, 0,4 моль/л ацетофенону і при 15 °С пропускали озonoповітряну суміш зі швидкістю 20 л/год з концентрацією озону 5,2·10⁻⁴ моль/л. Поточну концентрацію ацетофенону і продуктів його подальшого перетворення у розчині визначали методом газорідинної хроматографії на хроматографі з полум'яно-іонізаційним детектором на колонці довжиною 3 м і діаметром 4 мм, заповненою носієм „Інертон-супер”, з нанесеною нерухомою фазою “FFAP” у кількості 5% від маси носія за наступних умов: температура термостату – за програмою 115-220 °С за 10 хв; швидкість газу носія (азот) – 1.8; водню – 1.8; повітря – 18 л/год. В якості внутрішнього стандарту використовували 4-нітрохлорбензен. Концентрацію пероксидів визначали йодометричним методом, концентрацію озону – спектрофотометричним [3].

Окиснення ацетофенону озonoповітряною сумішшю в ацетатній кислоті при температурі 15 °С проходить повільно, але до повної витрати субстрату (рис.1).

Як видно з рис.1, основним продуктом окиснення ацетофенону є аліфатичні пероксиди (92%) – продукти руйнування ароматичного кільця, крім того, в оксидаті ідентифіковано слідові кількості бензальдегіду та бензойної кислоти, а у відходячих газах – CO₂.

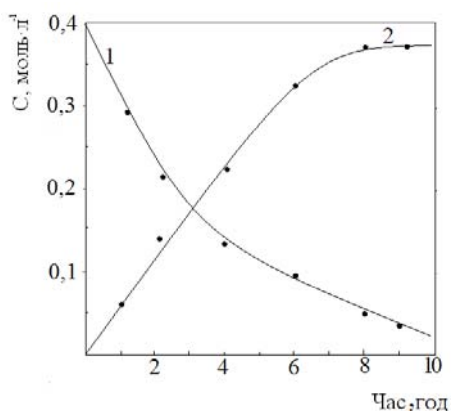
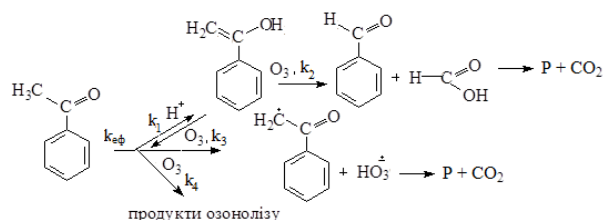


Рис. 1. Кінетичні криві Окиснення ацетофенону озонпо-
втряною сумішшю при 15 °С в ацетатній кислоті;
1- витрата ацетофенону, 2 – накопичення пероксидів.
[O₃]₀=5,2 · 10⁻⁴, [ArH]₀=0,4 моль·л⁻¹, ω = 30 л·год⁻¹,
Vр. = 10 мл

Такий склад продуктів є дещо несподіваним, оскільки відомо, що окиснення ацетофенону киснем повітря веде до утворення бензойної кислоти [4], але це відбувається лише за умов каталізу солями перехідних металів при температурі 120 °С і надлишковому тиску 1,4 МПа. При 15 °С ацетофенон киснем майже не окиснюється.

Для зрозуміння того, як протікає окиснення ацетофенону озonom, розглянемо наступну схему перетворень:

Схема 1



де P – продукти декарбосилоування;

k_{еф} – ефективна константа швидкості окиснення ацетофенону, що враховує усі напрямки окиснення, л/(моль · с);

k₁ – константа енолізації, с⁻¹;

k₂ – константа озонування енолу, л/(моль · с);

k₃ – константа озонування кетоформи, л/(моль · с);

k₄ – константа озонування ацетофенону за бензеним кільцем, л/(моль · с).

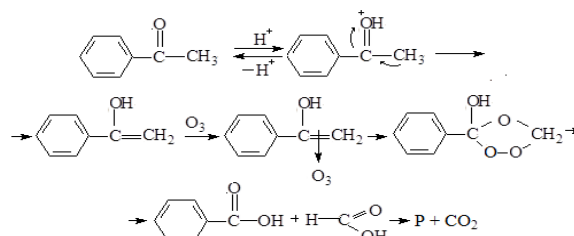
Перший напрямок передбачає окиснення ацетофенону через його енольну форму, оскільки відомо, що він у певних умовах енолізується [5], другий напрямок – через кетоформу, а напрямок 3 описує деструктивне окиснення бензенового кільця з утворенням аліфатичних пероксидів.

За цією схемою k_{еф} = (k₁; k₂) + k₃ + k₄ = 0,04 л/(моль · с). Припустимо, що на початку реакції, коли продукти окиснення утворюються в незначних кількостях і тому майже не впливають на k_{еф}, значення констант є пропорційними селективності окиснення по продуктах, що утворюються в цих

реакціях. Тоді k₄ = 0,04 · 0,93 = 0,0372 л/(моль · с), а (k₁; k₂) + k₃ = 0,0028 л/(моль · с).

За сучасними уявленнями [6,7] механізм окиснення ацетофенону за першим напрямом можна записати наступним чином:

Схема 2



Аналіз кінетичних особливостей окремих стадій цієї схеми показує, що утворення ідентифікованих продуктів реакції через енолізацію ацетофенону займає незначне місце у загальному процесі окиснення ацетофенону. Це витікає з наступного:

- озонування перебігає у льодяній ацетатній кислоті, яка за низького ступеня іонізації (α→0, у 1N розчині α = 0,014 [8]) не може проявляти помітної каталітичної активності в процесі кето-енольних перетворень. За літературними даними [6] константа швидкості енолізації ацетофенону за відсутності каталізу може бути на рівні 10⁻⁷ с⁻¹ (прийнято за даними ацетоацетатного естеру k₁ = 7,7 · 10⁻⁷, при 15 °С), а вміст енольної форми знаходиться на рівні 10⁻⁵ % [5];

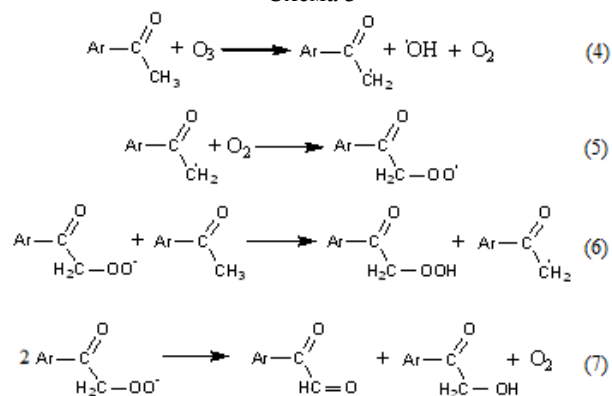
- енольна форма ацетофенону повинна майже миттєво піддаватися озонуванню (k₂ = 10⁵ л/(моль · с) [3]);

- співставлення значень k₁ і k₂ показує, що лімітуючою стадією озонування ацетофенону є стадія енолізації (τ₁ = 0,4 · 10⁻⁷ = 4,0 · 10⁻⁸; τ₂ = 0,4 · 10⁵ · 10⁻⁵ · 5 · 10⁻⁴ = 2,0 · 10⁻⁴ моль/(л · с));

- з попереднього витікає, що ацетофенон за умов його енолізації повинен окиснюватись з k_{еф} = k₁ ≈ 4,0 · 10⁻⁸ л/(моль · с), в той час як в експерименті k_{еф} = 0,04 л/(моль · с).

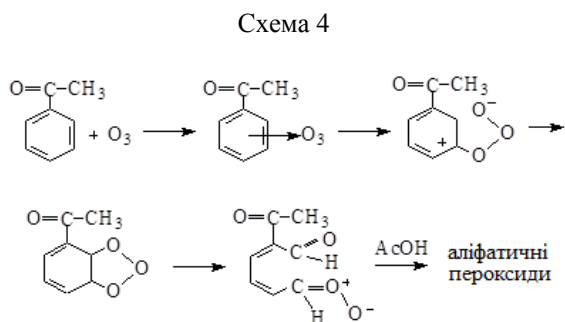
Другий напрямок передбачає окиснення ацетофенону через його кето-форму. За літературними даними [7] це може відбуватися за наступною схемою:

Схема 3



Експериментальні дослідження довели відсутність гідропероксиду ацетофенону в продуктах реакції. Вочевидь при температурі 15 °С пероксидні радикали швидше рекомбінують (7), ніж утворюють гідроперокси (6). Про це свідчать і наближені кінетичні розрахунки в умовах стаціонарності концентрацій утворених радикалів. Наприклад, при 15 °С ($[ArH]_{кет} = 0,2$ моль/л (розрахована за даними [5], за якими для ацетофенону у воді при 25 °С $k_{рівноважна} = 2,0 \cdot 10^{-7}$, а вміст його енолу у розчині 10^{-5} , звідси $[ArH]_{кет} = 10^{-5} / 2,0 \cdot 10^{-7} = 0,02$ моль/л)) $[O_3]_0 = 5,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $k_4 = 0,0014$; $k_6 = 0,05$; $k_7 = 2 \cdot 10^6$ л/(моль · с) [9]; $r_4 = 0,0014 \cdot 0,2 \cdot 5,2 \cdot 10^{-4} = 1,5 \cdot 10^{-7}$ моль/(л·с), $r_4 = r_7 = 1,5 \cdot 10^{-7}$ моль/(л·с); $[ArO_2^*] = (r_4 / k_7)^{1/2} = 2,7 \cdot 10^{-7}$ моль/л; $r_6 = 0,05 \cdot 0,2 \cdot 2,7 \cdot 10^{-7} = 2,3 \cdot 10^{-9}$ моль/(л·с), а $r_7 = 2 \cdot 10^6 (2,7 \cdot 10^{-7})^2 = 7,45 \cdot 10^{-8}$ моль/(л·с). Звідси $r_7 / r_6 = 7,45 \cdot 10^{-8} / 2,3 \cdot 10^{-9} = 32$.

Третій напрямок за кінетичними даними (рис.1) є основним в процесі озонування ацетофенону, оскільки 92% його піддається окиснювальному руйнуванню бензенового кільця. Механізм цього напрямку не вивчався, але за аналогією [10] його можна записати наступним чином:

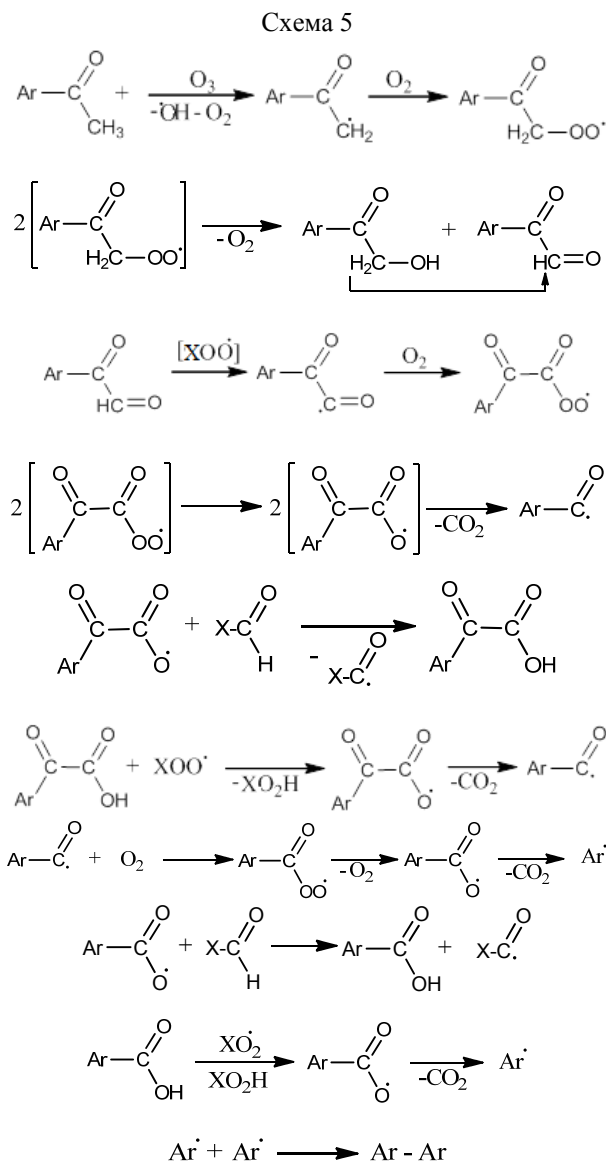


Швидкість витрачання ацетофенону за цим напрямком $r_4 = 0,0372 \cdot 0,4 \cdot 5,2 \cdot 10^{-4} = 7,7 \cdot 10^{-6}$ моль/(л·с). Співвідношення $r_4 / r_{(1+3)} = 7,7 \cdot 10^{-6} / (4,0 \cdot 10^{-8} + 15 \cdot 10^{-8}) = 41$, тобто за розрахунками селективність за пероксидними продуктами повинна дорівнювати 97,5%, що знаходиться на рівні селективності, одержаної в експерименті (92%).

Наявність тільки слідів бензойної кислоти та значне виділення карбон(IV) оксиду в процесі окиснення ацетофенону можна пояснити застосуванням гіпотетичної схеми озонування, що записана з урахуванням експериментальних та літературних даних по окремих її стадіях [1,9,11-13]:

За схемою 5 утворені перокси рекомбінують. Відсутність в продуктах озонування фенілглюксалевого альдегіду і фенілглюксілової кислоти може свідчити про те, що альдегід швидко окиснюється і перетворюється у двох напрямках: рекомбінує з послідовним утворенням оксокарбонільного і фенілкарбонільного радикалів та виділенням CO_2 , або приймає участь в реакціях, через фенілглюксілову кислоту, які також можуть закінчуватись виникненням фенілкарбонільного радикалу та виділенням

CO_2 . Фенілкарбонільний радикал далі реагує за аналогічними схемами, кінцевими продуктами яких можуть бути CO_2 та фенільні радикали, з подальшою конденсацією до Ar-Ar. Продукти конденсації не ідентифіковані, але якісно зафіксовано утворення на внутрішній поверхні реактора масляної плівки.



де X – будь-який радикал

Для знаходження основних напрямків окиснення та виділення CO_2 були проведені досліди по озонуванню бензальдегіду і бензойної кислоти.

На рис. 2 приведені кінетичні дані по окисненню бензальдегіду в ацетатній кислоті при температурі 15 °С. Видно, що окиснення відбувається швидко – 45,4% бензальдегіду перетворюється до бензойної кислоти, при цьому на 1 моль окиснювального альдегіду одержується 1 моль CO_2 .

Бензойна кислота за умов досліду (ацетатна кислота, $T = 15$ °С) витрачається дуже повільно (рис. 3) за 13,5 годин піддається озонуванню лише 40% від початкової кількості кислоти, при цьому виділяється 1 моль CO_2 на 1 моль прореагованої кислоти.

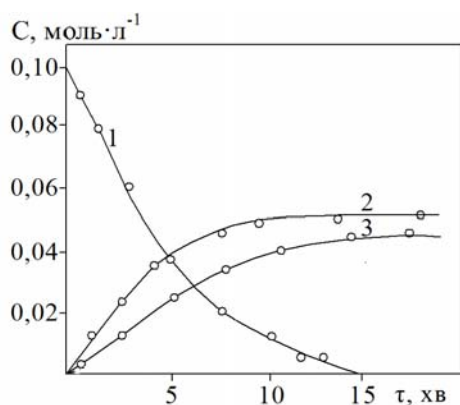


Рис. 2. Кінетика озонування бензальдегіду озоні- повітряною сумішшю в ацетатній кислоті: витрата бензальдегіду (1); накопичення бензойної кислоти (2); накопичення CO_2 .
 $[\text{O}_3]_0 = 5,2 \cdot 10^{-4}$, моль·л $^{-1}$, $\omega = 30$ л·год $^{-1}$,
 $V_p = 10$ мл

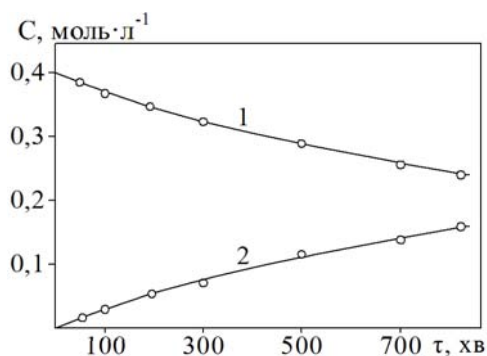


Рис. 3. Кінетика озонування бензойної кислоти озоні- повітряною сумішшю в ацетатній кислоті: витрата бензойна кислота (1); виділення CO_2 (2).
 $[\text{O}_3]_0 = 5,2 \cdot 10^{-4}$, $[\text{ArCOOH}]_0 = 0,4$ моль·л $^{-1}$,
 $\omega = 30$ л·год $^{-1}$, $V_p = 10$ мл

Виділення CO_2 більш вірогідніше за реакціями через фенілгілоксиліву кислоту, оскільки за даними [13] для бензальдегіду $k(\text{Ar-C(O)-O} \cdot \rightarrow \text{Ar} \cdot + \text{CO}_2) = 10^3 \text{ c}^{-1}$, а $k(\text{Ar-C(O)-O} \cdot + \text{Ar-CH(O)} \rightarrow \text{Ar-C(O)-OH} + \text{Ar-C} \cdot(\text{O})) = 10^6 \text{ л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{c})^{-1}$. За умов, коли $[\text{Ar-CH(O)}] = 10^{-4}$ моль·л $^{-1}$, $[\text{Ar-C(O)-O} \cdot] \approx 10^{-6}$ моль·л $^{-1}$, $r(\text{Ar-C(O)-O} \cdot \rightarrow \text{Ar} \cdot + \text{CO}_2) = 10^3 \cdot 10^{-6} = 10^{-3}$ моль·(л·с) $^{-1}$, а $r(\text{Ar-C(O)-O} \cdot + \text{Ar-CH(O)}) = 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-4} = 10^{-4}$ моль·(л·с) $^{-1}$, тобто перший напрямок переважає другий.

Подібний висновок витікає і з аналізу даних по реакційній здатності реагентів. Ацетофенон окиснюється озonom повільно ($k = 4 \cdot 10^{-2}$ л·(моль·с) $^{-1}$), ще повільніше окиснюється бензойна кислота ($k = 1 \cdot 10^{-2}$ л·(моль·с) $^{-1}$) і лише бензальдегід озонується значно швидше ніж попередні ($k = 2,3$ л·(моль·с) $^{-1}$). За своєї високої реакційної здатності альдегіди знаходяться в системі в дуже малій кількості (10^{-4} моль·л $^{-1}$). Бензойна кислота за своєї низької реакційної здатності, на перший погляд, може накопичуватися в системі, але за причини низької швидкості її утворення вона в системі ідентифікується у слідовій кількості.

Висновок. Показано, що при температурі 15 °C ацетофенон в ацетатній кислоті окиснюється озonom з переважним руйнуванням бензенового кільця. Також виявлені слідові кількості бензальдегіду і бензойної кислоти, а у відходячих газах – CO_2 . Розглянуто можливі схеми реакцій озону з ацетофеноном, приведені наближені кінетичні розрахунки окремих стадій процесу.

Література

1. Эмануэль Н. М. Окисление этилбензола (модельная реакция) / Н. М. Эмануэль, Д. Гал. – М.: Наука, 1984. – 376 с.
2. Галстян А.Г. Окиснення етилбензену озonom в оцтовій кислоті / А.Г. Галстян, О.О. Колбасюк, Г.А. Галстян, А.С. Бушуев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т.66, №6/6. – С. 8-11.
3. Разумовский С. Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г. Е. Заиков. – М.: Наука, 1974. – 322 с.
4. Милько С. Б. Получение бензойной кислоты окислением ацетофенона / С. Б. Милько, Н. Г. Дигуров // Материалы I Всесоюзной конференции «Катализ и каталитические процессы производства химико-фармацевтических препаратов», Ташкент. – 1985, ч. 2. – С. 84.
5. Реутов О. А. Органическая химия / О. А. Реутов. – М.: БИОНОМ, 2012. – 544 с.
6. Темникова Т. И. Курс теоретических основ органической химии. – Л.: Химия, 1968. – 1008 с.
7. Галстян Г. А. Озон и его реакции с ароматическими соединениями в жидкой фазе / Г. А. Галстян, Н. Ф. Тюпало, С. Д. Разумовский. – Луганськ: ВУНУ, 2004. – 272 с.
8. Некрасов Б. В. Основы общей химии, Т. 1 / Б. В. Некрасов. – М.: Химия, 1973. – 656 с.
9. Денисов Е.Т. Механизм жидкофазного окисления кислородсодержащих соединений / Е.Т. Денисов, Н.И. Мицкевич, В.Е. Агабеков. – Минск: Наука и техника, 1975. – 334с.
10. Bailey P. S. Ozonation in organic chemistry. Vol. 2. Nonolefinic Compounds / P. S. Bailey. – N.-Y.: Academic Press, 1982. – 497 p.
11. Эмануэль Н. М. Цепные реакции окисления углеводов в жидкой фазе / Н. М. Эмануэль, Е. Т. Денисов, З. К. Майзус. – М.: Наука, 1965. – 375 с.
12. Днепровский А.С. Теоретические основы органической химии / А.С. Днепровский, Т.И. Темникова. – Л.: Химия, 1991. – 558 с.
13. Комиссарова И.Н. Механизм окисления бензальдегида озонированным кислородом / И.Н. Комиссарова, В.Д. Комиссаров, Е.Т. Денисов // Изв. АН. СССР. Сер. хим. – 1978. - №9. – С. 1991-1996.

References

1. Emanuel N. M. Okislenie etilbenzola (modelnaya reaktsiya) / N. M. Emanuel, D. Gal. – M.: Nauka, 1984. – 376 s.
2. Galstyan A.G. Okisnennya etilbenzenu ozonom v otstoviy kisloti / A.G. Galstyan, O.O. Kolbasyuk, G.A. Galstyan, A.S. BushuEv // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredoviyih tehnologiy. – 2013. – Т.66, #6/6. – S. 8-11.
3. Razumovskiy S. D. Ozon i ego reaktsii s organicheskimi soedineniyami / S.D. Razumovskiy, G. E. Zaikov. – M.: Nauka, 1974. – 322 s.

4. Milko S. B. Poluchenie benzoynoy kisloty okisleniem atsetofenona / S. B. Milko, N. G. Diguov // Materialy I Vsesoyuznoy konferentsii «Kataliz i kataliticheskie protsessy proizvodstva himiko-farmatsevticheskikh preparatov», Tashkent. – 1985, ch. 2. – S. 84.
5. Reutov O. A. Organicheskaya himiya / O. A. Reutov. – M.: BIONOM, 2012. – 544 s.
6. Temnikova T. I. Kurs teoreticheskikh osnov organicheskoy himii. – L.: Himiya, 1968. – 1008 s.
7. Galstyan G. A. Ozon i ego reaktsii s aromaticheskimi soedineniyami v zhidkoy faze / G. A. Galstyan, N. F. Tyupalo, S. D. Razumovskiy. – Lugansk : VUNU, 2004. – 272 s.
8. Nekrasov B. V. Osnovy obschey himii, T. 1 / B. V. Nekrasov. - M.: Himiya, 1973. - 656 s.
9. Denisov E.T. Mehanizm zhidkofaznogo okisleniya kislorodsoderzhaschih soedineniy / E.T. Denisov, N.I. Mitskevich, V.E. Agabekov. - Minsk: Nauka i tehnika, 1975. – 334s.
10. Bailey P. S. Ozonation in organic chemistry. Vol. 2. Nonolefinic Compounds / P. S. Bailey. – N.-Y. : Academic Press, 1982. – 497 p.
11. Emanuel N. M. Tsepnyie reaktsii okisleniya uglevodorodov v zhidkoy faze / N. M. Emanuel, E. T. Denisov, Z. K. Mayzus. – M. : Nauka, 1965. – 375 s.
12. Dneprovskiy A.S. Teoreticheskie osnovy organicheskoy himii / A.S. Dneprovskiy, T.I. Temnikova. – L.: Himiya, 1991. – 558 s.
13. Komissarova I.N. Mehanizm okisleniya benzaldegida ozonirovannyim kislorodom / I.N. Komissarova, V.D. Komissarov, E.T. Denisov // Izv. AN. SSSR. Ser. him. – 1978. - #9. – S. 1991-1996.

**Кулешова Т.С., Галстян А.Г., Бушуев А.С.
Кинетика и механизм окисления ацетофенона
озоновоздушной смесью в ацетатной кислоте.**

Изучена кинетика и механизм реакции ацетофенона с озоном в ацетатной кислоте. Показано, что реакция протекает в основном по ароматическому кольцу с образованием озонидов. Рассмотрены возможные схемы преобразования ацетофенона, предложен механизм образования продуктов разрушения ароматического кольца и бензойной кислоты.

Ключевые слова: ацетофенон, окисление, озон, ацетатная кислота, озониды, константа скорости, кинетика.

Kuleshova T., Galstyan A., Bushuev A. Kinetics and mechanism of oxidation of acetophenone with ozone-air mixture in acetic acid

Acetophenone is reasonably resistant to ozone compared to ethylbenzene and α -phenylethanol. In the ozonation of ethylbenzene, it is the main reaction product with a preserved aromatic structure. Its maximum accumulation (34%) at 288K is at the time of complete conversion of ethylbenzene, after which it is slowly consumed.

To determine the location and role of acetophenone in the oxidation process of ethylbenzene, the kinetics of its reaction with ozone was studied.

Studies have shown that under the conditions of experiments at a temperature of 288 K, as well as at 343 K, the molecular oxygen does not oxidize acetophenone. Ozone, as an oxidant with a high redox potential, oxidizes acetophenone, albeit rather slowly. The reaction proceeds at a constant rate for a long time and ends in 13.5 hours with full substrate consumption.

Peroxides - products of the destruction of the benzene ring, small amounts of benzaldehyde and benzoic acid, were identified among the reaction products, and significant amounts of CO₂ were recorded. Acetophenone hydroperoxides by β -carbon atom are not identified under the conditions of the experiments used.

The initial rapid oxidation of acetophenone is essentially temperature dependent. Increasing it from 288 to 313 K, it increases 4 times. It is noteworthy that the temperature almost does not affect the release of CO₂. In the studied temperature 288-343K, the concentration of CO₂ changes by only 14%.

The peculiarity of the ozonation reaction of acetophenone is its course at a noticeable rate already at temperatures 288-293K. The formation of aromatic ring destruction products and the absence of methylphenyl ketone hydroperoxide reaction products, the presence of traces of benzaldehyde and small amounts of benzoic acid are characteristic of the formation. That is, only 8% of acetophenone can be spent on the side chain.

So, it was shown that the reaction proceeds mainly in the aromatic ring with the formation of ozonides. Possible schemes of acetophenone transformation are considered, the mechanism of formation of products of fragmentation of the aromatic ring and benzoic acid is proposed.

Key words: acetophenone, oxidation, ozone, acetate acid, ozononides, constant of speed, kinetics

Кулешова Тетяна Сергіївна – аспірант кафедри ХФТ Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) Східноукраїнського національного університету ім. В.Далія, tov@iht.lg.ua

Галстян Андрій Генрійович – д.х.н., професор, зав. кафедри ХФТ Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) Східноукраїнського національного університету ім. В.Далія, aggaalst@gmail.com.

Бушуев Андрій Сергійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри ХФТ Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) Східноукраїнського національного університету ім. В.Далія, tov@iht.lg.ua

Стаття подана 17.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-43-49>

УДК 004.66.04:631.576.3

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ ЗЕРНА

Лакно В.А., Матус Ю.В., Осипова Т.Ю.

INFORMATION SUPPORT OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF INFRARED DRYING OF GRAIN

Lakhno V.A., Matus Yu.V., Osypova T.Yu.

У статті розглянута задача інформаційної підтримки сушіння зерна на основі технології інфрачервоного випромінювання. Наведено результати експериментальних досліджень, виконаних на основі розроблених раніше математичних моделей процесу інфрачервоного сушіння. Показано, що застосування інфрачервоного випромінювання сприяє інтенсифікації процесу сушіння зерна внаслідок значного збільшення щільності теплового потоку на поверхні матеріалу, що опромінюється і проникнення інфрачервоних променів всередину матеріалу. Представлене використання інформаційних технологій дозволяє підвищити ефективність процесу сушіння зерна інфрачервоним випромінюванням, а також вибрати найбільш оптимальні режими сушіння зерна.

Встановлено, що використання інформаційних технологій, раціональних схем і режимних параметрів процесів інфрачервоного сушіння зерна, дозволяють скоротити час видалення вологи при «дбайливих» режимах сушіння для забезпечення необхідних якісних показників продукту.

Ключові слова: сушіння, інфрачервоне, автоматизація, зерно, елеватор, комп'ютерні системи

Вступ. Сучасний стан і темпи розвитку автоматизації елеваторів і зернохосовищ вимагають від фахівця не тільки розуміння фізичних і технологічних хімічних процесів, але й умінь використовувати сучасні засоби обчислювальної техніки.

В результаті використання АСУ на елеваторах, підвищується надійність і точність сушіння зерна, значно зменшується вплив людського фактору, підвищується оперативність керування. Інформаційна підтримка на сучасних елеваторах і зернохосовищах повинна бути обладнана автоматизованою системою контролю і обліку сушіння зерна, з метою контролю, аналізу та управління процесом сушіння.

Попередні дослідження. При проектуванні математичного забезпечення для АСУ сушіння в світі зміцнився принцип модульності. При цьому в процесі створення програмної системи визначається

«безліч елементів, необхідних і достатніх для вирішення необхідних завдань ...» [1]. Тому, безліч елементів, на базі яких проектується математичне забезпечення для модулів системи ІЧ сушіння і моніторингу технологічного процесу, є структурною підмножиною безлічі компонентів, які охоплюються поняттям «інформаційний процес (ІП)» або «інформаційна технологія (ІТ)». При цьому необхідно враховувати, як мінімум:

- сучасні уявлення про сутність інформаційного процесу в АСУ ІЧ сушіння;
- тенденції еволюції засобів математичного і комп'ютерного моделювання ВП в АСУ ІЧ сушіння;
- тенденції інтелектуалізації інтерфейсу користувача засобів моделювання.

Раніше особливої уваги питанню структури ІП (ІТ) в АСУ елеваторів і зернохосовищ не приділялося. Наразі, інтенсивний розвиток інформатики та засобів зв'язку сприяє динаміки цього поняття. Спостерігається еволюція від визначень, даних Н.В. Цугленком, А.В. Ликовим, С.Д., Н.І. Малініним та ін.. До результатів, викладених у С.К. Манасяна, Н.В. Демського, Н.Н. Конусова. Однак, в цих роботах не достатньо відображені особливості ІП (ІТ) в АСУ сушінням. Їх можна побачити, наприклад, лише у І.І. Малина і Н.В. Остапчука [3].

Недостатня гнучкість в реконфігурації АСУ сушіння зернових - одна з основних проблем подальшого розвитку комп'ютерних систем в агропромисловому комплексі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній установці (рис. 1). Установка являє собою двох стрічкову сушильну камеру, обладнану ІЧ джерелами сушіння і апаратно-програмним комплексом управління режимами роботи - «Контроль і регулювання температури ІЧ - сушіння зернових».

Сушильна установка працює наступним чином (див. рис. 1.). Під час вмикання установки з пульта управління 15 проміжний конвеєр 3, що виконує функцію приймального пристрою, рівномірно розподіляє продукт сушіння, який надходить з бункера по всій ширині верхньої робочої гілки конвеєрів 7 (нижній і верхній). Вирівнювач-розпушувач забезпечує рівномірний регульований розподіл шару зернової маси по стрічці конвеєра з глибиною шару 5 ... 10 мм. З пульта управління 15 можна програмно змінювати параметри ІЧ джерел випромінювання 4, регулюючи інтенсивність випромінювання і час експозиції.

При використанні спільно конвективної і ІЧ сушки в сушильну камеру 5 за допомогою вентилятора 9 подається гаряче повітря (нагрівання здійснюється за допомогою нагрівальних елементів 10). Регулювання витрат повітря, виконується шляхом зміни розміру перерізу вхідного отвору сушильної камери за допомогою заслінки 8.

Привідний механізм (11, 12, 13) забезпечує рух робочих гілок рівнів конвеєрів 7 в різних напрямках і дозволяє регулювати швидкість руху робочої гілки з пульта управління 15.

Продукт сушіння після проходження усіх рівнів конвеєрів висипають у тару через вивантажувальне вікно 14.

Як джерело інфрачервоного випромінювання були обрані ІЧ лампи «Квірін 231», споживана потужність 800 Вт. Максимальна температура на поверхні нагрівальних елементів - 673 К. Температура на поверхні нагрівання до 313 ... 373 К на відстані 0,25-1,0 м. Сектор прямого теплового потоку - 110°. Час виходу на робочий режим 4-5 хв.

Основне завдання експериментальних досліджень – апробація можливостей програмного управління режимами сушіння, в тому числі з використанням раніше отриманих математичних моделей різних режимів роботи ІЧ джерела (при односторонньому підводі теплоти і при двосторонньому (з конвективної складовою)). В ході робіт були спроектовані відповідні компоненти електронних систем автоматизованого регулювання параметрів сушіння, а також програмне забезпечення для модуля системи управління режимами роботи сушильної камери. Функціональна схема експериментальної системи управління сушильною камерою показана на рис. 1. При проведенні експериментів напругу на ІЧ джерелах «Квірін» вимірювали приладами електромагнітної системи, клас точності 1,5.

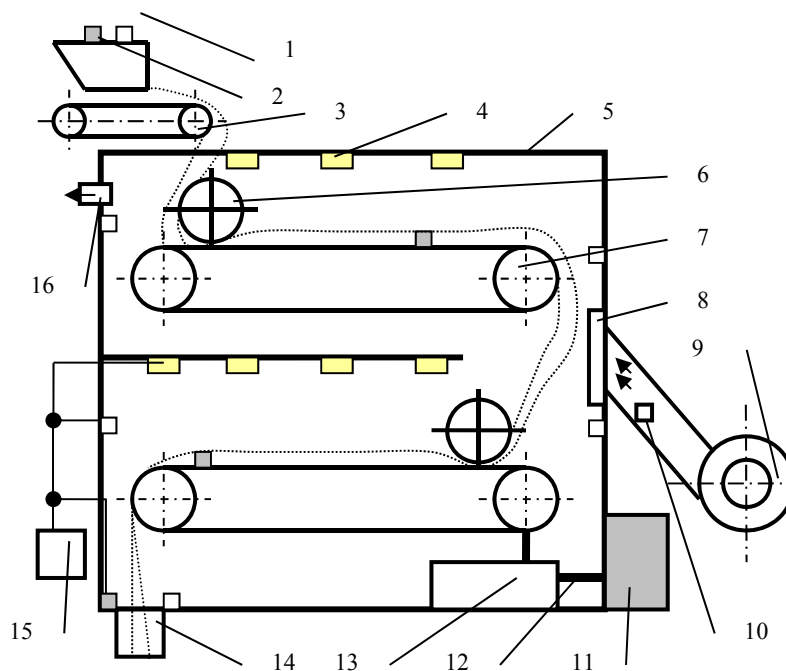


Рис. 1. Технологічна схема експериментальної установки для сушки зернових з застосуванням ІЧ випромінювання:

- 1 – датчики температури; 2 – датчики вологості MD7822; 3 – приймаючий пристрій; 4 – ІЧ нагрівач «Квірін 231»; 5 – корпус сушильної камери; 6 – розрівнювач-розпушувач; 7 – конвеєр; 8 – заслонка повітряпроводу; 9 – вентилятор; 10 – нагрівальний елемент; 11 – електродвигун; 12 – ланцюгова передача; 13 – редуктор; 14 – вивантажувальне вікно; 15 – пульт управління, з'єднаний з комп'ютером; 16 – випускний клапан

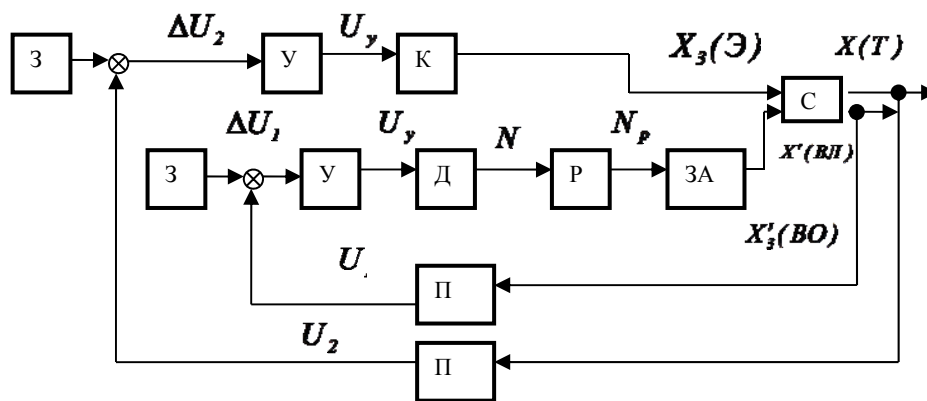


Рис. 2. Функціональна схема експериментальної системи управління сушильною камерою з використанням ІЧ випромінювання

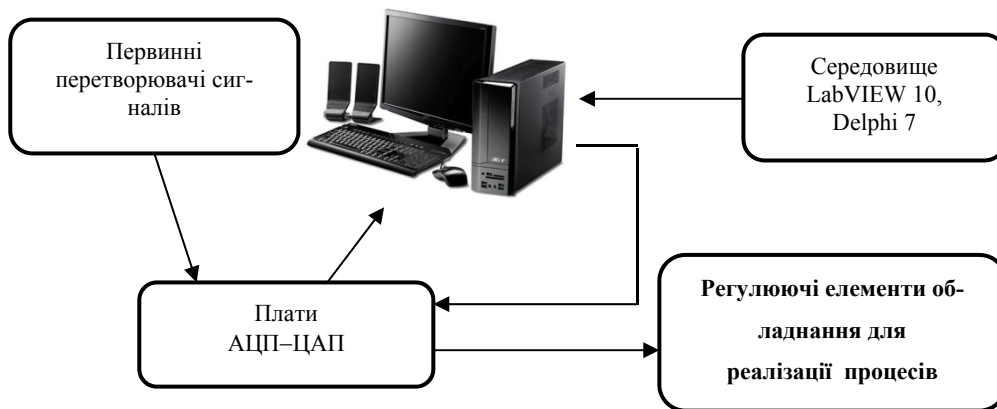


Рис. 3. Схема автоматизованої системи контролю регулювання параметрів досліджуваних процесів ІЧ сушіння зерна

Регулювання потужності ІЧ випромінювання проводиться за двома контурами. Вхідними параметрами або параметрами регулювання є:

- кількість випромінювання, яке підводиться до зернової маси від ІЧ джерел «Квірін» - промениста енергія (Е) (для серії експериментів, в яких була відсутня конвективна складова сушіння);
- кількість сушильного агента (теплого повітря - ПО) (для серії експериментів, в яких була присутня конвективна складова сушіння).

Метою експериментальних досліджень апаратно-програмної частини сушильної камери (АПЧСК), є апробація інформаційної підтримки, вивчення системи управління режимами ІЧ сушіння, виявлення властивостей, що негативно впливають на працездатність системи в цілому, і/або виключення цих властивостей, або зменшення їх впливу. Крім того, завданням експериментальної АПЧСК є підтримка технологічної кривої температури сушіння зерна шляхом управління ІЧ випромінювачами в зоні сушіння. Також, в завдання експериментальних досліджень входили - перевірка теоретичних положень щодо оптимізації процесу ІЧ сушіння зернових, виявлення ряду фізичних величин, а також доопрацювання програмного забезпечення АПЧСК.

Інформаційні технології та сучасні мови програмування високого рівня дозволили розробити комп'ютерну систему моделювання та оптимізації теплових процесів ІЧ сушіння зернових.

З метою підвищення точності вимірювань в ході експериментальних досліджень, а також для прискорення обробки масивів статистичної інформації, були розроблено автоматизовану систему контролю (АСК), вимірювання та реєстрації параметрів ІЧ сушіння, що базується на використанні апаратних і програмних засобів інформаційних технологій.

Наведена АСК включає первинні перетворювачі сигналів (датчики температури і вологості), пристрої введення-виведення даних (АЦП - ЦАП), ЕОМ, відповідне програмне забезпечення, регулюючі елементи обладнання, яке застосовується для реалізації досліджуваних процесів, оператора (рис. 3).

Інтерфейси реалізовані в Delphi, основні процедури - в ObjectPascal, VBA, а також технології LabVIEW 10 (див. рис. 4.).

Система включає декілька підсистем з програмними модулями інформаційного та інтелектуального забезпечення, базами даних з фізико-хімічними та біологічними показниками продуктів

сушіння, а також, модуль статистичної обробки результатів експериментів, банк статистичних моделей у вигляді рівнянь регресії, об'єднаних в узагальнені моделі, а також модулі, прогнозу оцінки якості продукту сушіння.

Підсистема моделювання тепло і масообмінних процесів при ІЧ сушінні зернових включає функції визначення параметричних полів зміни температури, вологості і біологічних компонентів продукту в процесі сушіння, і призначена для розрахунку оптимальних технологічних режимів і вибору типу енергопідведення (ІЧ, комбінованої сушки та інших варіантів).

Модуль регулювання та контролю температури, розроблений в середовищі Delphi, і частково в LabVIEW, призначений для графічної інтерпретації зміни температури і вологості в різних зонах (шарах) зернової маси в сушильній камері.

Підсистема моніторингу та регулювання температури в сушильній камері розроблена на базі персонального комп'ютера з програмним середовищем LabVIEW і NI DAQ - плат PCIX модулів (пристрій

введення - виведення даних) за такими принципами: відносна простота апаратного оформлення, надійність і візуальність інтерфейсу програмного забезпечення.

Запропонована підсистема працює наступним чином: сигнали з датчиків вологості (MD7822) і температури (USB термометри) надходять на DAQ-плату - багатофункціональний пристрій збору даних, де перетворюються в цифровий код, фільтруються від перешкод і перетворюються в величини, що відповідають обраним одиницям вимірювання (в даному випадку перетворення відбувалося у Вольтах). Далі сигнал в цифровому вигляді вводився в комп'ютер, де за допомогою програмного продукту «Контроль і регулювання температури ІЧ - сушіння зернових», розробленого в середовищі Delphi і LabVIEW, усереднювався за заданий проміжок часу. Потім сигнал перетворювався (тарувався) за допомогою коефіцієнтів в градуси Цельсія і виводився на монітор віртуального осцилографа, після чого порівнювався з критичними величинами.

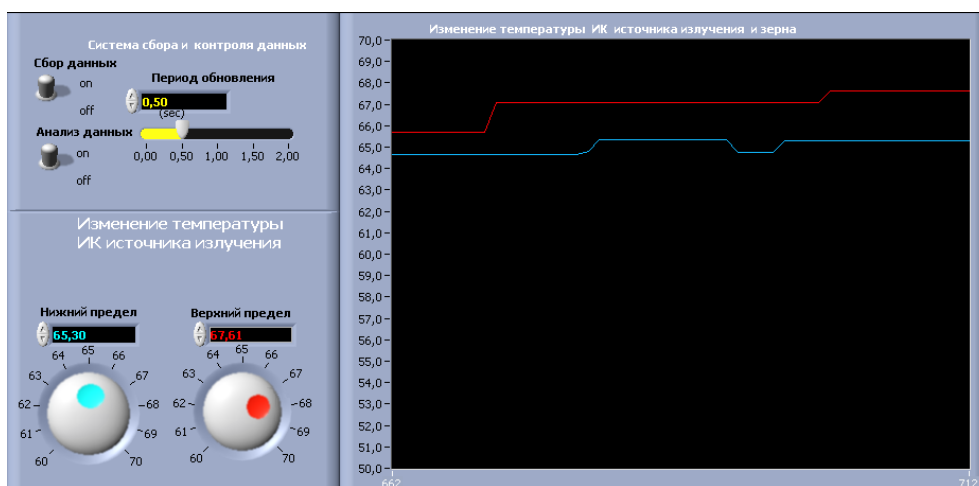


Рис. 4. Модуль регулювання і контролю температури ІЧ джерела

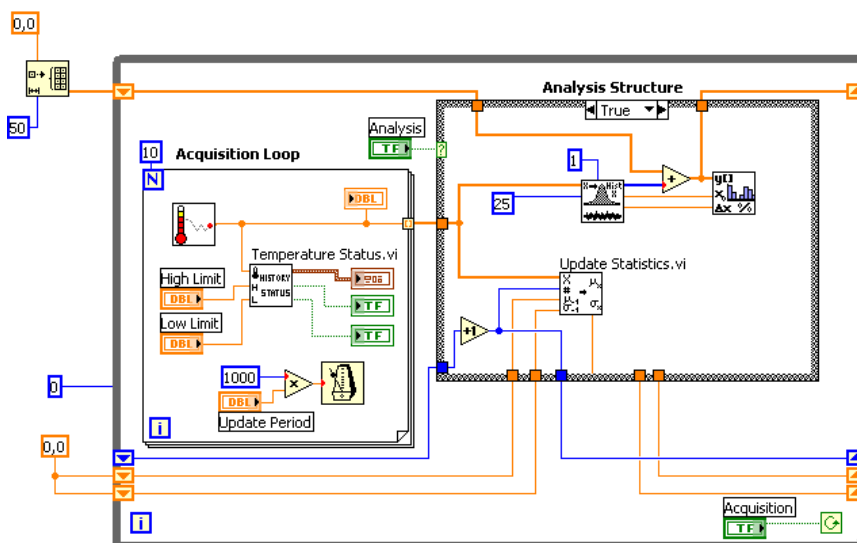


Рис. 5. Блок схема сушильної камери у середовищі LabVIEW

Використання віртуального осцилографа дозволило відстежувати зміну температури ІЧ сушіння з часом. Далі сигнал надходить на регулюючий пристрій вмикання-вимкнення інфрачервоної лампи. Блок-діаграма даного програмного продукту наведена на рис. 5.

На основі аналізу науково-технічної літератури і результатів, одержаних під час попередніх дослідів на установці, нами був обраний повний факторний експеримент за методикою активного планування, який реалізує можливі комбінації трьох незалежних керованих факторів: температура джерела ІЧ випромінювання (X1) 303-353 К; товщина шару матеріалу (X2) 5-12 мм; Час експозиції (X3) 20-60 хв. Вихідними параметрами обрані температура на поверхні зернової маси і кількість поглиненої променевої енергії. Основні режими сушіння показані в таблицях 1, 2.

Таблиця 1
Основні режими експериментальних досліджень (ІЧ сушіння)

№ експеримента	Параметри										
	T_p, K	T_{z_0}, K	T_{z_k}, K	T_o, K	$Y_0, \%$	$Y_{z_0}, \%$	$Y_{z_k}, \%$	$V \cdot 10^{-3}, \text{ м/хв}$	$\tau_e, \text{ хв}$	$x, \text{ мм}$	(X_2)
1	303-333	292-295	310-330	288-298	38-45	20,8-20,4	16,1-14,7	0,5-1	0-60	5-6	
2	313-343	292-295	310-335	288-298	40-47	20,9-20,5	14,5-14,1	0,5-1	0-45	5-6	
3	323-353	292-295	320-345	288-298	41-49	20,7-20,6	14,3-13,9	0,5-1	0-40	6-8	
4	333-363	292-295	328-348	288-298	36-42	21,2-20,9	13,9-13,8	0,5-1	0-30	6-8	
5	343-373	292-295	343-353	288-298	38-44	21,4-20,6	13,9-13,6	0,5-1	0-30	8-10	

Таблиця 2
Основні режими експериментальних досліджень (ІЧ сушіння + конвективний теплообмін)

№ експеримента	Параметри										
	T_p, K	T_{z_0}, K	T_{z_k}, K	T_o, K	$Y_0, \%$	$Y_{z_0}, \%$	$Y_{z_k}, \%$	$V \cdot 10^{-3}, \text{ м/с}$	$\tau_e, \text{ хв}$	$x, \text{ мм}$	$V_{\theta}, \text{ м/с}$
1	303-323	292-295	310-330	288-298	39-44	20,7-20,4	15,7-14,5	0,5-1	0-60	5-8	2-5
2	313-333	292-295	310-335	288-298	42-49	20,6-20,5	14,2-14,0	0,5-1	0-45	5-8	2-5
3	323-343	292-295	320-345	288-298	42-47	20,7-20,6	14,0-13,8	0,5-1	0-40	8-10	2-5
4	333-353	292-295	328-348	288-298	40-45	20,9-20,5	13,8-13,7	0,5-1	0-30	8-10	2-5
5	343-353	292-295	343-353	288-298	45-49	21,7-21,1	13,7-13,6	0,5-1	0-30	10-12	2-5

Матриця планування повного експерименту буде виглядати наступним чином:

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 0; \quad \sum_{j=1}^m X_{ij}^2 = m; \quad \sum_{j=1}^m X_{iu} \cdot X_{ju} = 0,$$

де m - кількість дослідів (експериментів);
 j - номер дослідження;
 i, u - номер фактора.

Розрахунок значення F- критерію, обчислено за формулою:

$$F = \frac{\delta^2}{\bar{\sigma}^2},$$

$$\text{де } \delta^2 = \frac{n_1 \cdot (\bar{X}_1 - \bar{X})^2 + n_2 \cdot (\bar{X}_2 - \bar{X})^2}{k - 1}$$

міжгрупова варіація для проведення дисперсійного аналізу;

$$\text{де } \bar{\sigma}^2 = \frac{(n_1 - 1)(S_1)^2 + (n_2 - 1)(S_2)^2}{n - 1}$$

всередині групи експериментів;

$n = n_1 + n_2$ - загальний обсяг вибірки;

$k - 1$ - кількість степенів свободи для факторів;

S_1, S_2 - вибіркові середні квадратичні відхи-

лення;

$$\bar{X} = \frac{n_1 \cdot \bar{X}_1 + n_2 \cdot \bar{X}_2}{n_1 + n_2}$$

\bar{X}_1, \bar{X}_2 - середні значення всередині вибірки.

Оцінка ефективності нагріву і сушіння зерна при використанні ІЧ і комбінованого підведення теплової енергії здійснено за такими основними показниками:

- витрата енергії на нагрів сухої маси матеріалу:

$$Q_m = G_2 \cdot c_z \cdot (T_{z_k} - T_{z_0}), \text{ кДж} / \text{год}$$

де G_2 - витрати теплоносія (для режиму ІЧ сушіння відсутні), $\text{кг} / \text{год}$;

c_z - теплоємність зерна, $\text{кДж} / \text{кг} \cdot \text{К}$.

- витрати тепла на випаровування вологи з зерна:

$$Q_{исп.} = W \cdot (i_2'' - c_z \cdot T_{z_0}), \text{ кДж} / \text{год}$$

де W -кількість вологи, що випаровується, $\text{кг} / \text{год}$;

i_2'' - ентальпія водяної пари у повітрі, що виходить з сушильної камери, $\text{кДж} / \text{кг}$.

На рис. 6 показана залежність питомих витрат теплоти на ІЧ і комбіноване сушіння від температури ІЧ джерела теплоти.

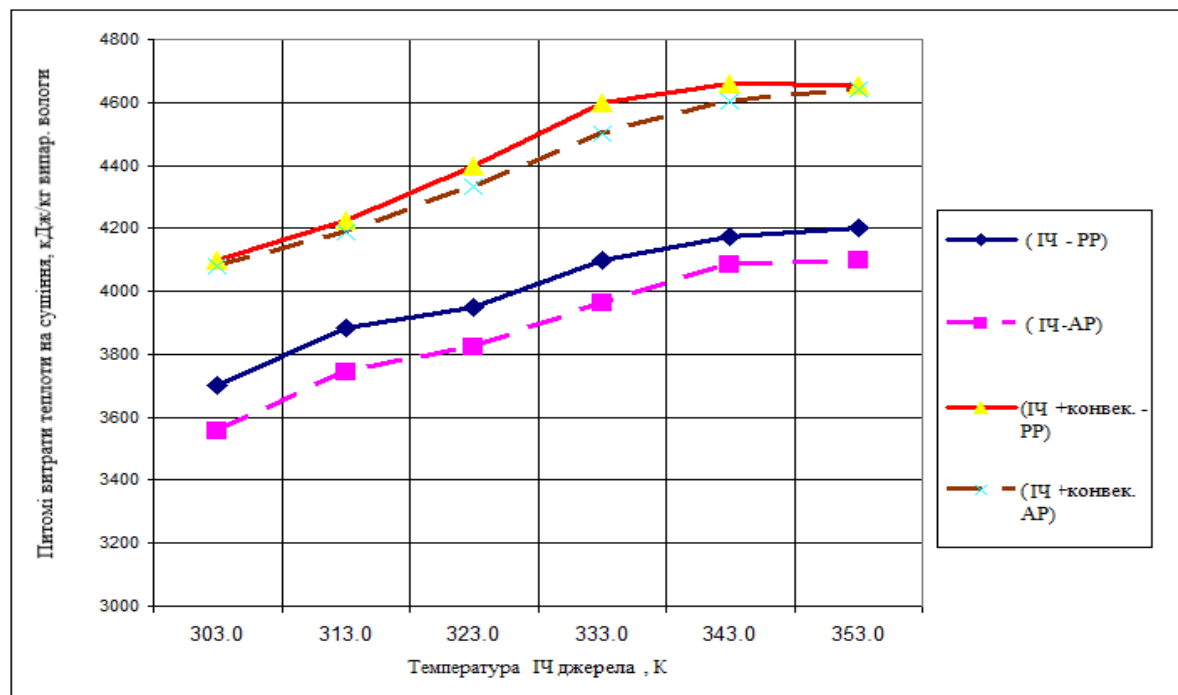


Рис. 6. Залежність питомих витрат теплоти на ІЧ і комбіноване сушіння від температури ІЧ джерела теплоти

Як видно з графіків, найменші питомі витрати теплоти на випаровування вологи для варіанту ІЧ сушіння без конвективної складової. Однак, слід враховувати, що економія часу у процесі випаровування вологи при комбінованому підведенні теплоти є суттєвою. Наприклад, для температури ІЧ джерела $T_p = 343\text{--}353\text{K}$, становить не менше 40% у порівнянні з варіантом використання тільки ІЧ підведення теплоти. У той же час, комбіноване сушіння потребує і більш складної системи автоматичного регулювання по контуру підведення теплого повітря, при цьому економія за часом, може призвести до удорожчання всієї системи ІЧ сушіння в цілому.

Висновки. Розглянуто задачу інформаційної підтримки сушіння зернових культур (в першу чергу, пшениці) на основі застосування технологій інфрачервоного випромінювання.

Наведено результати експериментальних досліджень, виконаних на основі розроблених раніше математичних моделей процесу інфрачервоного сушіння.

Виявлено, що застосування інфрачервоного випромінювання сприяє інтенсифікації процесу сушіння зерна за рахунок значного збільшення щільності теплового потоку на поверхню опромінюваного матеріалу та проникнення інфрачервоних променів всередину матеріалу.

В той же час, використання інформаційних технологій і засобів автоматизації, дозволяє підвищити ефективність процесу інфрачервоного сушіння зерна, а також вибрати найбільш оптимальні режими сушіння зерна, наприклад, на базі застосування систем підтримки прийняття рішень.

Показано, що використання інформаційних технологій, раціональних схем і режимних параметрів процесів інфрачервоного сушіння зерна, дозволяють скоротити час видалення вологи при «дбайливих» режимах сушіння для забезпечення необхідних якісних показників продукту.

Література

1. Цугленок, Н.В. Функциональное описание процесса сушки зерна. // Вестник КрасГАУ, № 8, – Красноярск, 2005. – С. 217–221.
2. Влияние ИК-обработки зерна пшеницы и ржи на параметры процесса его измельчения / [Крикунова Л.Н., Андриенко Т.В., Черных В.Я., Лебедев А.В.] – 2007. – с. 76-77. – (Известия вузов. Пищевая технология. №4).
3. Цугленок, Н.В. Техника и технология сушки зерна / [Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.В. Демский] - Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 119 с. – (Учебное пособие).
4. Ширяев Д.А. Использование стохастического моделирования в АСУ элеваторов и зернохранилищ / Ширяев Д.А., Лахно В.А. – Оренбург, 2007. – с.73-79. – (Сборник научных статей государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» №6).
5. Лахно В.А. Математическое моделирование процесса конвективного теплообмена в силосах элеватора / Лахно В.А., О.Ширяев, Романченко Т.П. – Подільський державний аграрно-технічний університет: 2008. – с.114-115. – (Вісник ПДАТУ №16).
6. Лахно В.А. Математическая модель процесса сушки зерна инфракрасным излучением / Лахно В.А., О.Ширяев, Миронюк Н.Т. – Луганськ: 2009. – с. 233-239. – (Вісник СХУ ім. В. Даля. №1(131). Частина 2).

References

1. Cuglenok, N.V. Funkcional'noe opisanie processa sushkizerna. // Bulletin of KrasSAU, № 8, – Krasnoyarsk, 2005. – p.217-221.
2. Vliyanie IK-obrabotkizernapshenicy irzhinaparametry processa ego izmel'cheniya / [Krikunova L.N., Andrienko T.V., Chernyh V.YA., Lebedev A.V.]. – 2007. – s.76-77. (News of institutes of higher education. Food technology).
3. Cuglenok, N.V. Tekhnika i tekhnologiyasushkizerna / [N.V. Cuglenok, S.K. Manasyan, N.V. Demskij] – Krasnoyarsk gos. agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2007. – 119 s. – (Uchebnoe posobie)
4. SHiryayev D.A. Ispol'zovanie stohasticheskogo modelirovaniya v ASU elevatorov i zernohranilishch / SHiryayev D.A., Lakhno V.A. – Orenburg, 2007. – s.73-79. – (Sbornik nauchnykh statej gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya «Orenburgskiy gosudarstvennyy universitet» №6).
5. Lakhno V.A. Matematicheskoe modelirovanie processa konvektivnogo teploobmena v silosahelevatora / Lakhno V.A., OSHiryayev, Romanchenko T.P. – Podil'skij derzhavnij agrarny tekhnicheskij universitet: 2008. – s.114-115. – (Visnik PDATU №16).
6. Lakhno V.A. Matematicheskaya model' procesa sushkizerna in frakrasnykh mizlucheniye / Lakhno V.A., OSHiryayev, Mironyuk N.T. – Lugansk: 2009. – s. 233-239. – (Visnik SNU im. V. Dallya. №1(131). CHastina 2)

Лакно В.А., Матус Ю.В., Осипова Т.Ю. Информационная поддержка технологического процесса инфракрасной сушки зерна

В статье рассмотрена задача информационной поддержки сушки зерна на основе технологии инфракрасного излучения. Приведены результаты экспериментальных исследований, выполненных на основе разработанных ранее математических моделей процесса инфракрасной сушки. Показано, что применение инфракрасного излучения интенсифицирует процесс сушки зерна вследствие значительного увеличения плотности теплового потока на поверхности облучаемого материала и проникновения инфракрасных лучей внутрь материала. Показано, что использование информационных технологий позволяет повысить эффективность процесса сушки зерна инфракрасным излучением, а также выбрать наиболее оптимальные режимы сушки зерна.

Показано, что использование информационной технологии, рациональных схем и режимных параметров процессов инфракрасной сушки зерна, позволяют сократить время влагоудаления при «бережных» режимах сушки для обеспечения необходимых качественных показателей продукта.

Ключевые слова: сушка, инфракрасная, автоматизация, зерно, элеватор, компьютерные системы

Lakhno V., Matus Yu., Osypova T. Information support of technological process of infrared drying of grain

In the paper the problem of information support of drying of grain based on technology of infrared radiation is considered. The importance of using modular ASCs (automated control systems), their inflexibility in reconfiguring are shown. The structure and principle of the experimental setup are described; the parameters of infrared radiation sources are given. Information technologies and modern high-level programming languages have made it possible to develop a computer system for modeling and optimizing the thermal processes of IR grain drying.

The given ASC includes primary signal converters (temperature and humidity sensors), I/O devices (ADC - DAC), computers, related software, control elements of the equipment used to implement the investigated processes, the operator. The interfaces are implemented in Delphi, the basic procedures are in Object Pascal, VBA and LabVIEW 10. The use of the virtual oscilloscope allowed to track the change of IR drying time over time.

The temperature control and control module, developed in Delphi and partly in LabVIEW, is intended for graphical interpretation of changes in temperature and humidity in different zones (layers) of grain mass in the drying chamber.

The results of experimental studies based on previously developed mathematical models of the infrared drying process are presented. It is shown that the use of infrared radiation contributes to the intensification of the drying process of the grain due to a significant increase in the density of heat flux on the surface of the irradiated material and the penetration of infrared rays into the material.

The presented use of information technologies allows to increase the efficiency of grain drying process by infrared radiation, as well as to choose the most optimal modes of grain drying.

It is established that use of information technologies, rational schemes and regime parameters of processes of infrared drying of grain allow to reduce time of removal of moisture at «careful» modes of drying for providing necessary quality indicators of a product. At the same time, combined drying also requires a more sophisticated system of automatic control of the contour of warm air supply, while saving time can lead to refinement of the whole IR drying system as a whole.

Keywords: drying, infrared, automation, grain, elevator, computer systems

Лакно В.А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного університету біоресурсів і природокористування України, valss21@ukr.net

Матус Ю.В. – старший викладач кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного університету біоресурсів і природокористування України, umatus@ukr.net

Осипова Т.Ю. – к.пед.н., доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж Національного університету біоресурсів і природокористування України, t_osipova@nubip.edu.ua

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-50-54>

UDC 66.084.2: 661.7

STUDYING THE INFLUENCE OF THE CATALYTIC EFFECT OF TRANSITION METALS AND THEIR OXIDES ON THE PROCESS OF STEAM GASIFICATION OF STONE COAL

Luhovskoi A.I., Glikin M.A., Kudryavtsev S.O., Glikina I.M.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАТАЛІТИЧНОГО ЕФЕКТУ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ І ЇХ ОКСИДІВ НА ПРОЦЕС ПАРОВОЇ ГАЗИФІКАЦІЇ КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ

Луговської А. І., Глікін М.А., Кудрявцев С.О., Глікiна І.М.

Studying the process of steam gasification of stone coal continues. The study of the process occurs in the conditions of aerosol nanocatalysis technology (AnC). The aerosol nanocatalysis technology is a fundamentally new, simple and competitive catalysis technology without the use of a carrier. This is a technology for the implementation of heterogeneous catalytic processes, based on mechanochemical effects. Mechanochemical effects result from mechanical effects on the catalytically active component. The rotation reactor of aerosol nanocatalysis is a multipurpose purpose. The scheme of the laboratory installation with the rotating reactor has been modified to study the process of coal gasification. The main feature of this process is the formation and activation of catalyst nanoparticles. Which is realized by means of rotation of the reactor. Mechanochemical activation increases the reactivity of the catalyst particles, which leads to an increase in the rate of chemical reactions. The efficiency of gasification processes can be significantly improved by using suitable catalysts that allow to lower the temperature while maintaining the high speed of the process and to regulate the composition of the products. The effect of catalysts on the composition of the synthesis gas in the conditions of the aerosol nanocatalysis technology was investigated. For this purpose, were taken the catalysts, which are most widely used in the process of steam gasification of coal. The influence of each of the catalysts used in the study on the change in the content of hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, methane, ethylene, ethane in the resulting synthesis gas is determined. Justification of the choice of catalyst to obtain a synthesis gas of one or another composition was given. The opportunity the obtaining of synthesis gas, the composition of which is favorable for the production of methanol, was considered. When processing the research data, the relative error, confidence probability and accuracy of approximation were calculated. Values of the obtained accuracy indicators show a satisfactory level of compliance of measurements with true values.

Keywords: aerosol nanocatalysis, steam gasification, synthesis gas, coal.

1. Introduction. In the modern chemical industry a number of processes are widely used, which are based on gas-phase catalytic synthesis with using synthesis gas. Synthesis gas is the basic product for the production of many chemicals [1]. So, for example, synthesis gas is used in the Fischer-Tropsch process, used for the synthesis of methanol, required in obtaining esters, as well as in the processes of oxosynthesis (hydroformylation) [2].

At present, the most promising way to get synthesis gas, based on modern trends of world chemical industry development, is steam gasification of stone coal.

The application of aerosol nanocatalysis technology will greatly improve the technical and economic parameters of the process of steam gasification of stone coal [3]. The principles of aerosol nanocatalysis technology are described in the paper [4].

2. The aim of the study. The aim of this work is to study the influence of the catalytic effect of transition metals Ni and Co and transition metal oxides ZnO, Cr₂O₃ and V₂O₅ on the process of steam gasification of stone coal in the conditions of aerosol nanocatalysis technology in a rotating reactor. To accomplish the aim, the following tasks have been set:

– Explore the influence of catalysts Ni, Co, ZnO, Cr₂O₃ and V₂O₅ on the process of steam gasification of stone coal at different temperatures;

– Conduct an analysis experimental data and investigate the change in the composition of the resulting synthesis gas from replacing catalysts one by one.

3. Research methodology. Before starting the experiment, the catalytic system and the explored mass of coal were placed into the reactor. The volume of the reactor was 160 cm³. The mass of placed coal was 23,82 g. (which is equal in volume ≈ 37,6 cm³). The volume of the catalytic system – 40 cm³. The catalytic system consists of dispersing material (metal balls with a diam-

eter 1,6–1,8 mm) and a catalyst. The material of the balls – stainless steel, ferrite class, mark AISI 430. As catalysts studied were taken some transition metals – Ni, Co, as well as transition metal oxides – ZnO, Cr₂O₃ and V₂O₅ in a powdered state. The following catalysts were chosen for research, because on the basis of the analysis of literary data on the subject, these catalysts are widely used in the processes of steam gasification of coal.

In the course of this work we investigated stone coal (mine named D. Melnikova, Lugansk region) with such characteristics: mark of coal – G (gas), analytical (hygroscopic) moisture $W^a = 5,17\%$, ash content of dry coal $A^d = 10,21\%$. Before placing, the coal was crushed to the fraction with particle size not more than 1,2 mm.

The research was carried out in the temperature interval from 873 to 1173 K. After reaching the temperature being studied, water began to enter the reactor. Water supply was carried out using a syringe dispenser. The rate of water flow – 3,43 ml/min (0,2058 l/h). This rate of flow provided a ratio organic part of coal:water = 1:1,3. The duration of the experiment was equal 440 s.

The mechanochemical activation (MCA) was carried out with frequency $\nu = 3$ Hz. According to previous research results, activation with this frequency is the best. MCA was implemented by means of rotation of the reactor in a vertical plane and characterized by the speed of rotation. The rotation of the reactor promotes the creation and activation of aerosol catalyst nanoparticles.

Scheme of laboratory installation with a rotating reactor described in detail in the article [5]. Since air is an undesirable component for steam gasification of coal – before the experiment, the reactor was purged with nitrogen.

Analytical control was performed using a chromatograph «LHM-8» (made in the USSR). Sensitivity of the thermal conductivity detector (TCD) is $1 \cdot 10^{-3}$.

4. Results of the research and their discussion.

Figure 1 shows how replacing one catalyst with another catalyst influences the change of hydrogen content in gas at the output of the reactor.

During the study, it was found, that all used catalysts have a similar effect on the change of hydrogen content (figure 1) and carbon monoxide content (figure 2). At least in the studied temperature interval. So change of the content H₂ and CO in conditions of use of the studied catalysts when the temperature increases has a clearly expressed character – is growing.

In this case, catalysts differ in their effectiveness. The powder of nickel was the best, if we talk about the yield of target substances (figures 1 and 2).

So, for example, at temperature 1173 K and with nickel catalyst the hydrogen content was 62,2 % vol., the content of CO – 29,3 % vol. In this case the hydrogen content more by 0,7 percentage point (p.p.) or by 1,14 % (in comparison with the use of cobalt). When

using other catalysts under study the content of H₂ was (at temperature 1173 K): 56,9 % vol. – when using V₂O₅, 55,6 % vol. – when using Cr₂O₃, 54,0 % vol. – when using ZnO (figure 1). That is, when using nickel at temperature 1173 K the hydrogen content was more by 5,3 p.p. (or by 9,31 %), more by 6,6 p.p. (or by 11,87 %) and more by 8,2 p.p. (or by 15,19 %) in comparison with the use of catalysts V₂O₅, Cr₂O₃ and ZnO respectively.

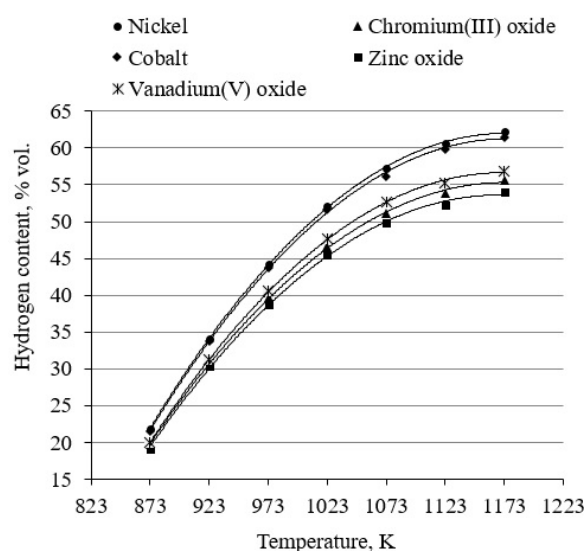


Fig. 1. Dependence of hydrogen content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 3,4 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9992

With regard to the carbon monoxide content – in this case the situation is similar. The catalyst ZnO has shown the lowest efficiency, namely 25,6 % vol. at temperature 1173 K (figure 2).

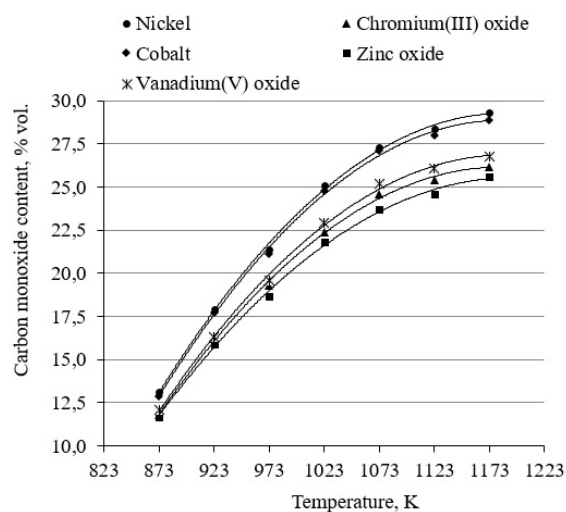


Fig. 2. Dependence of carbon monoxide content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 3,2 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9983

When using Ni the carbon monoxide content was by 3,7 p.p. or by 14,45 % higher than when using zinc oxide (in conditions of constant temperature). When using nickel the content of CO was by 0,4 p.p. or by 1,38 % higher than when using cobalt, by 2,5 p.p. (or by 9,33 %) higher than when using V_2O_5 and by 3,1 p.p. (or by 11,83 %) higher than when using Cr_2O_3 at temperature 1173 K.

The results of the study showed, that at other temperatures (in the interval from 873 to 1123 K) by efficiency catalysts are arranged in the same order, in which and at temperature 1173 K.

So in the row of efficiency reduction the catalysts can be arranged in the following order: Ni > Co > V_2O_5 > Cr_2O_3 > ZnO. Where the powder of nickel is most effective for getting hydrogen and CO, and zinc oxide – is the least efficient in the process of steam gasification of stone coal. And since hydrogen and carbon monoxide are the target products in the investigated process – it is possible to make appropriate conclusions regarding the choice of catalyst.

It was also investigated how the use of different catalysts influences on change the content of carbon dioxide (figure 3).

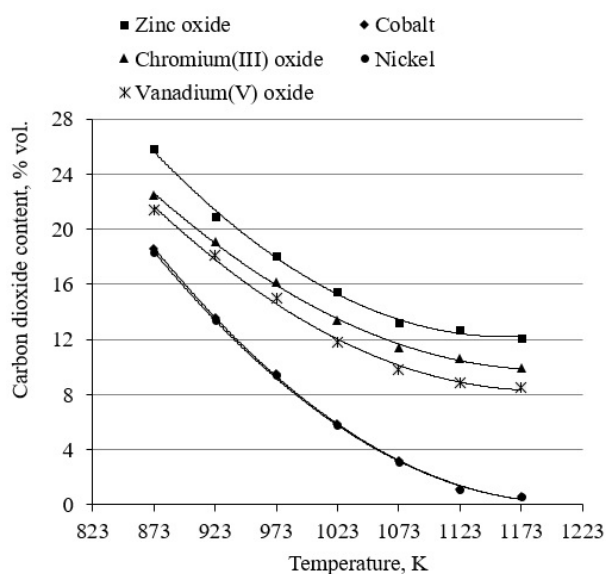


Fig. 3. Dependence of carbon dioxide content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 6,4 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9964

The use of the catalyst ZnO has promoted the highest content of carbon dioxide. At that, in conditions of different temperatures impact on the content of CO_2 , from catalyst change, has a different value.

So at temperature 973 K the reduction of the carbon dioxide content was 48,07 % – from 18,1 to 9,4 % vol. (when using nickel in comparison with the catalyst ZnO). At temperature 1023 K the carbon dioxide content decreased by 62,58 % or by 9,7 p.p. At temperature 1073 K, when using ZnO – content decreased by 76,52 % or by 10,1 p.p. At temperature

1123 K the reduction of the content of CO_2 was 91,34 %. And most of all, at temperature 1173 K – the carbon dioxide content decreased by 95,04 % or by 11,5 p.p. (from 12,1 to 0,6 % vol.).

In accordance with the technological features of the process, in accordance with the methods of further use of synthesis gas – carbon dioxide is a side product of gasification of stone coal. And the increase of the carbon dioxide content in the resulting gas is a negative phenomenon.

So, for example, the reduction of the content of CO_2 can lead to an increase of the functional f , the increased value of which, definitely needed for obtain certain chemical products. For the production of methanol from synthesis gas the value f should be from 2,05 to 2,20. Based on this, experiment methodology and catalyst selection were motivated by the desire to reduce the carbon dioxide content.

Cobalt powder and, to a greater extent, nickel powder are the optimal catalysts in the process of steam gasification of stone coal. Because, when using these catalysts the content of CO_2 in the resulting synthesis gas was the lowest. In accordance with the results of experiments, in the conditions of use of the nickel catalyst, at temperature 1173 K the value of the functional f of the resulting synthesis gas is equal 2,06.

The results of the study showed, that the nickel catalyst promotes to the formation of methane stronger than other used catalysts (figure 4). Next, in order of decreasing abilities to form methane are located: vanadium(V) oxide, chromium(III) oxide, zinc oxide. When using cobalt powder the methane content in the gas sample was the smallest.

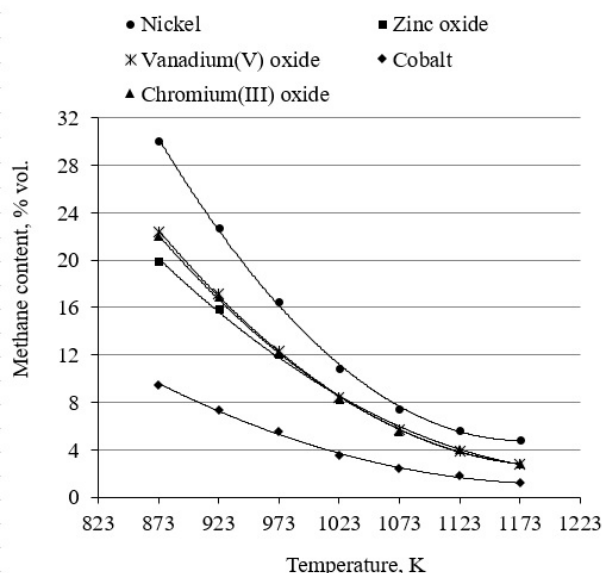


Fig. 4. Dependence of methane content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 5,2 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9975

Low content of methane in the gas at the outlet of the reactor, when using a cobalt catalyst, can be explained by, that this catalyst promotes the formation of other chemical compounds.

Use of nickel catalyst to a large extent promoted to the methanation process – the process of methane formation. So when used as a catalyst the powder of nickel at temperature 873 K the content of methane was 30,1 % vol. what is in 3,17 times more (or by 20,6 p.p.) than in the case of the use of cobalt (figure 4). At temperatures 1073 K and 1123 K the increase of the content of CH_4 happened in 3,13 and 3,17 times respectively (or by 213 and 217 %). The biggest difference of the change of the methane content when using a nickel catalyst marked at temperature 1173 K and it was 4 times (in comparison with cobalt).

After some research it became clear, that the cobalt catalyst promotes to the formation of saturated and unsaturated hydrocarbons – the formation of ethylene (figure 5) and the formation of ethane (figure 6). In comparison with other catalysts, that have been used in the study, in the case of using cobalt the content of these substances in the gas at the outlet of the reactor was the biggest.

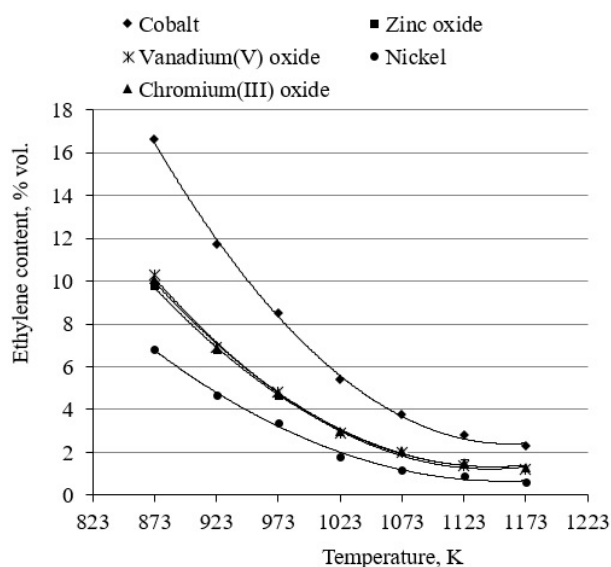


Fig. 5. Dependence of ethylene content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 5,4 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9962

As results of data processing have shown, when using catalysts ZnO , Cr_2O_3 and V_2O_5 there was an increase of the ethylene content (in comparison with the use of nickel). Moreover, according to efficiency of their influence on the change of the content of C_2H_4 these transition metal oxides almost do not differ from each other (figure 5).

The cobalt catalyst showed the greatest selectivity which is aimed at the formation of C_2H_4 . Particular growth of the ethylene content, when replacing nickel powder on cobalt powder, occurs at temperatures 1073–

1173 K. So, for example, at temperature 1073 K an increase of the content of this olefin was recorded by 3,17 times or by 2,6 percentage point. At temperature 1173 K – an increase was recorded by 3,83 times or by 283,33 % (from 0,6 to 2,3 % vol.).

Next, let's take a closer look the aforementioned change of the ethane content (figure 6).

The content of the second member of the homologous series of alkanes at temperature 1023 K is increased, in comparison with the use of nickel, by 50 % when using ZnO , by 53,57 % when using Cr_2O_3 and by 57,14 % when using V_2O_5 . And this content is equal 4,2 % vol., 4,3 % vol. and 4,4 % vol. respectively. At temperature 1123 K the content of C_2H_6 is equal 2,9 % vol. when using zinc oxide (an increase by 52,63 %) and is equal 3 % vol. when using chromium(III) oxide – an increase by 57,89 %. At temperature 1173 K the ethane content has increased by 56,25 % when using catalyst ZnO and by 62,50 % when using chromium(III) oxide or vanadium(V) oxide.

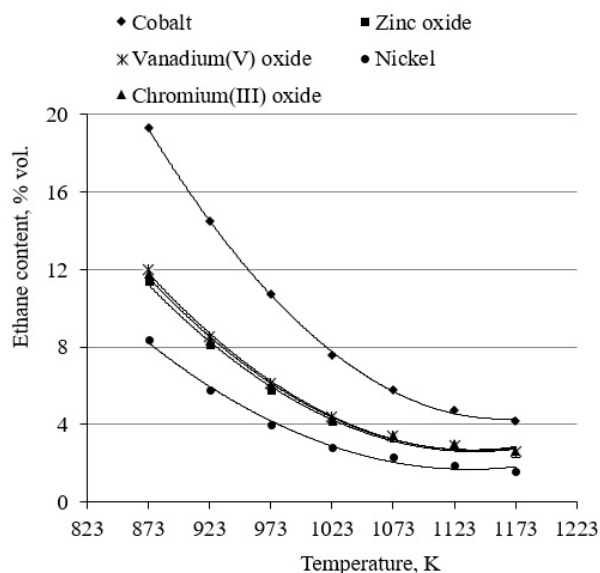


Fig. 6. Dependence of ethane content on temperature when using different catalysts. Relative error δX does not exceed 4,5 %; confidence probability α is equal 0,96; accuracy of approximation R^2 is not less 0,9932

The cobalt catalyst promotes to the increase the content of C_2H_6 by 2,68 times or by 6,7 p.p. at temperature 973 K (in this case the ethane content was 10,7 % vol.). At temperature 1023 K the increase of the ethane content happened in 2,71 times – to 7,6 % vol. Also, a significant increase of the ethane content was recorded at temperature 1173 K – the increase of the content happened by 2,63 times or by 162,50 % (from 1,6 to 4,2 % vol. when using a nickel catalyst).

Conclusions. Summing up the results, we can say, that each of the catalysts, which were used in the study, differently accelerate various chemical reactions, which occur in the process of steam gasification of stone coal. And since, the steam gasification – a process that occurs

with a lot of reactions, some of which are target reactions, and some of which are side reactions, that from the choice of catalyst will depend the composition of the resulting gas and the process efficiency.

Laboratory studies have shown, that the use of such catalysts as V_2O_5 , Cr_2O_3 , and especially ZnO leads to obtaining gas with a relatively high content of carbon dioxide (figure 3), which is undesirable. The cobalt catalyst promotes to the formation of saturated and unsaturated hydrocarbons, namely such substances as C_2H_4 and C_2H_6 (figures 5 and 6). The use of nickel powder as a catalyst promotes to the formation of methane (when using cobalt, the content of CH_4 was the smallest). This is visible from the figure 4. Moreover, the nickel powder was the most effective regarding the obtain of target products – regarding hydrogen and carbon monoxide (figures 1 and 2). Also, when using nickel, it is possible to obtain a synthesis gas with the functional f , the value of which is favorable for the production of methanol. And at that no need to apply any additional technological operations regarding the change in the composition of the resulting synthesis gas.

References

1. Makarov G. N., Harlampovich G. D. (1986). Chemical technology of solid fossil fuels: Textbook for universities. Moscow: Chemistry, 496 p.
2. Kalechitsa I. V. (1980). Chemical substances from coal. Translated from german. Moscow: Chemistry, 616 p.
3. Fleisch T. H., Sills R. A., Briscoet M. D. (2002). Emergence of the Gas-to-Liquids Industry: a Review of Global GTL Developments. Journal of Natural Gas Chemistry, V. 11, № 1–2, 14 p.
4. Glikin M. (1996). Aerosol Catalysis // Theoretical Foundations of Chemical Technology, V. 30, № 4, 430–435.
5. Luhovskoi A., Glikin M., Kudryavtsev S., Glikina I. (2017). Obtaining synthesis-gas by the stone coal steam conversion using technology of aerosol nanocatalysis. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 6/6 (90), 53–58.

Література

1. Макаров Г. Н. Химическая технология твёрдых горючих ископаемых: Учеб. для вузов / Под ред. Г. Н. Макарова, Г. Д. Харламповича. — М.: Химия, 1986. — 496 с.
2. Калечица И. В. Химические вещества из угля. Пер. с нем. / Под ред. И. В. Калечица — М.: Химия, 1980. — 616 с.
3. Fleisch T. H. Emergence of the Gas-to-Liquids Industry: a Review of Global GTL Developments / Fleisch T. H., Sills R. A., Briscoet M. D. // Journal of Natural Gas Chemistry. — 2002. — V. 11, № 1–2. — P. 14.
4. Гликин М. А. Аэрозольный катализ // Теоретические основы химической технологии — 1996. — Т. 30, № 4, С. 430–435.
5. Luhovskoi A. Obtaining synthesis-gas by the stone coal steam conversion using technology of aerosol nanocatalysis / A. Luhovskoi, M. Glikin, S. Kudryavtsev, I. Glikina // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2017. — № 6/6 (90). — С. 53–58.

Луговської А. І., Глікін М. А., Кудрявцев С. О., Глікїна І. М. Дослідження впливу каталітичного ефекту перехідних металів і їх оксидів на процес парової газифікації кам'яного вугілля

Продовжується дослідження процесу парової газифікації кам'яного вугілля в умовах технології аерозольного нанокаталізу (AnC). Особливістю даного процесу є утворення і активація наночастинок катализатора, що реалізується за допомогою обертання реактора. Досліджено вплив найбільш широко використовуваних катализаторів газифікації вугілля на склад синтез-газу в умовах технології AnC. Наведено обґрунтування вибору катализатора для одержання синтез-газу того чи іншого складу. Розглянуто можливість отримання синтез-газу, склад якого сприятливий для виробництва метанолу.

Ключові слова: аерозольний нанокатализ, парова газифікація, синтез-газ, кам'яне вугілля.

Луговской А. И., Гликин М. А., Кудрявцев С. А., Гликкина И. М. Исследование влияния каталитического эффекта переходных металлов и их оксидов на процесс паровой газификации каменного угля

Продолжается исследование процесса паровой газификации каменного угля. Процесс исследовался в условиях технологии аэрозольного нанокатализа (AnC). Особенностью изучаемого процесса является образование и активация наночастиц катализатора, что реализуется посредством вращения реактора. Исследовано влияние катализаторов на состав синтез-газа в условиях технологии AnC. Для этого были взяты катализаторы, которые наиболее широко используются в процессах газификации угля. Приведено обоснование выбора катализатора для получения синтез-газа требуемого состава. Рассмотрена возможность получения синтез-газа, состав которого соответствует требованиям для производства метанола.

Ключевые слова: аэрозольный нанокатализ, паровая газификация, синтез-газ, каменный уголь.

Луговської Артур Ігорович – аспірант кафедри Хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: artur.lugovskoi@i.ua

Глікін Марат Аронович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри Хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: maratglik@rambler.ru

Кудрявцев Сергій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: sergeykudryavtsevsn@gmail.com

Глікїна Ірина Маратівна – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри Хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: irene555@i.ua

Стаття подана 10.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-55-59>

УДК 66.02+532.556

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОРОТКОГО ДИФFUЗОРА. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Москалик В. М., Карпюк Л. В., Табунщиков В. Г.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE HYDRAULIC RESISTANCE COEFFICIENT OF A SHORT DIFFUSER. RESULTS OF THE EXPERIMENT

Moskalyk V.M., Karpyuk L.V., Tabunshchikov V.G.

В работе получены оценочные экспериментальные коэффициенты гидравлического сопротивления диафрагмы с утолщенными краями разного диаметра, которые удовлетворительно согласуются с данными, рассчитанными по теоретическому уравнению литературного источника. Проведены обстоятельные экспериментальные исследования зависимости коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора от числа Рейнольдса и основных геометрических параметров диффузора. Выявлено, что коэффициент гидравлического сопротивления короткого диффузора не зависит от угла расширения и относительной длины диффузора и увеличивается с ростом числа Рейнольдса и с повышением степени расширения, причем в последнем случае зависимость имеет экспоненциальный вид.

Ключевые слова: самоорганизация, профиль скорости, клапан, короткий диффузор, коэффициент гидравлического сопротивления.

Введение. Инженер при разработке нового аппарата особое внимание уделяет движению внутри него потоков, стремясь обеспечить равномерное их распределение по поперечному сечению, т.к. от этого зависит получаемый технический эффект при его промышленной эксплуатации [1, 2]. Нами предложен новый метод равномерного распределения газа / пара в аппарате и основанная на нем конструкция распределителя [3, 4]. Сущность метода заключается в самоорганизованном равномерном распределении газа / пара по клапанам, встроенным по потоку в глухую тарелку. В клапане проточного типа отсутствуют подвижные элементы. Он складывается из короткой трубки и расположенными в нем короткими диффузорами, образующие линии отверстий которых формируют конфузор. При набегании потока в клапан между внутренней стенкой трубки и внешней стенкой коротких диффузоров образуется обратный ток, формирующий переменное проходное се-

чение потока в клапане. Установка нескольких клапанов в глухой тарелке будет способствовать равному перераспределению между ними газа/пара и в итоге формировать ровный профиль скорости после глухой тарелки.

Методики постановки эксперимента и обработки экспериментальных данных. Расчет гидравлического сопротивления нового распределителя газа/пара не возможен без достоверных сведений о коэффициенте гидравлического сопротивления короткого диффузора, являющегося основным внутренним элементом клапана. С этой целью разработана и апробирована лабораторная установка для экспериментального определения коэффициента гидравлического сопротивления [4]. Сущность методики постановки эксперимента состояла в создании ровного профиля скорости воздуха W_1 на входе в короткую трубку внутренним диаметром $D_1=24$ мм и длиной $L=122$ мм, внутри которой размещался элемент исследования, и в определении его гидравлического сопротивления ΔP с помощью дифференциального манометра. Во всех случаях проведения эксперимента короткая трубка была вделана в стенку на расстоянии $b/D=2,5$, где b – длина трубки от места ее входного среза до стенки. Эксперименту подвергали элементы, представленные на рис. 1.

Здесь представлены диафрагмы и диффузоры. Диафрагмы занимают позиции 1.1, 2.1, и 3.1 соответственно диаметром 9, 10 и 12 мм. Остальные позиции заняты диффузорами, отличающиеся друг от друга по углу расширения, степени расширения и относительной длине.

Коэффициент гидравлического сопротивления определяли путем вычитания из общего коэффициента гидравлического сопротивления, полученного по экспериментально измеренному гидравлическому сопротивлению ΔP трубки и элемента исследования, коэффициента гидравлического трения в трубке и

коэффициентов сопротивления входа в трубку и выхода из нее. В [4] обстоятельно доказано, что при числах Рейнольдса $Re_1 > 4000$ расчет коэффициента гидравлического трения λ целесообразно вести по формуле Филоненко–Альтшуля, а коэффициенты сопротивления входа $\zeta_{вх}$ в трубку и выхода $\zeta_{вых}$ из трубки в наших условиях соответственно можно принять равными, 0,5 и 1,0.



Рис. 1. Элементы исследования – диафрагмы и короткие диффузоры

Коэффициент гидравлического сопротивления диафрагмы с утолщенными краями в прямой трубке. Изучаемые нами короткие диффузоры имели значительные степень расширения и угол расширения при небольшой относительной длине. Поэтому схема течения потока через короткий диффузор будет подобна течению потока с внезапным изменением скорости при перетекании потока через диафрагму с утолщенными краями в прямой трубке, которая складывается из внезапного сужения и внезапного расширения [5]. Во время эксперимента диафрагмы (см. рис. 1) толщиной $l_0 = 2$ мм и диаметром $D_0 = 9, 10$ и 12 мм помещались в трубку внутренним диаметром $D_1 = 24$ мм.

Коэффициент местного сопротивления диафрагмы зависит от отношения площадей узкого F_0 и широкого F_1 сечений и его рекомендуют рассчитывать по формуле Борда–Карно. Диафрагма с утолщенными краями интересна тем, что ее коэффициент гидравлического сопротивления может быть рассчитан по теоретическому уравнению [5, 6], которое, по сути, является модифицированным уравнением Борда–Карно

$$\zeta_1^p = \left[0,5 \left(1 - \frac{F_0}{F_1} \right)^{0,75} + \tau \left(1 - \frac{F_0}{F_1} \right)^{1,375} + \left(1 - \frac{F_0}{F_1} \right)^{0,75} + \left(1 - \frac{F_0}{F_1} \right)^2 + \lambda \frac{l_0}{D_0} \right] \left(\frac{F_1}{F_0} \right)^2, \quad (1)$$

где τ рассчитывают из уравнения

$$\tau = \left(2,4 - \frac{1}{D_0} \right) \cdot 10^{-\varphi \left(\frac{l_0}{D_0} \right)}, \quad (2)$$

в котором функцию $\varphi \left(\frac{l_0}{D_0} \right)$ находят из уравнения

$$\varphi \left(\frac{l_0}{D_0} \right) = 0,25 + 0,535 \left(\frac{l_0}{D_0} \right)^{-8} / \left(0,05 + \left(\frac{l_0}{D_0} \right)^{-7} \right) \quad (3)$$

В формуле (1) λ – коэффициент гидравлического трения.

Экспериментальное определение коэффициента гидравлического сопротивления диафрагмы проводилось на специально разработанной установке. Описание схемы установки, методики постановки и обработки экспериментальных данных детально представлены в [4]. Расчет экспериментального коэффициента гидравлического сопротивления диафрагмы вели по уравнению

$$\zeta_1^3 = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho_{p.y.} \cdot W_1^2} - \left(\zeta_{вх} + \lambda \frac{L}{D_1} + \zeta_{вых} \right), \quad (4)$$

где ΔP – экспериментально измеренное гидравлическое сопротивление, Па;

$\rho_{p.y.}$ – плотность воздуха при рабочих условиях, kg/m^3 ;

W_1 – скорость воздуха в трубке, м/с.

Числа Рейнольдса оценивали по уравнениям:

- по отношению к поперечному сечению отверстия диафрагмы

$$Re_0 = \frac{W_0 D_0}{\nu}, \quad (5)$$

- по отношению к поперечному сечению трубки, в которой размещалась диафрагма

$$Re_1 = \frac{W_1 D_1}{\nu}, \quad (6)$$

где W_0 – скорость воздуха в отверстии диафрагмы, м/с,

W_1 – скорость воздуха в трубке, м/с,

ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, m^2/s .

Следует отметить, что согласно Идельчику теоретические уравнения (1) – (3) начинают работать при числе Рейнольдса $Re_0 > 10^5$, что соответствовало условиям нашего эксперимента.

Результаты обработки экспериментальных и расчетных данных сведены в таблицу. Анализ сопоставления экспериментальных и теоретически рассчитанных значений коэффициентов гидравлического сопротивления диафрагмы с утолщенными краями в прямой трубке показывает их удовлетворительное согласование, при этом относительная ошибка не превышает 15,4 %. Это обстоятельство дополнительно свидетельствует об удовлетворительной работе ранее описываемой в [4] экспериментальной установки, специально разработанной для определения коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора.

Таблиця

Результаты обработки данных по диафрагме

Диафрагма диаметром D ₀ =9 мм, поз. 1.1				
Re ₁	Re ₀	ζ ₁ ³	ζ ₁ ^p	δ, %
12517	33305	92,3	103,2	11,7
14669	39033	89,4		15,4
16822	44761	91,5		12,8
18974	50489	94,7		9,0
21127	56217	96,4		7,0
23279	61944	99,4		3,8
Диафрагма диаметром D ₀ =10 мм, поз. 2.1				
10364	25009	70,2	69,1	1,5
12517	30203	68,9		0,3
14669	35397	72,1		4,1
16822	40592	74,6		7,3
18974	45786	76,9		10,0
21127	50980	78,6		12,0
23279	56174	81,0		14,7
25432	61369	81,6		15,3
Диафрагма диаметром D ₀ =12 мм, поз. 3.1				
10364	20457	23,7	26,6	12,1
12517	24706	24,7		7,6
14669	28955	25,9		2,8
16822	33204	26,7		0,2
18974	37453	27,5		3,1
21127	41702	28,6		6,8
23279	45951	29,3		9,1
25432	50199	29,9		11,2

Экспериментальное определение коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора в прямой трубке. Основными геометрическими параметрами диффузора являются: угол расширения α, степень расширения n=F1/F0 и относительная длина l_d/D₀, где F0 и F1 – площади соответственно входного и выходного отверстий диффузора, м², l_d – длина диффузора м, D₀ – входной диаметр диффузора, м. С целью охвата широкого диапазона изменения указанных геометрических параметров изучению подвергали короткие диффузоры, показанные на рис. 1. Диффузоры поз. 1.2, 1.3 и 1.4 имели диаметр 9 мм, диффузоры поз. 2.2, 2.3 и 2.4 – 10 мм и диффузоры поз. 3.2, 3.3 и 3.4 – 12 мм. Диффузоры поз. 1.2, 2.2 и 3.2 имели угол расширения 120°, диффузоры поз. 1.3, 2.3 и 3.3 – 90° и диффузоры 1.4, 2.4 и 3.4 – 60°. Длина диффузора геометрически связана с входным диаметром D₀ и углом расширения α и в диффузорах изменялась от 3 мм (поз. 3.2) до 12,2 мм (поз. 1.4). Таким образом, в наших условиях изучения коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора угол расширения α изменялся в пределах 60°–120°, степень расширения n – в пределах 4,0–7,11 и относительная длина l_d/D₀ – в пределах 0,25–1,36.

Расчет экспериментального коэффициента гидравлического сопротивления диффузора ζ_д³ проводили по уравнению подобному уравнению (4), а число Рейнольдса Re₁ оценивали по уравнению (6).

На рис. 2 показано влияние числа Рейнольдса Re₁ на коэффициент гидравлического сопротивления короткого диффузора ζ_д³ при фиксированном угле расширения α=60°. Во всех случаях при постоянной

степени расширения n и относительной длине l_d/D₀ коэффициент гидравлического сопротивления короткого диффузора ζ_д³ с увеличением Re₁ незначительно увеличивается, зависимости ζ_д³ = f(Re₁) имеют линейный вид с небольшим подъемом вверх. При этом более существенный подъем ζ_д³ наблюдается для большей степени расширения n=7,11. Очевидно, что относительная длина l_d/D₀ диффузора мало оказывает влияние на ζ_д³.

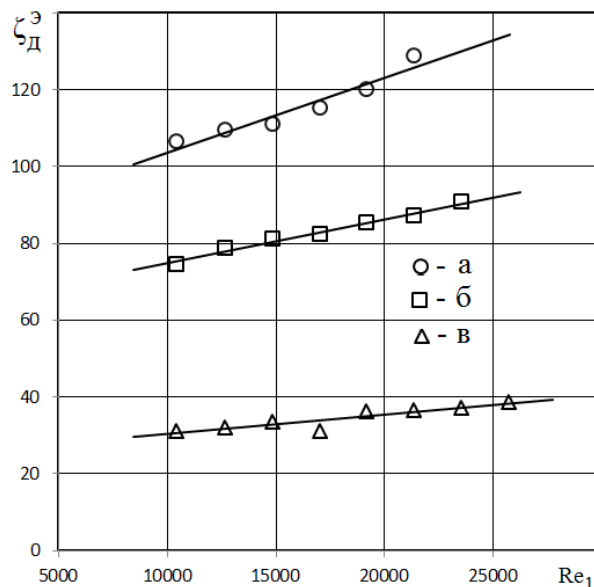


Рис. 2. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_д³ короткого диффузора от числа Рейнольдса Re₁ при α=60°: а – n=7,11, l_d/D₀=1,36; б – n=5,76, l_d/D₀=1,14; в – n=4,0, l_d/D₀=0,808

На рис. 3 представлена зависимость коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора ζ_д³ от угла расширения α при постоянном значении Re₁=17020. Не трудно заметить отсутствие влияния угла расширения α на ζ_д³ для всех случаев степеней расширения линии n, зависимости ζ_д³ = f(α) прямые горизонтальные линии. В то же время рис. 3 свидетельствует о значительном влиянии степени расширения n на ζ_д³.

На рис. 4 представлена зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_д³ короткого диффузора от относительной длины диффузора l_d/D₀ при фиксированном числе Рейнольдса Re₁=17020. Вследствие малой относительной длины l_d/D₀ короткого диффузора ее влияние на ζ_д³ весьма мало, зависимости ζ_д³ = f(l_d/D₀) прямые горизонтальные линии. Рис. 4 указывает на существенное влияние степени расширения n на ζ_д³.

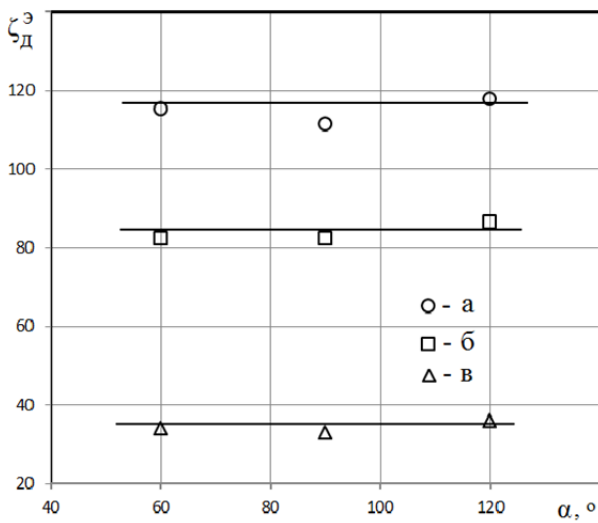


Рис. 3. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_D^3 короткого диффузора от угла расширения α при $Re_1=17020$: а – $n=7,11$; б – $n=5,76$; в – $n=4,0$

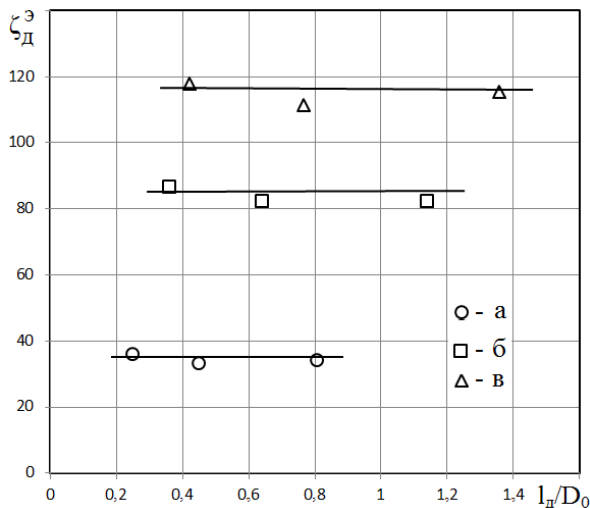


Рис. 4. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_D^3 короткого диффузора от относительной длины диффузора l_D/D_0 при $Re_1=17020$: а – $n=4$; б – $n=5,76$; в – $n=7,11$

На рис. 5 показана зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_D^3 короткого диффузора от степени расширения n^{-1} при фиксированном $Re_1=17020$ для углов расширения $\alpha=60^\circ$, 90° и 120° . Очевидно, что функция $\zeta_D^3 = f(n^{-1})$ имеет экспоненциальную зависимость с явно выраженным крутым наклоном вниз с увеличением n^{-1} . При этом, как было выше обнаружено, угол расширения α не влияет на характер поведения указанной зависимости.

Выводы. Получены надежные экспериментальные зависимости коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора в широком диапазоне чисел Рейнольдса, углов расширения, относительной длины и степени расширения диффузора.

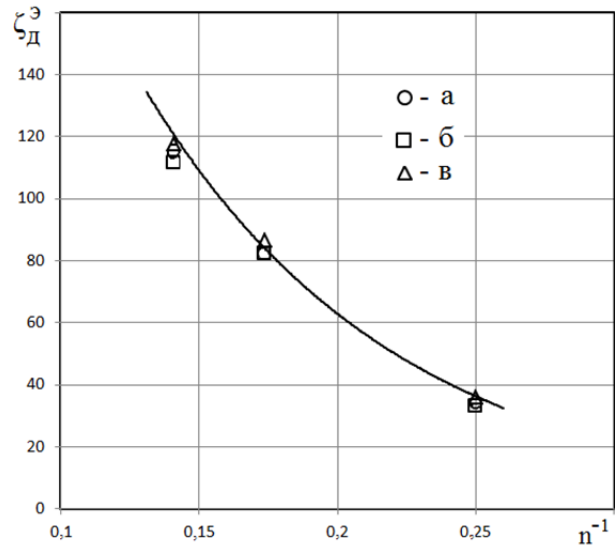


Рис. 5. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления ζ_D^3 короткого диффузора от степени расширения n^{-1} при $Re_1=17020$: а – $\alpha=60^\circ$; б – $\alpha=90^\circ$; в – $\alpha=120^\circ$

Это обстоятельство позволит инженеру при проектировании промышленного аппарата рассчитать гидравлическое сопротивление глухой тарелки, оснащенной саморегулирующими количеством газа/пара клапанами, обеспечивающими ровный профиль скорости газа/пара в поперечном сечении аппарата с максимально возможным техническим эффектом.

Литература

1. Москалик В.М., Карпюк Л.В. О влиянии гидродинамической обстановки в слое орошаемой насадки на эффективность массообмена в газовой фазе / Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2018. – № 3 (244). – С. 78-82.
2. Москалик В.М., Табунщиков В.Г. К инженерному расчету сифонного дозатора жидкости / Хімічна промисловість України. – 2017. – № 3. – С. 63-68.
3. Патент України 78789 У, МКИ В01D 3/04, В01D 3/16, В01D 3/32, В01D 53/14, В01F 3/02, В01F 3/04. Пристрій для однорідного розподілу пари (газу). // В.М. Москалик. – № u201213717; Заявл. 30.11.2012; Опубл. 25.03.2013. Бюл. № 6. – 5 с.
4. Москалик В.М., Карпюк Л.В., Табунщиков В.Г. Экспериментальное определение коэффициента гидравлического сопротивления короткого диффузора. Подготовка к эксперименту / Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля. – Северодонецьк. – 2018 – № 7(248). – С. 56-59.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.
6. Идельчик И.Е. Определение коэффициентов сопротивления при истечении через отверстия // Гидромеханическое строительство. – 1953. – № 5. – С. 31-36.

References

1. Moskalyk V.M., Karpuk L.V. O vliyanii gidrodinamicheskoy obstanovki v sloe oroshaemoy nasadki na effektivnost massoobmena v gazovoy faze.

- Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukraine National University, 2018, no. 3 (244), pp. 78-82.
2. Moskalyk V.M., Tabunshchikov V.G. K inzhenernomu raschetu sifonnogo dozatora zhidkosti. Journal of Chemical industry of Ukraine, 2017, no. 3, pp. 63-68.
 3. Moskalyk V.M. Pristriy dlya odnoridnogo rozpodilu pary (gazu). Patent Ukraine, no. 78789, 2013.
 4. Moskalyk V.M., Karpyuk L.V., Tabunshchikov V.G. Eksperimentalnoe opredelenie koeffitsienta gidravlicheskogo soprotivleniya korotkogo diffuzora. Podgotovka k eksperimentu. Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukraine National University, 2018, no. 7(248), pp. 56-59.
 5. Idelchik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivleniyam. Mashinostroenie, Moscow, 1992. 672 p.
 6. Idelchik I.E. Opredelenie koeffitsientov soprotivleniya pri istechenii cherez otverstiya. Gidromekhanicheskoe stroitelstvo, 1953, no. 5, pp. 31-36.

Москалик В. М., Карпюк Л. В., Табунщиков В. Г. Експериментальне визначення коефіцієнта гідравлічного опору короткого дифузора. Результати експерименту.

В роботі отримані оціночні експериментальні коефіцієнти гідравлічного опору діафрагми з потовченими краями різного діаметру, які задовільно узгоджуються з даними, розрахованими згідно теоретичного рівняння літературного джерела. Проведено ґрунтовні експериментальні дослідження залежності коефіцієнта гідравлічного опору короткого дифузора від числа Рейнольдса і основних геометричних параметрів дифузора. Виявлено, що коефіцієнт гідравлічного опору короткого дифузора не залежить від кута розширення і відносної довжини дифузора і збільшується з ростом числа Рейнольдса і з підвищенням ступеня розширення, причому в останньому випадку залежність має експоненціальний вигляд.

Ключові слова: самоорганізація, профіль швидкості, клапан, короткий дифузор, коефіцієнт гідравлічного опору.

Moskalyk V. M., Karpyuk L. V., Tabunshchikov V. G. Experimental determination of the hydraulic resistance coefficient of a short diffuser. Results of the experiment.

The aim of the work was an experimental study of the effect on the hydraulic resistance coefficient of a short diffuser of its main geometric parameters, namely, the expansion angle, relative length and degree of expansion, as well as the Reynolds number. The studies were carried out using a specially designed experimental unit with a short outlet pipe in

which short diffusers with various geometric parameters were placed. Air from the compressor was supplied to the experimental unit, where it went through several turns and, thus, formed an even profile of the air velocity at the inlet to a short nozzle with a diffuser. The volumetric amount of air allowed conducting experimental studies under turbulent conditions in a wide range of Reynolds numbers $10^4 \div 2,5 \cdot 10^4$. In experimental studies, the geometric dimensions of short diffusers also varied widely: the expansion angle was varied from 60° to 120° , the relative length was from 0.25 to 1.36, and the degree of expansion was from 4.0 to 7.11. Estimated experimental coefficients of hydraulic resistance of the diaphragm with thickened edges of different diameters are obtained in the work. They are in satisfactory agreement with the data calculated by the theoretical equation of the literary source. Extensive experimental studies of the dependence of the hydraulic resistance coefficient of a short diffuser on the Reynolds number and the main geometric parameters of the diffuser are conducted. It was revealed that the coefficient of hydraulic resistance of a short diffuser does not depend on the angle of expansion and the relative length of the diffuser. It increases with increasing Reynolds number and with increasing degree of expansion. With increasing degree of expansion, the dependence has an exponential form. The revealed dependence of the coefficient of hydraulic resistance from its geometric parameters, namely the angle of extension relative length and expansion ratio, and Reynolds number, will allow the design of industrial apparatus to calculate the allocator with a uniform velocity profile of the flow at the inlet in cross-section, for example, of a layer of catalyst, providing the maximum possible heat and mass transfer efficiency, while the hydraulic resistance of the distributor is minimal, as the principle of its operation is based on a synergistic effect.

Keywords: self-organization, speed profile, valve, short diffuser, the coefficient of hydraulic resistance.

Москалик Валерій Михайлович, к.т.н., доцент кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств СХУ імені В. Даля.

Карпюк Людмила Вікторівна, старший викладач кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств СХУ імені В. Даля.

Табунщиков Володимир Георгійович, старший викладач кафедри машинознавства та обладнання промислових підприємств СХУ імені В. Даля.

Стаття подана: 20.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-60-63>

УДК 711.551

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЗАБУДОВИ ІНДУСТРІАЛЬНОГО МІСТА З УРАХУВАННЯМ ДЕМОГРАФІЧНОГО СТАНУ

Соколенко В.М., Подлевський О.Е., Соколенко К.В.

RECONSTRUCTION OF THE RESIDENTIAL AREA OF AN INDUSTRIAL CITY TAKE INTO ACCOUNT THE DEMOGRAPHIC CONDITION

Sokolenko V.M., Podlevsky O.E., Sokolenko K.V.

У статті виконано аналіз демографічної ситуації індустріального міста, та її вплив на вибір варіантів реконструкції і реновації кварталів житлової забудови перших масових серій.

Ключові слова: демографічна ситуація, чисельність населення, вікова група, реконструкція житлової забудови, мікрорайон.

Вступ. Подальша експлуатація житлових кварталів масової індустріальної забудови міст України становить ряд проблем, які потребують вирішення.

Будинки перших масових серій, т.з. «хрущовки», житло збудоване в повоєнні роки досягли граничних термінів розрахункової /нормативної/ експлуатації. Відмови аварійного характеру, які почастишали останнім часом, свідчать про зменшення експлуатаційного ресурсу.

Зважаючи на масштаб проблеми та її комплексний характер можна стверджувати, що існують технічні рішення, які спираються на науковий аналіз. Перешкодою є соціально-економічні чинники, певна політична складова, різновекторна спрямованість інтересів усіх причетних сторін.

Спрощено проблему можна охарактеризувати наступним чином:

- Подальша експлуатація будинків перших масових серій без реконструктивних заходів загрожуватиме зростанням аварійних відмов, аж до катастрофічних наслідків;

- Державний бюджет не спроможний профінансувати розгорнуту програму реновації та реконструкції;

- Населення, місцеві громади також не мають можливостей накопичити потрібний обсяг коштів;

- Проблема має чутливий соціальний характер, оскільки торкається базових людських потреб – фізіологічного забезпечення та безпеки;

- Проблема має політичну складову.

Очевидно, що проблеми умовного Києва та умовного Алчевська можуть бути подібними, а спроби їх вирішення мати суттєві відмінності.

З урахування адміністративно-територіального поділу громад, кожний населений пункт буде обирати свій раціональний варіант програми міської реновації/реконструкції кварталів масової індустріальної забудови.

Постановка проблеми. Місто Алчевськ є типовим промисловим містом Донецько-Луганського промислового регіону, забудова якого сформована в 40-80 роки минулого століття. Місто Алчевськ є центром південної частини Лисичансько-Северодонецько-Алчевської системи населених міст.

Південна частина Лисичансько-Северодонецько-Алчевської системи населених міст має центром місто Алчевськ та складається з міст Алчевськ, Кадіївської (Стахановської) міської ради, Брянківської міської ради, Голубовської (Кіровської) міської ради, Первомайської міської ради, південної частини Попаснянського району з містом Попасна та Перевальського району.

На цей час демографічна ситуація складається таким чином, що чисельність населення міста та прилеглих до нього населених пунктів невпинно зменшується.

Утворилася ситуація, коли немає потреби будувати велику кількість багатоквартирних житлових будинків, а є потреба зберегти існуючий житловий фонд та, за можливості, провадити реконструкцію багатоквартирного житлового фонду за потребами людей, що мешкають в цих будинках.

Мета проекту:

- провести аналіз існуючої демографічної ситуації в місті Алчевську;

- спрогнозувати можливі варіанти подальшого розвитку ситуації;

- розробити пропозиції щодо можливості реконструкції п'ятиповерхового великопанельного будинку № 18 на вулиці Гмирі в місті Алчевську;

- розробити пропозиції щодо комплексної реконструкції забудови мікрорайону № 400 в місті Алчевську.

Реконструкція існуючої житлової забудови пов'язана з великими затратами фінансових та матеріальних ресурсів.

Після реконструкції багатоквартирні житлові будинки будуть експлуатуватись ще значний термін 25-30 років.

Для розробки проекту реконструкції необхідно визначити:

хто буде мешкати в цих будинках;

виконати прогноз статево-вікової структури населення. Виявити тенденції змін які вже зараз діють; визначити, яким чином житло використовується зараз;

визначити реальні коефіцієнти заселення для існуючих багатоквартирних будинків; спрогнозувати, які сім'ї будуть мешкати в цьому житлі.

Для аналізу було взято мікрорайон 400 в місті Алчевську за наступними чинниками:

- мікрорайон середній за площею;

- мікрорайон середній за чисельністю населення;

- мікрорайон має комплексний характер забудови, є школа та дошкільні освітні заклади;

- забудова має середні для міста строки будівництва 1967-1985 роки;

- житлова забудова сформована типовими для міста багатоквартирними будинками масових серій;

- забудова мікрорайону сформована.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Період інтенсивної урбанізації фактично завершено. Поява нових міст є наразі швидше винятковим явищем. Не втрачає актуальності питання розвитку міст, удосконалення їх планувальної структури, реконструкції міського середовища, забудови, інфраструктури. Для індустріальних міст склалася ситуація, коли квартали та мікрорайони масової індустріальної забудови досягають граничного терміну нормативної експлуатації. Міста стикаються з відтермінованими проблемами швидкого зростання у попередні періоди. Проблематика реконструкції житлової забудови достатньо сформульована та вивчена. [1, 2, 3]. Складність містобудівних систем, наявність великої кількості чинників та умов, що впливають на їх функціонування та розвиток [4, 5], унеможливають використання шаблонних методів та варіантів реконструкції міст. Реалізація завдань реконструкції може плануватись як в рамках містобудівної документації – генплану міста, так і в короткотермінових пілотних проектах, коли рішення диктуються місцевими техногенними проблемами. [7, 8].

Мета статті. Метою дослідження є розробка пропозицій реконструкції (реновації) мікрорайонів індустріальної забудови м. Алчевська на підставі аналізу статево-вікової структури населення та тенденцій зміни демографічної ситуації. Для конкретного мікрорайону становиться завдання визначити реальні коефіцієнти заселення багатоквартирних будинків та спрогнозувати структуру сімей.

Результати досліджень. За чисельністю населення місто Алчевськ відноситься до середніх міст України.

За матеріалами перепису населення 1989 року наявне населення міста Алчевська становило 125502 особи. За матеріалами перепису населення 2001 року – 118611 осіб. За даними управління статистики у місті Алчевську станом на 01. 01. 2011 року чисельність населення міста становить 113002 осіб.

Чисельність населення міста Алчевська спочатку зростала та з 1993 року почала зменшуватись. Темпи зростання чисельності населення в період з 1926 по 1939 рік були дуже високими 31, 5% в рік. Населення виросло з 16 тисяч чоловік до 54,8 тисяч чоловік.

Під час Великої вітчизняної війни чисельність населення скоротилась з 54,8 тисяч чоловік в 1939 році на 8,6 тисяч до 46,2 тисяч чоловік в 1945 році, що становило в середньому 1,76 тисячі осіб на рік.

Падіння чисельності населення становило – 2,6% на рік.

З 1945 року по 1993 року продовжувалось збільшення чисельності населення міста. Спочатку приріст був значний від 7% до 11,5%, потім знизився до від'ємного з 1976 по 1979 роки. Знову став додатним з 1980 по 1993 рік змінюючись з 0, 17% до 1,03% на рік. За період з 1945 року по 1993 рік зростання становило в середньому 1,33% на рік.

Такий приріст в значній мірі був викликаний великими додатними міграціями населення. Велика кількість населення завозилась з інших регіонів для будівництва промислових об'єктів в місті.

З 1993 року почалось зниження чисельності населення міста яке триває до тепер. З 1993 року чисельність населення зменшилась на 15,6 тисячі осіб, що становило в середньому 0,71% на рік. Абсолютне зниження чисельності населення становило 12,1% [6, 7].

Данні по Алчевсько-Лисичанській міжрайонній системі населених місць щодо чисельність населення та її зміни (тисяч осіб) надано в таблиці.

Аналогічні процеси розвивалися в прилеглих до міста Алчевська Перевальському районі, місті Брянка та всій Луганській області.

Місто Алчевськ є одним з двох під центрів Алчевсько-Стаханівської агломерації. Місто значною мірою впливає на навеолишні населені пункти – місто Брянку, місто Перевальськ, місто Артемівськ, місто Зорінськ та інші населені пункти Перевальського району.

Таблиця

**Алчевсько-Лисичанська міжрайонна система населених місць.
Зміна чисельності населення з 1959 по 2015 рік (тисяч осіб)**

№ п/п	Міста, райони	1939-1959	1959-1970	1970-1979	1979-1989	1989-1996	1996-2001	2001-2006	2006-2010	2010-2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Лисичанська міська рада	-2,1	+16,7	+0,2	+7,0	-5,0	-10,8	-6,2	-4,5	-5,1
2	Рубіжанська міська рада	+13,1	+23,3	+7,4	+8,2	+0,4	-9,1	-2,1	-1,6	-1,9
3	Сєверодонецька міська рада	+19,2	+62,1	+22,0	+17,3	+5,7	-10,6	-4,5	-3,5	-3,3
4	Кременський район	-19,6	+29,0	-2,1	-1,7	-2,9	-4,5	-4,9	-3,3	-2,8
5	Попаснянський район північ	+20,4	-8,0	-1,1	-4,1	-1,8	-1,2	-1,0	-0,6	-0,4
	По Лисичансько-Рубежансько-Сєверодонецькій системі населених місць	+31,0	+123,1	+26,4	+26,7	-3,7	-36,2	-18,8	-10,3	-16,7
6	Алчевська міська рада	+43,1	+25,2	-3,0	+5,7	-0,5	-4,8	-2,6	-2,6	-4,3
7	Брянківська міська рада	+18,4	+2,7	-9,3	+1,6	-3,1	-8,1	-4,2	-2,0	-2,8
8	Голубівська (Кіровська) міська рада	+11,5	+18,9	-7,7	+0,4	-2,5	-6,4	-4,3	-3,0	-4,6
9	Первомайська міська рада	-11,7	+88,4	-36,6	+2,0	-3,9	-12,7	-4,1	-4,6	-34,0
10	Кадіївська (Стахановська) міська рада	+26,4	+16,3	-2,3	+1,2	-5,8	-24,0	-8,9	-4,6	-4,3
11	Перевальський район	59,0	-0,9	-14,1	-6,3	-5,5	-8,7	-8,5	-4,8	-9,7
12	Попаснянський район південь	-7,7	-33,5	+31,9	-1,5	-7,9	-4,8	-4,1	-2,6	+37,1
	По Алчевсько-Кадіївській (Стахановській) системі населених місць		+141,4	-41,1	+2,8	-30,2	-69,5	-36,0	-24,2	-22,4
	Всього по Алчевсько-Лисичанській системі населених місць		+210,2	-14,7	+28,5	-32,8	-105,7	-55,5	-37,7	-36,6
13	Попаснянський район	+18,1	-41,5	+30,8	-5,6	-9,7	-6,0	-5,1	-3,2	+36,7
14	Луганська міська рада	+62,6	+131,7	+80,2	+52,0	-9,7	-25,3	-14,1	-14,7	-30,2
15	Луганська область	+610,6	+298,4	+36,1	+76,0	-77,3	-239,2	-37,0	-97,5	-91,4
16	Україна	-10922,8	5257,5	2628	1952,1	409,6	2840,1	1527,6	966,6	3033,6

Зміни в природному русі населення для міста Алчевська, міста Брянки, Перевальського району та для всієї Луганської області не мають якихось розбіжностей. Ці процеси однакові для всієї території.

Були побудовані графіки розподілу постійного населення за статтю та віком для міста Алчевська для різних років та Луганської області.

За результатами аналізу демографічної ситуації можливо визначити що на цей час та на найближчу перспективу для населення міста Алчевська діють такі фактори (чинники).

1. Зменшується чисельність населення в місті Алчевську та прилеглому регіоні – місто Брянка та населені пункти Перевальського району.

2. Відсутній природний приріст населення.

3. Чисельність населення у місті Алчевську станом на 01.01. 2009 року становить 114876 осіб в тому числі:

- у віковій групі молодшій за працездатний вік 14732 особи, або 12,8%;

- віковій групі працездатного віку 73099 особи, або 63,6 %;

- у віковій групі старше працездатного віку 27045 особи, або 23,6%.

З 1989 року до 2008 рік питома вага населення в віці молодшому за працездатний зменшилась на 8,5% з 21,3% до 12,8%.

Питома вага населення в працездатному віці зросла на 3,8% з 59,4% до 63,6%.

Питома вага населення в віці старшому за працездатний зросла на 4,3% з 19,3% до 23,6%.

4. Коефіцієнт народжуваності на одну жінку в дітородному віці станом на 01. 01. 2009 року становить 1,1.

5. в 2011 році розпочалося механічне зменшення населення.

6. Покоління молодших вікових груп менше покоління старших вікових груп та не може їх замістити.

Висновки

1. Зважаючи на існуючу статеву-вікову структуру населення міста та коефіцієнт народжуваності за період життя одного покоління до 2031 року потрібно чекати зменшення чисельності населення міста до 77,5 тисяч осіб, або на 32 %.

2. Замістити такий значний спад населення за рахунок прилеглих територій немає можливості, бо на прилеглих територіях розвиваються такі ж самі процеси.

3. Утримання чисельності населення навіть на значно меншому ніж зараз рівні можливо.

4. Житловий фонд міста необхідно пристосувати до існуючої та прогнозованої демографічної ситуації. Доцільно розпочати формувати ТЕО програми реконструкції (реновації).

5. Переробити містобудівну документацію, відкоригувати базові параметри генерального плану міста.

Література

1. Ключниченко С.С. Реконструкція житлової забудови. – К.: КНУБА, 2000.
2. Ключниченко С.С. Соціально економічні основи планування та забудови міст – К.: УАА, НДПІ містобудування, 1999. – 348 с.
3. Закон України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду».
4. Планування і забудова територій - К.: Мінрегіонбуд України. - (Державні будівельні норми України). : ДБН Б.2.2-12:2018. - Чинний від 2018-09-01. - К., 2018-179с.
5. Осітнянко А. П. Планування розвитку міста: Монографія. – К.: КНУБА, 2001. – 460 с.
6. Луганська область у цифрах. Статистичний збірник. Державний комітет статистики України. Головне управління статистики у Луганській області. Луганськ 2006-2012р. р.
7. Алчевськ Луганської області. Генеральний план. Державне підприємство Український державний науково-дослідний інститут проектування міст «Діпромисто». 2010 р
8. Соколенко В. М. Оцінка енергоощадних заходів за рахунок мешканців міст як фактор еволюції систем тепло забезпечення.// Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Вып. 39 – Алчевск: ДонГТУ, 2013, с. 175 - 180

References

1. Klyushnichenko Ye.Ye. Rekonstruktsiya zhytlovoi zabudovy. – K.: KNUBA, 2000.
2. Klyushnichenko Ye.Ye. Sotsial'no-ekonomichni osnovy planuvannya ta zabudovy mist – K.: UAA, NDPI mistobuduvannya, 1999. – 348 s.
3. The Law of Ukraine "On the Complex Reconstruction of Quarters (Microdistricts) of an Outdated Housing Fund"
4. Planuvannya i zabudova terytoriy - K.: Minrehionbud Ukrayiny. - (Derzhavni budivel'ni normy Ukrayiny).: DBN B.2.2-12:2018. - Chynnyy vid 2018-09-01. - K., 2018- 179 s.
5. Ositnyanko A. P. Planuvannya rozvytku mi-sta: Monohrafiya. – K.: KNUBA, 2001. – 460 s.
6. Luhans'ka oblast' u tsyfrakh. Statystychnyy zbirnyk. Derzhavnyy komitet statystyky Ukrayiny. Holovne upravlinnya statystyky u Luhans'kiy oblasti. Luhans'k 2006-2012r. r.
7. Alchevs'k Luhans'koyi oblasti. Heneral'nyy plan. Derzhavne pidpryyemstvo Ukrayins'kyu der-zhavnyy naukovo-doslidnyy instytut proektuvannya mist «Dipromisto». 2010 r
8. Sokolenko V. M. Otsinka enerhooshchadnykh zakhodiv za rakhunok meshkantsiv mist yak faktor evolyu-tsiyi system teplo zabezpechennya.// Sbornyk nauchnykh trudov Donbasskoho hosudarstvennoho tekhnicheskoho unyversyteta. Vyp. 39 – Alchevsk: DonHTU, 2013, s. 175 - 180

Соколенко В.М., Подлевский О.Э., Соколенко К. В. Реконструкция застройки индустриального города с учетом демографической ситуации.

В статье выполнен анализ демографической ситуации индустриального города, и ее влияние на выбор варианта реконструкции и реновации кварталов жилой застройки первых массовых серий.

Ключевые слова: демографическая ситуация, численность населения, возрастная группа, реконструкция жилой застройки, микрорайон.

Sokolenko V.M., Podlevsky O.E. Sokolenko K.V. Reconstruction of the residential area of an industrial city take into account the demographic condition.

The further exploitation of residential areas in the cities of Ukraine leads to a number of problems.

The state budget is not able to finance a comprehensive reconstruction program.

The population and local communities are also not able to accumulate the required amount of funds.

The problem has a sensitive social character, as it relates to basic human needs - physiological support and security.

The problem has a political component.

The city of Alchevsk is a typical industrial city of the Donetsk-Lugansk industrial region, the development of which was formed in the 40-80s of the last century.

At present, the demographic situation is developing in such a way that the population of the city and the surrounding settlements is constantly decreasing. There is no need to build a large number of multi-apartment residential buildings, but there is a need to maintain the existing housing stock and carry out reconstruction of the multi-apartment housing stock.

To develop a reconstruction project, it is necessary to determine:

who will live in these houses;

to make a forecast of the age and sex structure of the population. Identify trends in current changes;

determine how accommodation is being used now;

determine the real settlement rates for existing apartment buildings;

to predict which families will live in this accommodation.

The analysis of the population of the city and its changes.

Researches has shown:

Changes in the composition of the population for the cities of the region and for the entire Lugansk region do not have any differences. These processes are the same for the entire territory.

Graphs of the distribution of the population by sex and age for the city of Alchevsk for different years and the Luhansk region have been built.

According to the results of the analysis of the demographic situation, it is possible to determine that at the present and in the near future, the following factors are in effect for the population of the city of Alchevsk:

Until 2031, one should expect a decrease of the population of the city to 77,500 people, or 32%.

It is not possible to replace such a significant decline of the population at the expense of the adjacent territories, because the same processes are developing in the adjacent territories.

Contents of the population, even at a much lower level than it is now possible.

The housing stock of the city must be adapted to the existing and forecasted demographic situation. It is advisable to begin to formulate a technical and economic feasibility study for the reconstruction program.

Keywords: demographic situation, population size, age group, reconstruction of residential buildings, microdistrict.

Соколенко В.М. – к.т.н., доцент кафедри «Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: 13wms13@ukr.net

Подлевський О.Е. – старший викладач кафедри «Архітектури та містобудування», Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: podlevskii@icloud.com

Соколенко К. В. – магістр з будівництва, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: k96s@ukr.net

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-64-71>

УДК 656.6-042.5/.8:502/504

О СООТНОШЕНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ДЛЯ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И., Максимов С.Б.

ABOUT RATIO OF ENERGY EFFICIENCY AND ECOLOGICAL COMPATIBILITY FOR INLAND NAVIGATION VESSELS

Suvorov P.S., Tarasenko T.V., Zalozh V.I., Maksymov S.B.

В проведенном исследовании рассмотрены вопросы нормирования вредных выбросов в атмосферу в судоходстве на европейских внутренних водных путях. Показаны отличия технологий перевозок в международном морском, европейском внутреннем и дунайском судоходстве. Выполнен анализ показателей энергоэффективности, установленных в международном морском судоходстве, а также особенностей их применения во внутреннем судоходстве. Определены принципы применения показателей энергоэффективности к оценке экологических показателей работы судов во внутреннем судоходстве с учетом специфики навигационных условий и других факторов, определяющих режимы работы судового пропульсивного комплекса.

Таким подходом, в частности предлагается решить практическую задачу, сформулированную установлением нормативных ограничений по компонентам вредных выбросов, которые ставят в одинаковые условия судовладельцев различных по характеристикам и технологиям работы судов, работающих в различных навигационных условиях.

Современное состояние дунайского судоходства отличается недостаточной обеспеченностью навигационных условий, возрастным составом флота, а также спецификой самого флота – его способностью работать на протяжении всего Дуная (более 2000 км) при загрузке тяжелыми составами из судов несамоходного флота. Такая специфика значительно отличает дунайское судоходство от судоходства по другим внутренним водным путям Европы, на которых круглогодично обеспечены проходные глубины, дальность переходов в десяток раз меньше, а работу осуществляют по большей части самоходные сухогрузные и наливные суда.

Следовательно, есть основания утверждать, что судовладельцы существующего дунайского тягового и самоходного флота без существенной его модернизации и обновления смогут исключительно управлять характеристиками энергоэффективности, показано соотношение характеристик энергоэффективности и экологичности и определены условия, в которых возможно достижение повышения энергоэффективности при одновременном снижении количества вредных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: вредные выбросы, энергоэффективность, экологические показатели, судоходство, состав судов, толкач

1. Введение. Исследования в области применения в судоходстве на внутренних водных путях (ВВП) Европы общего понятия энергоэффективности, используемого в международном морском судоходстве, сформулированного в Приложении VI к Конвенции MARPOL 73/78 и в соответствующих резолюциях Международной морской организации (ИМО), выявили отдельные особенности в определении возможных технологий управления энергоэффективностью на судах внутреннего плавания.

Объемы перевозок грузов на ВВП Европы в последнее десятилетие колеблются около 550 млн. тонн в год и прогнозируется, что к 2030 году доля внутреннего судоходства в распределении грузопотоков Европы составит около 10%, при этом грузооборот составит около 240 млрд. тонно-километров при естественном резком росте объемов энергетических затрат. Соответственно, задача управления энергоэффективностью остается актуальной для внутреннего судоходства в целом и для дунайского – в частности.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы. Проблемам поиска вариантов достижения максимальной экономии энергии (топлива) при безусловном обеспечении движения флота и, соответственно, снижении вредных выбросов в атмосферу, в частности CO₂, посвящено значительное число исследований, существенно активизировавшихся с начала 2000-х гг. [4, 10, 11]. На текущий момент уже существуют сформировавшиеся основные мнения по фундаментальному решению этой проблемы техническими методами (при принятии за базу индекс *costs/benefit* типовой единицы стандартного проекта действующего судна с судовой энерге-

тической установкой – СЭУ). Исходя из прогноза состояния рынка до 2020 г., технические методы обеспечения экономии энергоресурса судов внутреннего плавания, в основном применительно к новому флоту, приведены в табл. 1 [4].

Таблица 1

Технические методы обеспечения экономии энергии судов внутреннего плавания

Технический метод	Область внедрения	Экономия энергии	Окупаемость, лет
Дизель-электрическая установка	Новое судно	10%	10
Двухдвигательная установка типа «отец/сын»	Новое судно	10%	7...8
Трехдвигательная установка (пассажирские суда)	Новое судно	12%	6...7
Применение LNG (dual-fuel)	Новое судно	7...8%	8...9
Применение LNG	модернизация СЭУ	7...8%	12...15
Оптимизация обводов корпуса и винт в насадке	Новое судно	10%	3...4

Фактически все приведенные методы кардинального решения проблемы сведены к новому проектированию судов и соответственным увеличением капитальных вложений по отношению к базовому проекту судна.

После введения ИМО методики оценки энергоэффективности, исследования для ВВП сфокусировались на поисках обоснования возможного конвенционального (или директивного) применения показателя энергоэффективности в виде аналогичного ИМО индекса EEL , g_{CO_2}/tkm , т.е. в виде удельной массы вредных выбросов, приведенных к CO_2 , на единицу транспортной работы (тоннокилометр, т·км) [9].

Слабость и неустойчивость рынка внутренних водных перевозок справедливо определили специфичность рассмотрения индекса EEL совместно с индексом себестоимости перевозок груза SCE (*Specific Cost Efficiency* – удельная эффективность расходов (затрат)), €/т, как величины, связанной с основными переменными расходами судна, а именно потреблением топлива.

С 2015 г. предпринимаются попытки найти логическую взаимосвязь понятия энергоэффективного судоходства (*energy-efficient navigation*) и сокращения вредных выбросов (*emission reduction*), рассмотренных как в отдельности, так и в их взаимосвязи, т.е. возникает ситуация, которая должна привести к применению новых технологий в СЭУ в судоходстве в целом и во внутреннем судоходстве ВВП Европы в частности [6].

Принципиально все возможные методы мониторинга энергоэффективности в соответствии с Приложением VI к Конвенции МАРПОЛ, применяемые для морских судов, находящихся в эксплуатации [1], с определенными допущениями справедливы и для судов внутреннего плавания.

Вместе с тем, на ВВП Европы еще с середины 90-х годов начались серьезные исследования проблемы снижения не только CO_2 , но и других вредных выбросов (CO , HC , NO_x , PM) в выпускных газах судовых двигателей, что значительно усложнило исследования в поисках рациональных технологий управления энергоэффективностью.

Основными результатами этих исследований по установлению предельных норм выбросов NO_x являются [3]:

– требования ИМО – Технический кодекс по NO_x , приложение VI «Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов» к Конвенции МАРПОЛ 73/78 (рис. 1, сплошная линия);

– Глава 8А «Выбросы дизельными двигателями выхлопных газов и загрязняющих частиц» Резолюции № 61 Европейской Экономической Комиссии ООН (ЕЭК ООН);

– Глава 8А «Выбросы дизельными двигателями выхлопных газов и загрязняющих частиц» «Рекомендаций, касающихся технических предписаний для судов внутреннего плавания» Дунайской Комиссии;

– Правила Центральной Комиссии Судоходства по Рейну, базирующиеся на Директиве Европейского Союза 97/68/ЕС для двигателей недорожных транспортных средств «*Non-Road Mobile Machinery (NRMM)*», которыми для NO_x устанавливаются фазы I, II, III (рис. 1).

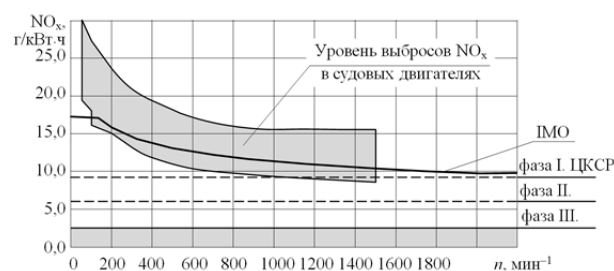


Рис. 1. Уровень выбросов NO_x в выполненных судовых ДВС в спектре рабочих частот вращения в сравнении с нормативами (данные 2010 г.)

Кроме того, директивой 2004/26/ЕС установлены требования, предъявляемые к процедуре отбора проб газов, к применяемым газоанализаторам, к процедуре измерений, а также определен срок, в течение которого значения вредных выбросов должны поддерживаться ниже предельно допустимого уровня.

В июле 2016 г. объявлено, что Европейский парламент и Совет Европейского союза приняли новое предложение о пересмотре стандартов выбросов ЕС для *NRMM*, этап V. В 2019-2020 годах эти стандарты вступят в силу (табл. 2)

Таблица 2

Пределные уровни выбросов судовых дизелей, этап V

Номинальная мощность N_n , кВт	Пределные уровни выбросов судовых дизелей			
	Окись углерода CO , г/кВтч	Углеводороды HC , г/кВтч	Окись азота NO_x , г/кВтч	Твёрдые частицы PM , г/кВтч
1	2	3	4	5
$19 \leq N_n < 75$	5,0	$HC + NO_x \leq 4,70$	0,30	0,30
$75 \leq N_n < 130$	5,0	$HC + NO_x \leq 5,40$	0,14	0,14
$130 \leq N_n < 300$	3,5	1,00	2,10	0,10
$N_n \geq 300$	3,5	0,19	1,80	0,015

Очевидно, что для международного морского судоходства *IMO* реализован подход к нормированию, планированию и управлению энергоэффективностью путем применения, в то время как во внутреннем судоходстве большее внимание уделяется количественным ограничениям вредных выбросов на единицу мощности силовой установки. При этом проблема снижения общих выбросов CO_2 обременена дополнительным введением норм выбросов NO_x и твёрдых частиц PM .

Локальные ограничения и последующие конвенциональные ужесточение норм по вредным выбросам дизелей привело к тому, что все дизелестроительные фирмы, еще в 90-х годах приступили к исследовательским работам по направлениям:

- формирование малотоксичных рабочих процессов: *первичные методы*;
- разработка эффективных систем очистки выпускных газов: *вторичные методы*.

Первичные методы можно разделить на две группы:

- требующие изменения конструкции двигателя и его элементов, которые практически возможны только при разработке новых моделей;

- не требующие существенного изменения конструкции и реализация которых возможна путем модернизации двигателя и его систем.

Наиболее сложной в практической реализации как мировом морском судоходстве, так и для ВВП, оказалась проблема снижения NO_x .

Исследованиями установлено [3] два принципиальных метода уменьшения выбросов NO_x в дизелях. Первичный метод преследует цель уменьшения NO_x , образующегося в процессе собственно сгорания топлива, а вторичный метод преследует цель удаления NO_x из отработавших газов.

Считается, что оксиды азота могут образовываться только при высокой температуре в камере сгорания, порядка 1800...2800 К, но за фронтом пламени и в зоне продуктов сгорания. Соответственно, все варианты *первичного метода* направлены на уменьшение максимальной температуры цикла, например, за счет раннего закрытия впускных органов

(цикл Миллера – *Miller Cycle*), однако это влечет за собой и уменьшение максимального давления сгорания, а значит и уменьшение термического КПД цикла и соответственное увеличение удельного расхода топлива.

Таким образом определяется зона рационального выбора режима работы судовой силовой установки (так называемая дизельная дилемма – *«Diesel Dilemma»*, рис.2) [4; 8].

Активный поиск эффективных технологий очистки выпускных газов путем применения фильтров и так называемых катализаторов топлив при понимании значимости мероприятий по снижению расходования топливных ресурсов продолжается. При этом их применение не исключается также и при работе судовой силовой установки на режимах, соответствующих зоне рационального выбора, как она показана на рис. 2.

Примерные соотношения степени снижения выбросов окиси азота NO_x и соответственного изменения удельного эффективного расхода топлива b_e при некоторых методах, возможных к применению на судах внутреннего плавания, приведены в таблице 3.

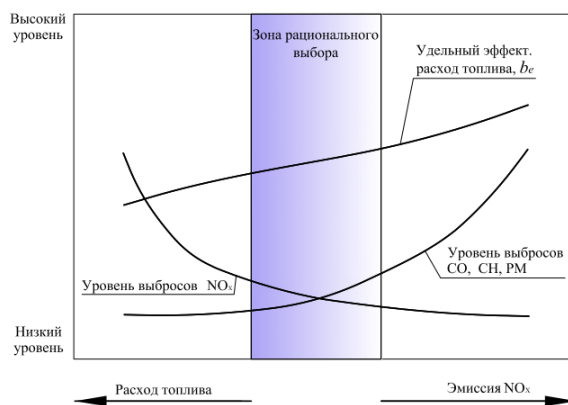


Рис. 2. Диаграмма «Diesel Dilemma»

Таблица 3

Методы снижения уровней выбросов NO_x

Метод снижения выбросов	Окись азота NO_x , снижение %	Эффективный расход топлива b_e , увеличение %
Водотопливная эмульсия (ВТЭ), 20% H_2O	15%	1,4%
Водотопливная эмульсия (ВТЭ) и поздний впрыск	30%	2,9%
Прямой впрыск воды (50%)	40%	3,0%
Перепуск газов	12%	2,1%
Селективные катализаторы с сажевым фильтром (SCR + DPF)	98%	7% MDO 14% HFO

Из всех приведенных методов наиболее перспективным с точки зрения снижения NO_x является

применение на выпуске системы на базе селективных катализаторов с сажевым фильтром (SCR catalysts and DPF – diesel particulate filter). При этом качество топлива должно соответствовать требованиям Директивы 2009/30/ЕС с ограничением по содержанию серы 10 мг/кг (вступило в силу с 1 января 2011 г.).

Однако, эти системы являются достаточно габаритными для размерений машинных отделений судов внутреннего плавания, требуют особого обслуживания и имеют достаточно высокую стоимость (до 15% стоимости новой СЭУ).

Для судов внутреннего плавания значительное число исследователей рекомендуют применение водотопливной эмульсии (ВТЭ) в том числе для судов в эксплуатации.

Для судов в эксплуатации уменьшение угла опережения подачи топлива приводит к снижению NO_x , но влечет за собой увеличение удельного расхода топлива в таком соотношении: 10%-ное снижение уровня NO_x этим методом вызывает 2%-ное увеличение удельного расхода топлива b_e .

Рациональным вариантом признан способ подачи воды в зону горения топлива, чем обеспечивается испарительное охлаждение наддувочного воздуха и понижение температуры сгорания: оптимальным подбором количества воды, а также угла опережения подачи топлива можно снизить концентрацию NO_x в 1,5...2 раза по сравнению со схемой обычного впрыска топлива. Изменение параметров наддувочного воздуха, а именно уменьшение температуры и повышение давления наддува на существующих двигателях также приводит к снижению уровня NO_x , но предписываемых норм величины выбросов как правило не достигают.

3. Цель и задачи исследования. Целью работы является исследование соотношения показателей энергоэффективности и количества вредных выбросов в атмосферу во внутреннем судоходстве.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- определение показателя энергоэффективности для судов внутреннего плавания;
- сопоставление количественных показателей вредных выбросов в атмосферу по составляющим;
- определение наиболее рационального способа соотношения показателей энергоэффективности и количества вредных выбросов в атмосферу.

4. Исследование взаимосвязи показателей энергоэффективности и экологичности во внутреннем судоходстве, а также возможных методов их рационального сочетания. Если компонентам вредных выбросов условно присвоить численные индексы и ввести для каждого обозначения EM_i , г/ч, то общая эмиссия EM , г/ч, определится как

$$EM = \sum_{i=1}^k EM_i, \quad (1)$$

где k – общее количество компонентов вредных выбросов в атмосферу.

В общем случае массовая доля выброса в атмосферу каждого компонента зависит от ряда z факторов: химического состава топлива (комплекс факторов 1 – F_1), состава силовой установки (комплекс факторов 2 – F_2), характеристик рабочего цикла (комплекс факторов 3 – F_3), характеристики расхода топлива (комплекс факторов 4 – F_4) и т.д.:

$$EM_i = f(F_1, F_2, F_3, \dots, F_z), \quad (2)$$

при этом для каждого из компонентов вредных выбросов соблюдается зависимость:

$$EM_i = f(n), \quad (3)$$

где n – частота вращения двигателя.

Для оценки энергоэффективности во внутреннем судоходстве рассмотрим подход, предлагаемый ИМО. Индекс энергоэффективности

$$EEI = \frac{P \cdot SFC \cdot C_F}{Capacity \cdot v}, \quad (4)$$

где P – мощность главного двигателя (ГД), кВт; SFC – удельный расход топлива, г/(кВт·ч); C_F – коэффициент выбросов CO_2 (безразмерный конверсионный фактор между потреблением топлива и выбросом CO_2); $Capacity$ – дедвейт для грузовых судов или валовая вместимость, для пассажирских судов, т; v – скорость судна, узлы.

В числителе формулы (4) – суммарная эмиссия вредных веществ в атмосферу, приведенная к CO_2 , г/ч, т.е.

$$P \cdot SFC \cdot C_F = EM. \quad (5)$$

Из выражения (5) следует, что коэффициент выбросов CO_2 – C_F – это фактор приведения всех компонентов вредных выбросов в атмосферу к эквиваленту CO_2 , а также то, что определить его можно следующим образом:

$$C_F = \frac{EM}{P \cdot SFC}, \quad (6)$$

т.е. делением суммарной эмиссии всех вредных веществ на произведение мощности и удельного расхода топлива.

При этом, учитывая формы (3), (5), следует

$$EM_i = P \cdot SFC \cdot C_{F_i}; \quad (7)$$

$$C_{F_i} = \frac{EM_i}{P \cdot SFC}, \quad (8)$$

где C_{F_i} – коэффициент выбросов i -го компонента, зависящий от марки применяемого топлива

Если принять в качестве мощности эффективную мощность, т.е. $P = N_e$, а в качестве удельного расхода топлива SFC – удельный эффективный расход топлива b_e , то

$$P \cdot SFC = N_e \cdot b_e = B_{\text{ч}}. \quad (9)$$

Для условий плавания на внутренних водных путях в общем случае часовой расход топлива является функцией не только частоты вращения n , но и скорости течения v_t ; скорости лобового ветра $v_{\text{вт}}$; глубины и ширины фарватера, соответственно H и B ; его извилистости (русла рек); локальных ограничений, т.е.

$$B_{\text{ч}} = f(n; v_m; v_{\text{вт}}; H; B; r). \quad (10)$$

Работа судов во внутреннем судоходстве технологически отличается от морского судоходства в связи с ограничениями по внешним условиям плавания – участки мелководья, «узкие» места, извилистость фарватера, проходящего по руслам рек, разная скорость течения реки на различных участках, пр. Кроме того, например, в дунайском судоходстве большая часть перевозок осуществляется баржебуксирными составами до 9 несамоходных судов, приводимых в движение буксиром-толкачом. Такая технология речных перевозок на большие (до 2000 км) расстояния оправдана экономически и технически.

Однако большие составы при движении по речному руслу сталкиваются с необходимостью осушения проводок, при которых состав расформируется и буксир совершает маневры, поочередно переводя несамоходные единицы флота в узкостях. Кроме того, у каждой несамоходной единицы может быть свой порт назначения. В связи с этим определение транспортной работы (знаменатель формулы (4) $A_{\text{тр}} = \text{Capacity} \cdot v$, т·км/ч) должно быть адаптировано для грузовых караванов. В качестве Capacity предлагается, например, принимать суммарную массу перевозимого составом груза.

Вредные выбросы в атмосферу от внутреннего судоходства в эквиваленте CO_2 [6, 11] в сравнении с общим количеством таких выбросов от судоходства в целом и с глобальными выбросами приведены в табл. 4.

Динамика изменения количества вредных выбросов в атмосферу в эквиваленте CO_2 по годам свидетельствует о том, что за период с 2007 по 2015 год меньшие значения соответствуют периодам спада перевозок при общей тенденции к снижению на фоне роста глобальных выбросов.

Если оценивать долю отдельных компонентов (выбросы CO , HC , NO_x , PM), то данные [6] свидетельствуют о наличии устойчивой тенденции к снижению количества каждого из них, при этом наихудшие показатели наблюдаются по выбросам NO_x , затем SO_x (табл. 5).

Таблица 4

Вредные выбросы в атмосферу в эквиваленте CO_2 , млн. т

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Внутреннее судоходство	133	139	75	83	110	87	73	78	78
% от глобальных выбросов	0,4%	0,4%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%
Судоходство в целом	1100	1135	977	914	1021	942	910	930	932
% от глобальных выбросов	3,5%	3,5%	3,1%	2,7%	2,9%	2,6%	2,5%	2,6%	2,6%
Глобальные выбросы	31959	32133	31822	33661	34726	34968	35672	36084	36062

Таблица 5

Вредные выбросы в атмосферу, млн. т

Годы	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Внутреннее судоходство	CO	0,099	0,103	0,060	0,072	0,082	0,076	0,063	0,067	0,068
	% ¹	9,92%	9,91%	6,51%	8,06%	8,41%	8,12%	7,90%	8,28%	8,35%
	НМЛОС ²	0,076	0,078	0,038	0,051	0,059	0,053	0,057	0,060	0,062
	%	9,19%	9,09%	5,14%	7,47%	7,96%	7,61%	7,30%	7,63%	7,80%
	NO_x	1,564	1,639	0,930	1,114	1,323	1,171	1,030	1,093	1,238
	%	6,86%	6,93%	4,48%	5,94%	6,51%	6,16%	5,59%	5,94%	6,49%
Судоходство в целом	SO_x	0,278	0,331	0,202	0,251	0,358	0,268	0,0909	0,0941	0,0954
	%	2,40%	2,78%	1,73%	2,38%	3,15%	2,62%	0,88%	0,91%	0,91%
	PM	0,051	0,058	0,033	0,041	0,056	0,044	0,030	0,032	0,031
	%	3,14%	3,45%	2,10%	2,86%	3,58%	3,14%	2,03%	2,13%	2,08%
	CO	0,998	1,039	0,921	0,893	0,975	0,936	0,797	0,809	0,814
	НМЛОС	0,827	0,858	0,739	0,683	0,741	0,696	0,781	0,786	0,795
Судоходство в целом	NO_x	22,801	23,639	20,756	18,756	20,310	19,002	18,426	18,398	19,062
	SO_x	11,581	11,892	11,646	10,550	11,362	10,240	10,355	10,361	10,457
	PM	1,622	1,679	1,574	1,432	1,563	1,402	1,475	1,504	1,492

¹ В таблице 5 указаны % от выбросов соответствующего вещества от судоходства в целом, включая международное морское судоходство, внутреннее и рыболовное

² НМЛОС (NMVOC – англ.) – неметановые летучие органические соединения

5. Результаты исследований. Полученные в ходе исследований зависимости (8) при их соотношении с индексом энергоэффективности (его эксплуатационным значением, определенным в соответствии с требованиями ИМО) дадут возможность оценить соотношение экологичности и энергоэффективности во внутреннем судоходстве по каждому из компонентов вредных выбросов с целью последующего анализа достижимости установленных требований, топливной экономичности и применения для существующего возрастного флота. В ходе исследования решены все поставленные задачи:

- определен показатель энергоэффективности для судов внутреннего плавания с учетом особенности технологии их работы и фактически выполняемой транспортной работы;
- определен механизм сопоставления количественных показателей вредных выбросов в атмосферу по составляющим;
- определен наиболее рациональный способ соотношения показателей энергоэффективности и количества вредных выбросов в атмосферу по компонентам.

В то же время, необходимо отметить, что исполнение предписаний по ограничениям выбросов стали основной проблемой для последующей политики использования судов постройки до 2003 г. (свыше 83% действующего флота на ВВП Европы в 2017 г.).

Сложность проблемы заключается в том, что стоимость внедрения дорогостоящих технологий снижения уровней выбросов для судовых энергетических установок с небольшими мощностями или с малым остаточным ресурсом будет составлять значительную долю его общей остаточной стоимости и возможно при этом признать необходимость полной замены СЭУ. Рекомендуемые в проекте «*Stage V*» предельные уровни выбросов при применении известных методов (прежде всего *SCR catalysts and DPF – diesel particulate filter*) даже для новых судов возможно будут достигаться, если будут введены специальные методы экономического стимулирования.

В настоящее время коллектив авторов уже располагает экспериментальными данными по проведенным исследованиям на судах частного акционерного общества «Украинское Дунайское пароходство» (материалы готовятся к публикации). Снижение выбросов CO₂ путем уменьшения расхода топлива для судов-толкачей толкаемых составов, возможно в различных пропорциях, при этом основной процент снижения может быть достигнут за счет рационального менеджмента: рациональным планированием рейса и оперативным управлением во время движения (перестроение состава и изменение скоростного режима) в зависимости от текущих навигационных условий.

Основные критерии при оценке эффективности принимаемых решений должны быть следующие:

- затраты на топливо в установленный жизненный цикл;
- принятый предельный уровень выбросов;

- себестоимость модернизации или полной замены СЭУ.

Флот европейских ВВП составил в 2015 г. около 18 тыс. судов, из них «активных» судов с двигателями со средней мощностью от 190 до 3200 кВт – около 11 тыс. единиц.

Самоходные одиночные суда грузового флота составляет около 75% флота, работающего на Рейне и европейских каналах и имеет разные размерения – от средних (менее 55 м по длине) до больших: «европейское судно» ($L \times B = 110 \text{ м} \times 11,3 \text{ м}$), «большое европейское судно» ($L \times B = 135 \text{ м} \times 11,4 \text{ м}$) с относительным средним возрастом до 25 лет и ежегодным пополнением от 60 до 80 новых судов.

В тоже время, на Нижнем и Среднем Дунае около 60% процентов перевозок осуществляется большегрузными (до 15 тыс. т) составами, при этом на Дунае 27% транспортного флота – это суда с двигателями (толкачи и буксиры возрастом свыше 35 лет) и 73% – баржевый флот.

Естественно для отдельных ВВП Европы со слабым рынком, включая Дунай, встает вопрос о выборе стратегии использования флота с небольшим остаточным ресурсом при выходе на другие бассейны (на Рейн), а также применения технологий для новых судов, учитывая их значительную стоимость и уменьшения при этом соотношения *cost/ benefit*.

В этом случае возможно обратить внимание (как переходной период) на применение для судов внутреннего плавания биодизеля (*Biodiesel, Biodiesel Blend*), присадок к топливу в качестве донорно-акцепторных веществ для интенсификации его сгорания, а также на возможности специальной обработки топлива перед впрыском.

6. Выводы. Введение и последующее ужесточение норм вредных выбросов судовых СЭУ на ВВП Европы ставит дополнительную задачу разработки методики экономико-экологической оценки эффективности производства транспортной продукции (т·км) в сочетании с методами повышения энергоэффективности судоходства.

Учитывая реальные действия по общей интеграции ВВП Европы как транспортных коридоров в единую сеть, следует интенсифицировать исследования по разработке специальных технологий снижения норм вредных выбросов для судов в эксплуатации с учетом их остаточного ресурса жизненного цикла, что позволит обеспечить им продолжение работы на реках с режимами специального контроля.

Л и т е р а т у р а

1. Горб, С.И. Мониторинг энергоэффективности судов [Электронный ресурс]. / С.И. Горб // Автоматизация судовых технических средств, 2015, 21: с. 48-53. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/asts_2015_21_11
2. Суворов, П.С. Оценка основных факторов, определяющих энергоэффективность судов внутреннего плавания [Текст] / П.С.Суворов, Т.В.Тарасенко, В.І.Залож // Автоматизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – Одесса: ОНМА, 2018. – Вып. 24. – С. 94 - 102. – ISSN 1819-3293.

3. Суворов, П.С. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] / П.С.Суворов. – Одесса: ОНМА, 2011. – 608 с. – ISBN 966-7591-14-1.
4. Abschlussbericht des BMVBS F&E-Vorhabens: "Erprobung von Partikelfiltern für den Einsatz in der Binnenschifffahrt" [Электронный ресурс]. – GL, 2006. – 121 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Wasser/projektbericht_partikelfilter.pdf?__blob=publicationFile
5. Bond, T. C. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. [Электронный ресурс] / Т.С. Bond, S. J. Doherty, D. W. Fahey, P. M. Forster, T. Berntsen, B. J. DeAngelo, M. G. Flanner, S. Ghan, B. Kärcher, D. Koch, S. Kinne, Y. Kondo, P. K. Quinn, M. C. Sarofim, M. G. Schultz, M. Schulz, C. Venkataraman, H. Zhang, S. Zhang, N. Bellouin, S. K. Guttikunda, P. K. Hopke, M. Z. Jacobson, J. W. Kaiser, Z. Klimont, U. Lohmann, J. P. Schwarz, D. Shindell, T. Storelvmo, S. G. Warren, and C. S. Zender. // JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: ATMOSPHERES, VOL. 118, doi:10.1002/jgrd.50171, 2013. – p. 5380–5552 – Режим доступа 07.10.18: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jgrd.50171>
6. Bond, T. C. Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015 [Электронный ресурс] / Naya Olmer, Bryan Comer, Biswajoy Roy, Xiaoli Mao, And Dan Rutherford. – International Council on Clean Transportation, 2017. – 38 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-shipping-GHG-emissions-2013-2015_ICCT-Report_17102017_vF.pdf
7. Environmentally friendly inland waterway ship design for the Danube River [Электронный ресурс] / World Wide Fund For Nature International. Danube-Carpathian Programme (WWF-DCP); рук. Dejan Radojicic. – Project №: 9E0726.04. – Republic of Serbia, 2009. – 121 с. – Библиогр. с. 95-98. – Режим доступа 07.10.18: http://assets.panda.org/downloads/iww_danube_ship_design_final_december_2009.pdf
8. Jose, E. Exhaust Gas Recirculation in CI Engines [Электронный ресурс]. / Edwin Jose, Muhammed Muhais A., V. Ravikumar // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). Vol. 3 Issue III doi:10.22214/ijraset, 2015. – p. 763-767. – Режим доступа 07.10.18: <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=1930>
9. Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in der Binnenschifffahrt [Электронный ресурс]. – Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, 2012. – 99 p. – Режим доступа 07.10.18: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rappports/Thg_ber_de.pdf
10. Second IMO GHG Study 2009 [Электронный ресурс]. – IMO, 2009. – 240 p. – Режим доступа 07.10.18: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf>
11. Third IMO GHG Study 2014 [Электронный ресурс]. – IMO, 2014. – 331 p. – Режим доступа 07.10.18: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

References

1. Horb, S.Y., (2015). Monitorynh enerhoeffektyvnosti sudov. Avtomatyzatsiya sudovykh tekhnicheskyykh sredstv, 21, 48-53. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/asts_2015_21_11
2. Suworov, P.S., Tarasenko, T.V., Zalozh, V.I., (2018). Otsenka osnovnykh faktorov, opredelivshchyykh enerhoeffektyvnost sudov vnutrenneho plavaniya. Avtomatyzatsiya sudovykh tekhnicheskyykh sredstv, 24, 94-102.
3. Suworov, P.S., (2011). Sudovye dyhately vnutrenneho shoraniya. Odessa: ONMA, 608. ISBN 966-7591-14-1.
4. (2006). Abschlussbericht des BMVBS F&E-Vorhabens: "Erprobung von Partikelfiltern für den Einsatz in der Binnenschifffahrt" . – GL, 121 p. Access mode: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/Wasser/projektbericht_partikelfilter.pdf?__blob=publicationFile
5. Bond, T. C., Doherty S. J., Fahey D. W., Forster P. M., Berntsen T., DeAngelo B. J., Flanner M. G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P. K., Sarofim M. C., Schultz M. G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S. K., Hopke P. K., Jacobson M. Z., Kaiser J. W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J. P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S. G., Zender C. S., (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH: ATMOSPHERES, 118, 5380–5552, doi:10.1002/jgrd.50171. Access mode: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jgrd.50171>
6. Bond, T. C., Naya Olmer, Bryan Comer, Biswajoy Roy, Xiaoli Mao, And Dan Rutherford (2017). Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015. International Council on Clean Transportation, 38. Access mode: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-shipping-GHG-emissions-2013-2015_ICCT-Report_17102017_vF.pdf
7. Dejan Radojicic, (2009). Environmentally friendly inland waterway ship design for the Danube River. World Wide Fund For Nature International. Danube-Carpathian Programme (WWF-DCP), Project №: 9E0726.04, Republic of Serbia, 121. Access mode: http://assets.panda.org/downloads/iww_danube_ship_design_final_december_2009.pdf
8. Jose, E., Edwin Jose, Muhammed Muhais A., Ravikumar V., (2015). Exhaust Gas Recirculation in CI Engines. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 3/III, 763-767. doi:10.22214/ijraset. Access mode: <https://www.ijraset.com/files/serve.php?FID=1930>
9. (2012). Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und der Treibhausgasemissionen in der Binnenschifffahrt. Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, 99. Access mode: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/rappports/Thg_ber_de.pdf
10. (2009). Second IMO GHG Study 2009. IMO, 240. Access mode: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/SecondIMOGHGStudy2009.pdf>
11. (2014). Third IMO GHG Study 2014. IMO, 331. Access mode: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.І., Максимов С.Б. Про співвідношення енергоефективності та екологічності у внутрішньому судноплаванні

У проведеному дослідженні розглянуті питання нормування шкідливих викидів до атмосфери у судноплаванні на європейських внутрішніх водних шляхах. Показані відмінності технологій перевезень в міжнародному морському, європейському внутрішньому і дунайському судноплаванні. Виконано аналіз показників енергоефективності, встановлених в міжнародному морському судноплаванні, а також особливості їх застосування у внутрішньому судноплаванні. Визначено принципи застосування показників енергоефективності до оцінки екологічних показників роботи суден у внутрішньому судноплаванні з урахуванням специфіки навігаційних умов та інших факторів, що визначають режими роботи суднового пропульсивного комплексу.

Таким підходом, зокрема пропонується вирішити практичну задачу, сформульовану встановленням нормативних обмежень по компонентам шкідливих викидів, які ставлять в однакові умови судновласників різних за характеристиками і технологіями роботи суден, які працюють в різних навігаційних умовах.

Сучасний стан дунайського судноплавання відрізняється недостатньою забезпеченістю навігаційних умов, віковим складом флоту, а також специфікою самого флоту - його здатністю працювати протягом усього Дунаю (більше 2000 км) при завантаженні важкими караванами з суден несамохідного флоту. Така специфіка значно відрізняє дунайське судноплавання від судноплавання по іншим внутрішніми водними шляхами Європи, на яких цілий рік забезпечені прохідні глибини, дальність переходів в десятки разів менше, а роботу здійснюють здебільшого самохідні суховантажні і наливні судна.

Відповідно, є підстави стверджувати, що судновласники існуючого дунайського тягового і самохідного флоту без суттєвої його модернізації та оновлення зможуть виключно управляти показниками енергоефективності, показано співвідношення характеристик енергоефективності та екологічності та визначено умови, в яких можливе досягнення підвищення енергоефективності при одночасному зниженні кількості шкідливих викидів в атмосферу.

Ключові слова: шкідливі викиди, енергоефективність, екологічні показники, судноплавання, склад суден, несамохідне судно, штовхач

Suvorov P., Tarasenko T., Zalozh V., Maksymov S. About ratio of energy efficiency and ecological compatibility for inland navigation vessels

Present state of the Danube shipping is differed by insufficient provision of navigation conditions, age composition of the fleet, as well as the fleet specifics – its ability to work throughout the Danube (over 2000 km) when loaded with heavy caravans from non-self-propelled vessels. This specificity significantly differentiates the Danube navigation from navigation on other inland waterways in Europe, which provided year-round through depths, range of transitions to ten times less, and the work carried out for the most part self-propelled dry cargo and tanker vessels.

The study deals with the build a common model for managing energy efficiency and environmental performance of a self-propelled river towing and traction fleet. The differences in transportation technologies in international maritime, European inland and Danube shipping are shown. The issues of rationing of harmful emissions into the atmosphere in shipping on European inland waterways are considered. The analysis of energy efficiency indicators established in international maritime shipping, as well as the peculiarities of their use in inland navigation, was carried out. The principles of the application of energy efficiency indicators to the assessment of environmental indicators of ships in inland navigation have been determined, taking into account the specifics of navigation conditions and other factors determining the operating modes of the ship propulsion complex.

Innovative approach in the study lies in the fact that in the known studies carried out earlier, were considered the Danube fleet operating on the upper sections of the Danube. According to this, the practical solution to the problem of determining the potential to reduce harmful emissions for the existing fleet as well as the formation of the concept of energy efficiency management in the shipping industry is unresolved. Consequently, the ways of achieving energy efficiency while reducing the amount of harmful emissions into the atmosphere were identified. A possibility of controlling characteristics of energy efficiency of existing Danube traction and self-propelled fleet without significant modernization and upgrades is presented

Keywords: emissions, energy efficiency, environmental performance, shipping, ships, composition of ships, dumb vessel, pusher.

Суворов Петро Семенович – Академік ТAU, доктор технічних наук, професор Кафедра суднових енергетичних установок і систем Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
E-mail: petr.s.suvorov@gmail.com

Тарасенко Тетяна Владиславівна – кандидат технічних наук Кафедра інженерних дисциплін Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
E-mail: sergeysunnysat@gmail.com

Залож Віталій Іванович – здобувач Кафедра інженерних дисциплін Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
E-mail: zalozh@ukr.net

Максимов Сергій Борисович – здобувач Кафедра інженерних дисциплін Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія»
E-mail: maksimov15477@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-72-79>

УДК 614.8.067

ANALYSIS OF THE CHEMICAL SAFETY STATE IN THE LUHANSK REGION IN THE CONDITIONS OF THE WARNING CONFLICT

Tarasov V.Y., Zakharova O.I., Zaika R.G., Zakharova A.I.

АНАЛІЗ СТАНУ ХІМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО КОНФЛІКТУ

Тарасов В.Ю., Захарова О.І., Заїка Р.Г., Захарова А.І.

The statistics of emergency situations in Ukraine for 2018 are analyzed. The total cost of damage caused by emergencies amounted to more than UAH 516 million. About 15% of the territory of Ukraine with a population of more than 10 million people is in a critical ecological state, in fact not favorable for living. It is shown that the most environmentally hazardous production (coke and metallurgical plants, power plants and chemical industry enterprises) are concentrated in the Donetsk and Luhansk oblasts. The production complex consists of 3995 enterprises, 7 of which are environmentally hazardous objects. Damage to technological installations can result in dangerous consequences for the population and the environment near the enterprises. Due to emergency emissions and discharges there is pollution of atmospheric air, surface and underground waters and soils. Storage tanks and sludges, storage sites for industrial waste, such as slag dumps, waste heaps, stocks of raw materials, etc. located on the territories of tailings storage facilities also cause environmental hazards. There is also the risk of contamination of the area outside the conflict zone and the Sea of Azov in the event of pollution of the Siverskyi Donets, Kalmius, Mius and Mokryi Yelanchyk rivers, which occur near the clash line and in areas beyond the control of the Government of Ukraine.

As a result of the analysis of the state of chemical safety in Ukraine, the example of PJSC «Severodonetsk Azot Association» shows the need to increase safety requirements and prepare new qualified personnel for radiation, chemical and biological protection.

The necessity of attracting additional funds for ensuring the effectiveness of the actions of the territorial subsystems of the EGS GZ in the region in the conditions of emergencies, enhancing the readiness of the specialized fire fighting service of the city's civil protection to the actions for appointment, ensuring the timeliness and quality of carrying out work to save people, extinguishing fires, eliminating the consequences of emergencies, creation of the possibility of conducting search, rescue, restoration and friend services around the clock their urgent work.

Key words: KHO, ammonia, emergency situations.

Introduction. During 2018, there were registered 128 emergencies in Ukraine (48% of man-made disasters), killing 168 people and injuring 839 people. The total cost of damage caused by emergencies amounted to more than UAH 516 million [1].

The uneven territorial concentration of production is a serious problem. There is a high concentration of industrial production in high-urbanized regions (Dnipro, Donetsk, Zaporizhia, and Kharkiv), and high concentration of agricultural production in other regions (Vinnytsia, Kirovograd, Cherkasy, Poltava), which leads to significant anthropogenic changes in the environment, pollution, destruction and degradation of all components of the environment. About 15% of the territory of Ukraine with a population of more than 10 million people is in a critical ecological state, in fact not favorable for living

Proceeding from the deep awareness of the critical state of the country's environment, the inability to naturally overcome the influence of industrial and communal pollution of surface and underground waters and the atmosphere, the depletion of natural resources and the inextricably linked factor of the health of the population of Ukraine, which poses a real threat to the national security of Ukraine, we are forced to state that the main reason for the emergence of the crisis state of the environment is the low priority of environmental policy in Ukraine [2].

Formulation of the problem. The state of the environment of the Donbas - the most technically-loaded region of Ukraine and Europe - was a matter of serious concern before the beginning of the military conflict, and in the context of military operations, the environmental situation in the east could become catastrophic. As a result of the conflict, the operation of the monitoring system has been violated, part of the observation posts has been discontinued, archival data, equipment and documentation have been lost. The lack of infor-

mation, limited reliable data, non-systematic observations and lack of access to environmental information in the uncontrolled areas hinder the adoption of operational and prudent management decisions that are critical in crisis situations.

Analysis of the state of the problem. In Donetsk and Luhansk regions, there are 5,500 industrial enterprises and infrastructure facilities that, if damaged, will become a source of significant danger (disaster) for the environment [3,4]. The main part of production is coal-mining, coke and chemical industries, metallurgy and other environmentally hazardous industries.

As of 2016, Luhansk region administratively consists of 18 administrative districts, 37 cities, 14 of which are regional subordination, 109 urban-type settlements and 792 rural settlements. The population as of January 1, 2016 amounted to 2205.4 thousand people (5% of the population of Ukraine), including urban population - 1916.2 thousand people (86.9%), rural population - 289.2 thousand people (13.1%). The production complex consists of 3995 enterprises, 7 of which are environmentally hazardous objects (Table 1) [5].

Damage to technological installations can result in dangerous consequences for the population and the environment near the enterprises. Due to emergency emissions and discharges there is pollution of atmospheric air, surface and underground waters and soils. Storage tanks and sludges, storage sites for

industrial waste, such as slag dumps, waste heaps, stocks of raw materials, etc. located on the territories of tailings storage facilities also cause environmental hazards. Significant risks of damage to tailings dams along the entire collision line (Figure 1).

There is also the risk of contamination of the area outside the conflict zone and the Sea of Azov in the event of pollution of the Siverskyi Donets, Kalmius, Mius and Mokryi Yelanchyk rivers, which occur near the clash line and in areas beyond the control of the Government of Ukraine.

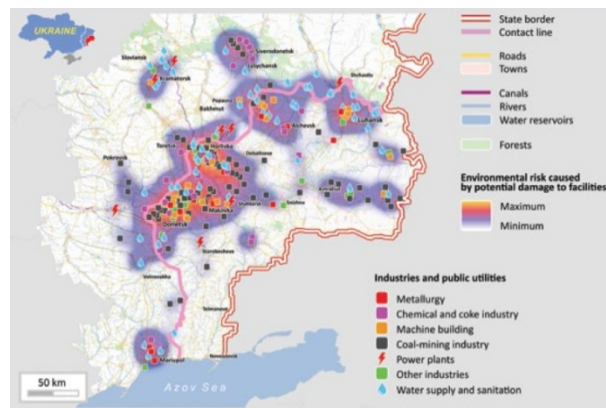


Fig. 1. Assessment of environmental risk in the conflict zone [6]

Table 1

List of environmentally hazardous objects [5]

№	The name of the environmentally hazardous object	Type of economic activity`	Departmental affiliation (ownership form)	Note
On the territory under the control of Ukrainian authorities				
1	PrJSC «Severodonetsk association AZOT»	20.15 Production of fertilizers and nitrogen compounds	Private	Chemically dangerous object
2	LLC «SPA «Severodonetsk Skloplastyk»	23.14 Production of fiberglass	Private	Chemically dangerous object
3	PrJSC «LYNIK»	19.20 Production of petroleum refining products	Private	Chemically dangerous object
4	ALC «Lysychansk gelatinous factory»	20.59 Manufacture of other chemical products	Collective	Chemically dangerous object
5	PJSC «Rubizhne cardboard plant»	17.21 Manufacture of corrugated paper and cardboard, paper and cardboard packaging	Collective	Object of critical infrastructure
6	LLC «Svatove oil»	10.41 Production of oils and animal fats	Private	Object of critical infrastructure
7	On the line of collision with an uncontrolled part of the territory			
8	ME "Luhansk TPP" LLC "DTEK Skhidenergo"	35.11 Electricity production	Private	Object of critical infrastructure
9	UC «Popasne regional water utility»	36.00 Cleaning and supply of water 37.00 Sewage, sewerage and waste water treatment 38.22 Treatment and disposal of hazardous waste	Communal property	Petrovsky production site (Petropavlivka village of Stanichno, Lugansk rayon), Svitlychansky department (Nizhny Popasnyansky district, village of Crimea, Novoaydarsky district) - objects of critical infrastructure

Between 2014 and 2017, more than 500 cases of violations of staffing and emergency situations were recorded at enterprises in the region (Figure 2), some of which are associated with a potential danger to the population and the environment.

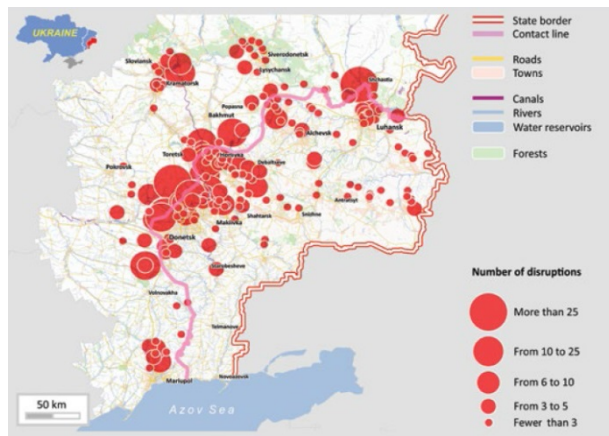


Fig.2 Accidents and violations of the regime of industrial enterprises during armed conflict [6]

The purpose of the article. Research of the Luhansk reg. CDO on the example of PrJSC «Severodonetsk Azot Association».

Research results. Industrial site PrJSC «Severodonetsk Azot Association» is located in Severodonetsk on the left bank of the river Siversky Donets in 3 km from the geometric center of the city of Severodonetsk. The distance to the residential area is 0.6 km (urban polyclinic - 1.0 km).

In 2011, the percentage of utilization of production capacity was 91.1%. The production capacity of the shop is 1-A - 520000 t / yr (capacity utilization is 112.8%), the production capacity of the shop is 1-Б - 450000 t / yr (capacity utilization is 98.9%), production capacity of methanol - 190000 t / year (capacity utilization 84.0%), production capacity of formalin - 101400 t / yr (capacity utilization 42.6%), production capacity of acetic acid - 150000 t / yr (capacity utilization 94.4%), production capacity of pure acetate - 40,000 t / year (capacity utilization 42.6%), production capacity of polyvinyl acetate dispersion (100%) - 12500 t / yr (utilization of capacity 13.6%), production capacity of low-toxicity carbamideformaldehyde resin is 46,000 t / yr (capacity utilization is 63.6%), acetylene production capacity - 18,856 t / year (capacity utilization 29.1%), carbamide production capacity - 400,000 t / yr (utilization of capacity 106.2%), The production capacity of ammoniacal 480000 tons / year (capacity utilization is 108.0%), the production capacity of carbonaceous salts is 10,000 tons / year (capacity utilization is 110.1%), the production capacity of adipic acid is 29500 tons / year (capacity utilization is 109.7%), the production capacity of polyvinyl acetate alcohol (dry) is 1055 tons / year (utilization of capacity is 13.2%). The production capacity of caliber nitrate is 14500 t / yr (utilization of capacity is 33.0%), production capacity of nitrate nitrate is 20,000 t / yr

(utilization of capacity 131.6%), capacity of potassium and sodium selenium production - 14500 t / yr (power utilization 168, 95%) [7].

In the short period of 2018, the following products were manufactured: from 28.07.18. 08.09.18 - amiyac synthetic, from 03.08.18g. 08.09.18 - Urea, from 31.01.18. on 15.02.18 and from 30.07.18. on September 15, - amiyat salitra, from 31.01.18g. on February 16, 18 and from 07.07.18 on September 15, unconcentrated nitric acid. The consumption of 46741.45 tons of commercial ammonia and 75109.12 tons of natural gas have been consumed. The capacity of other basic products, including methanol and products containing methanol, including methanol technical, vinyl acetate, ammonia in cylinders, caliber calcium, sodium nitrite, acid nitrogen reactive, acetylene, acetylene dissolved, acetic acid, formalin, low-toxicity carbamideformaldehyde resin, carbamideformaldehyde resin, carbon dioxide were not removed due to unfavorable factors of production in the enterprise. For the period from January to December 2018. the use of established annual production capacities amounted to 9.4%; for carbamide production - 6.7%; on the production of ammonium selitrium - 20,8%; for the production of nitric acid, unconcentrated - 18,0%, for the production of ammonia - 2,1%.

In 2018, a research-and-production plant for the production of urea-ammoniacal compounds (UAC) was built, and the regime for its production was adjusted. Produced 4 322 tons of UAC. Work on the construction of the industrial plant UAC with a design capacity of 450 thousand tons per year has begun. In addition, in 2018, the installation of ammo compressors and the commissioning of the ammonia-refrigeration unit (ARU) at the isothermal ammonia storage facility and the reconstruction of the unit for the loading of carbamide into the "BIG-BEG" containers began for the purpose of bringing the capacity up to 1200 tons per day [8].

According to the annual information of the issuer of securities of PrJSC "SEVERODETSK ASSOCIATION AZOT" for 2018, the number of potent toxic substances used in the production of ammonia, compared to the same period in 2011. decreased by 11 times, but the total amount of "imported" synthetic liquid ammonia in the factory warehouses was 100%.

The peculiarity of the organization of production at the enterprise is associated with an increase in risk factors from elements of transport infrastructure, in particular railways, motorways and bridges, many of which were built many years ago 4 years ago and are currently not fully compliant with technical requirements. According to the Ministry of Infrastructure of Ukraine, the total volume of dangerous goods (DG) transportation in 2015 amounted to 22689 thousand tons, but there were no accidents during transportation of DGs in 2013-2015. At the same time, according to the "Analysis of the state of safety of traffic, flights, navigation in Ukraine for 2015", on the railways of Ukraine for the year there were 28 emergen-

cies, during which 21 cases of HC leaks were recorded, and in 4 cases, as a result of fire, 97 were lost, 6 DG. According to available information, in 2015 there were 10 emergencies, including those associated with the outflow / evaporation of HC.

In addition, the major threat to the transportation of DG is the armed confrontation in eastern Ukraine, the uncontrolled nature of certain areas and parts of the state border and the overall increase in terrorism in the world. As a result of combat operations involving the use of heavy weapons, sabotage operations, land mines and transport communications, the destruction of the transport infrastructure of Donetsk, Lugansk and adjacent regions of Ukraine is taking place. According to some official reports from the Ministry of Infrastructure, only 1404 railway objects of Donetsk, Prydniprovsk and Southern railways were damaged from May to December 2015 due to sabotage and hostilities.

The development of an emergency in case of an accident (destruction) of mobile chemically hazardous objects (CHO) will have a number of differences from accidents (destruction) at stationary objects with emergency chemical substances objects. Damage to such facilities may be significantly greater than in industrial accidents. This is due to the characteristic features of modern rail transport:

- a large mass of rolling stock (the total mass of a freight train is 3-4 thousand tons);
- high speed rolling stock (cargo up to 100 km / h), and the emergency stopping distance can be up to 1 000 m;
- the presence on the route of dangerous sections of roads (bridges, tunnels, descents, ascents, crossings, humps);
- the presence of high voltage electrical current (up to 30 kV);
- The influence of the human factor;
- the presence of a large number of railway routes, passing near populated areas.

The identification of zones of possible chemical contamination and, on this basis, the development of preventive measures of protection and measures to eliminate the consequences of accidents at such facilities is carried out at the prediction stage.

A feature of forecasting the consequences of accidents at such facilities will be the nature of the spill of the liquid HCS agent during the depressurization of containers when moving, depending on the area of the hole, the number of tanks broken and the presence of HCS substances in them, the speed of movement, the nature of the underlying terrain.

When depressurization of railway tanks carrying HCS, the most possible options should be considered:

- the formation of holes (cracks) in the bottom of the tank (s);
- the formation of holes in the side of the tank (s);
- the destruction of the tank completely (cisterns) with a spread of the contents of poisonous substances.

In addition, the propagation of an infected cloud both from the strait site from the moment of depressurization of the tank to the stop of transport, and from the strait to the next strait during stopping (Tables 2-4) should be taken into account.

In the conditions of the first and second options from the holes in the bottom (side) of the tank is the outflow of transported HCS. In this case, it is necessary to consider the situation when, as a result of the explosion, which entailed the formation of a hole, there is no departure from the railroad tracks of railway tanks. Spill of HCS from a hole in this case will occur both in the area of braking and in the area of stopping the damaged train. For a reasonable and reliable data obtained forecasting knowledge of many input parameters about the object and the nature of the environment, that is, a significant amount of information.

Table 2

The depth of infection in areas of inhibition at a speed of onset of inhibition of 70 km / h, ammonia [9]

Braking path, m	Infection depth with a hole in the bottom, m	The depth of infection with a hole at height					
		0,25 m	0,5 m	0,75 m	1 m	1,25 m	1,5 m
541,33	60,219	55,77	51,20	46,49	41,64	36,60	31,35
659,35	114,982	108,98	102,67	95,77	88,56	80,76	72,05
752,272	151,575	143,45	135	125,86	116,39	105,90	94,06
822,118	211,513	200,2	188,10	175,22	161,56	147,12	130,73
871,119	266,29	260,46	254,11	247,16	239,38	222,71	197,55
901,834	318,747	311,76	304,09	295,65	286,33	275,50	262,87
917,313	418,701	409,33	399,28	388,09	375,62	361,26	344,66
Stop	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250

The volume of the tank is 71.7 m³; weight 43 t; the size of the hole is 0.04 m²; dependence of the depth of chemical contamination in the braking area and in the vicinity of the stop on the location of the opening of the depressurization in the side of the tank under inversion conditions (mass 47.6 tons; S_{ot} = 0.04 m²; u = 1 m / s; t₀ = + 20 ° C; time localization 15 min, with an initial braking speed of 70 km / h, one damaged tank)

Table 3

Depth of infection at the stop, ammonia [9]

Localization time, min	Isothermia, m	Inversion, m	Convocation, m
15	1250	1500	1750
30	2500	3000	1970
45	3750	4500	1970
60	5000	6000	1970
90	7500	9000	1970

Wind speed 1 m / s; dependence of the depth of chemical contamination in the region of shutdown from the localization time with different vertical air stability (mass 30.5 t; $S_{ot} = 0.04 \text{ m}^2$; $u = 1 \text{ m / s}$; $t_0 = + 20 \text{ }^\circ \text{C}$; with an initial braking speed of 70 km / h)

Table 4

The dependence of the depth of chemical contamination in the vicinity of the stop on the localization time for various vertical air stability [9]

Localization time, min	Inversion, m	Inversion, m	Convocation, m
15	2500	3000	1714
30	5000	4382	1714
45	7500	4382	1714
60	9437	4382	1714
90	9437	4382	1714

Wind speed 2 m / s; weight 30.5 tons; $S_{ot} = 0.04 \text{ m}^2$; $u = 2 \text{ m / s}$; $t_0 = + 20 \text{ }^\circ \text{C}$; with an initial braking speed of 70 km / h; ammonia

Such information includes all data characterizing the scenario and conditions for the occurrence and development of an accident:

- the place of the accident;

- the nature of the process of release of HCS and the conditions accompanying this process;
- the qualitative and quantitative composition of the released HCS;
- physico-chemical characteristics of HCS;
- types and parameters of the initial sources of infection formed;
- meteorological conditions at the time of the accident and the time of formation and operation of sources of infection;
- terrain characteristics in the area of the source of the accident and in the areas of possible chemical contamination;
- the presence of settlements with the quantitative distribution of the population in the areas of possible chemical contamination;
- prognostic data on the possible consequences of the accident without taking into account the application of measures for its elimination.

It seems acceptable when developing action plans for the prevention and elimination of consequences of accidents to use forecasts for cases of the maximum possible scale of their consequences, that is, accidents with the release of the total number of existing HCS taking into account the main scenarios of their occurrence and development under the conditions most favorable for the formation and spread of the air pollution cloud (Fig. 3). On the other hand, for rapid assessment of the consequences of accidents at such facilities in cases of incomplete depressurization, it is advisable to have forecast data based on the specific conditions of the meteorological situation, the type of scenario, the possible nature and approximate dimensions of depressurization of tanks.

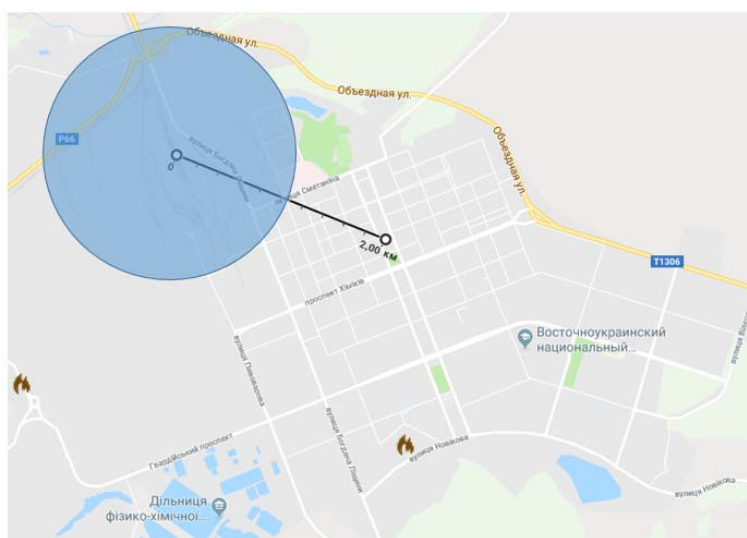


Fig. 3. Depth of infection in the area of the industrial park stoppage of PrJSC «Severodonetsk Azot Association» - 12 and 35 state fire and rescue units of the Main Directorate of the NDSU of Ukraine in the Lugansk region



Fig. 4. Complex object exercises on PrJSC «Severodonetsk Azot Association» [11]

Taking into account the temporary complications of the operation of the main industrial sites at the PrJSC «Severodonetsk Azot Association» and taking into account that the enterprises belonging to the chemical industry should be protected from fires on the basis of contracts, the radius of service of the fire and rescue unit of production on the roads of the general the use must not exceed 3 kilometers. If in the zone of departure of the unit (parts) placed industrial enterprises, the radius of service depending on the category of production is up to 2 or 4 kilometers [10]. Taking into account the above, as well as constant monitoring and training of units (Figure 4), the 12 and 35 state fire and rescue units of the Main Directorate of the SES of Ukraine in the Luhansk oblast provide reliable protection of the population.

However, on the territory of the region, it is covered with zagal 34 34 not strictly private enterprises, personnel of the first step, 5 netspeki - 5, 2nd steps - 1, III steps - 3, IV steps - 25 i from the past years, the population of the projected areas of the drawers is the drawers of the drawers and the drawers. in the zone of a mossy henna zabrudnennya obobivami individualnogo zakhistu є problem. In fact, it is only up to 0% and 14.71% of total consumption [12].

Conclusions. As a result of the analysis of the state of chemical safety in Ukraine, the example of PrJSC «Severodonetsk Azot Association» shows the need to increase safety requirements and prepare new qualified personnel for radiation, chemical and biological protection. Ensuring the effectiveness of the actions of the Severodonetsk City Department of the territorial subsystem of the civil protection service in the conditions emergency, increasing the readiness of the specialized fire service of the city's civil protection to the intended actions, ensuring timeliness and quality of carrying out work on the salvation of people, extinguishing fires, eliminating the consequences of emergencies, search, rescue, restoration and other urgent works.

Література

1. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення надзвичайних ситуацій в Україні у 2018 році [Електронний ресурс] // ДСНС України - Опубліковано: 15.01.2019 — Режим доступу : <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-zakvartal/87968.html>
2. Концепція реформування системи державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього середовища в Україні [Електронний ресурс] // Міністерство екології та природних ресурсів України - Опубліковано: 12 Квітня 2017 — Режим доступу : <https://menr.gov.ua/content/konceptsiya-reformuvannya-sistemi-derzhavnogo-naglyadu-kontrolyu-u-sferi-ohoroni-navkolishnogo-seredovishcha-v-ukraini.html>
3. Іванюта С. П. Пріоритетні напрями протидії екологічним і техногенним загрозам в зоні військового конфлікту на Сході України [Електронний ресурс] // Національний інститут стратегічних досліджень — 15.05.2019 — Режим доступу : <https://www.niss.gov.ua/doslidzhennya/analitichni-materiali/nacionalna-bezpeka/prioritetni-napryami-protidii-ekologichnim-i>
4. Повідомлення про намір укласти договір (під час застосування переговорної процедури) UA-2018-08-23-000682-b. Збірно-розбірні конструкції пункту евакуації відкритого типу з монтажем [Електронний ресурс] // ProZorro публічні закупівлі - Опубліковано: 23 серпня 2018 — Режим доступу : <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2018-08-23-000682-b>
5. ЕКОЛОГІЧНИЙ ПАСПОРТ РЕГІОНУ ЛУГАНСЬКА ОБЛАСТЬ [Електронний ресурс] // Міністерство екології та природних ресурсів України - Опубліковано: 14.08.2017 https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2016%20%D1%80%D1%96%D0%BA%20%D0%9B%D1%83%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf
6. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. – К.: ВАІТЕ, 2017. - 88 с. - ISBN 978-966-2310-77-1 — Режим доступу: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/362581?download=true>
7. Річна інформація емітента цінних паперів (річний звіт) за 2014 рік [Електронний ресурс] // ПрАТ

- "СВЕРДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ" — 29.04.2015 — Режим доступу: <http://www.azot.lg.ua/zvit2015>.
8. Річна інформація емітента цінних паперів (річний звіт) за 2018 рік [Електронний ресурс] // ПрАТ "СВЕРДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ" — Дата подання 30.04.2019 — Режим доступу: http://www.azot.lg.ua/yurdep/Richna/2019_04_30/33270581_2018.pdf.
 9. Савчук О.Н., Аксенов А.А. Пути совершенствования прогнозирования последствий аварий (разрушений) железнодорожных цистерн с аварийно химически опасными веществами в условиях информационной войны // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-sovershenstvovaniya-prognozirovaniya-posledstviy-avariy-razrusheniya-zheleznodorozhnyh-tsistern-s-avariyno-himicheskii-opasnymi>
 10. Постанова К. М. У. Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>.
 11. НА СЕВЕРОДОНЕЦКОМ «АЗОТЕ» ОСТЧЕМ ПРОШЛИ МАСШТАБНЫЕ УЧЕНИЯ [Електронний ресурс] // ПрАТ "СВЕРДОНЕЦЬКЕ ОБ'ЄДНАННЯ АЗОТ" — 20.05.2016 — Режим доступу: http://www.azot.lg.ua/news/show_news.php?subaction=showfull&id=1463744775&archive=&template=ru
 12. АНАЛІЗ службової діяльності Головного управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій у Луганській області з питань організації заходів цивільного захисту за 2016 рік [Електронний ресурс] // ГОЛОВНЕ УПРАВЛІННЯ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ - Опубліковано: 2017 — Режим доступу: https://lg.dsns.gov.ua/files/Docs/analiz_UCZ_2016.pdf
 4. Povidomlennya pro namir uklasti dogovor (pid chas zastosuvannya peregovornoj proceduri) UA-2018-08-23-000682-b. Zbirno-rozbirni konstrukciyi punktu evakuaciyi vidkritogo tipu z montazhem [Elektronnij resurs] // ProZorro publichni zakupivli - Opublikovano: 23 serpnja 2018 — Режим доступу: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2018-08-23-000682-b>
 5. Ekologichnij pasport regionu Luganska oblast [Elektronnij resurs] // Ministerstvo ekologiyi ta prirodni resursiv Ukraini - Opublikovano: 14.08.2017 https://menr.gov.ua/files/docs/eco_passport/2016%20%D1%80%D1%96%D0%BA%20%D0%9B%D1%83%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf
 6. Ocinka ekologichnoyi shkodi ta prioriteti vidnovlennya dokilliya na shodi Ukraini. – K.: VAITE, 2017. - 88 s. - ISBN 978-966-2310-77-1 — Режим доступу: <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/362581?download=true>
 7. Richna informaciya emitenta cinnih paperiv (richnij zvit) za 2014 rik [Elektronnij resurs] // PrAT "Syevyerodonecke ob'yednannya AZOT" — 29.04.2015 — Режим доступу: <http://www.azot.lg.ua/zvit2015>.
 8. Richna informaciya emitenta cinnih paperiv (richnij zvit) za 2018 rik [Elektronnij resurs] // PrAT "Syevyerodonecke ob'yednannya AZOT" — Data podannya 30.04.2019 — Режим доступу: http://www.azot.lg.ua/yurdep/Richna/2019_04_30/33270581_2018.pdf.
 9. Savchuk O.N., Aksenov A.A. Puti sovershenstvovaniya prognozirovaniya posledstvij avarij (razrushenij) zheleznodorozhnyh cistem s avarijno himicheskii opasnymi veshestvami v usloviyah informacionnoj vojny // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii». 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-sovershenstvovaniya-prognozirovaniya-posledstviy-avarij-razrusheniya-zheleznodorozhnyh-tsistern-s-avariyno-himicheskii-opasnymi>
 10. Postanova K. M. U. Pro zatverdzhennya kriteriyiv utvorenniya derzhavnih pozhezhno-ryatuvalnih pidrozdiliv (chastin) Operativno-ryatuvalnoyi sluzhbi civilnogo zahistu v administrativno-teritorialnih odinicyah ta pereliku sub'yektiv gospodaryuvannya, de utvoryuyutsya taki pidrozdili (chastini) [Elektronnij resurs]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>.

References

1. Informacijno-analitichna dovidka pro viniknennya nadzvichajnih situacij v Ukraini u 2018 roci [Elektronnij resurs] // DSNS Ukraini - Opublikovano: 15.01.2019 — Режим доступу: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/87968.html>
2. Konceptiya reformuvannya sistemi derzhavnogo naglyadu (kontrolyu) u sferi ohoroni navkolishnogo seredovisha v Ukraini [Elektronnij resurs] // Ministerstvo ekologiyi ta prirodni resursiv Ukraini - Opublikovano: 12 Kvitnya 2017 — Режим доступу: <https://menr.gov.ua/content/konceptiya-reformuvannya-sistemi-derzhavnogo-naglyadu-kontrolyu-u-sferi-ohoroni-navkolishnogo-seredovishcha-v-ukraini.html>
3. Ivanyuta S. P. Prioritetni napryami protidiiy ekologichnim i tehnogennim zagrozam v zoni vijskovogo konfliktu na Shodi Ukraini [Elektronnij resurs] // Nacionalnij institut strategichnih doslidzhen — 15.05.2019 — Режим доступу: <https://www.niss.gov.ua/doslidzhennya/analitichni-materiali/nacionalna-bezpeka/prioritetni-napryami-protidii-ekologichnim-i>
11. Na severodoneckom «AZOTE» OSTCHEM proshli masshtabnye ucheniya [elektronnij resurs] // PrAT "Syevyerodonecke ob'yednannya AZOT" — 20.05.2016 — Режим доступу: http://www.azot.lg.ua/news/show_news.php?subaction=showfull&id=1463744775&archive=&template=ru
12. Analiz sluzhbovoyi diyalnosti Golovnogo upravlinnya Derzhavnoyi sluzhbi Ukraini z nadzvichajnih situacij u Luganskij oblasti z pitan organizaciyi zahodiv civilnogo zahistu za 2016 rik [Elektronnij resurs] // GOLOVNE UPRAVLINNYA DERZHAVNOYI SLUZHBI UKRAYINI Z NADZVICHAJNIH SITUACIJ U LUGANSKIY OBLASTI - Opublikovano: 2017 — Режим доступу: https://lg.dsns.gov.ua/files/Docs/analiz_UCZ_2016.pdf

Тарасов В.Ю., Захарова О.І., Заїка Р.Г., Захарова А.І. Аналіз стану хімічної безпеки у Луганській області в умовах військового конфлікту.

Проаналізовані статистичні дані надзвичайних ситуацій за 2018 року в Україні. Показано, що найбільш екологічно небезпечні виробництва (коксохімічні та металургійні заводи, електростанції та підприємства хімічної галузі) сконцентровані в Донецькій та Луганській областях. Визначена необхідність залучення додаткових коштів для забезпечення ефективності дій територіальних підсистем ЄДС ЦЗ в регіоні за умов виникнення НС, підвищення готовності спеціалізованої протипожежної служби цивільного захисту міста до дій за призначенням, забезпечення своєчасності та якості проведення робіт з рятування людей, гасіння пожеж, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, створення можливості цілодобового проведення пошукових, аварійно-рятувальних, відновлювальних та інших невідкладних робіт

Ключові слова: ХНО, аміак, надзвичайні ситуації.

Тарасов В.Ю., Захарова О.І., Заїка Р.Г., Захарова А.І. Анализ состояния химической безопасности в Луганской области в условиях военного конфликта.

Проанализированы статистические данные чрезвычайных ситуаций 2018 года в Украине. Показано, что наиболее экологически опасные производства (коксохимические и металлургические заводы, электростанции и предприятия химической отрасли) сконцентрированы в Донецкой и Луганской областях. Определена необходимость привлечения дополнительных средств для обеспечения эффективных действий территориальных структур ЕГС ЦЗ в регионе в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций, повышение готовности специализированной противопожарной службы гражданской защиты города, обеспечения своевременности и качества проведения работ по спасению людей, тушению пожара, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, создание возможности круглосуточного проведения поисковых, аварийно-спасательных, восстановительных и других неотложных работ

чайных ситуаций, повышение готовности специализированной противопожарной службы гражданской защиты города, обеспечения своевременности и качества проведения работ по спасению людей, тушению пожара, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, создание возможности круглосуточного проведения поисковых, аварийно-спасательных, восстановительных и других неотложных работ

Ключевые слова: ХОО, аммиак, чрезвычайные ситуации.

Тарасов Вадим Юрійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри хімії та охорони праці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. vatarasov81@gmail.com

Захарова Ольга Іванівна – к.х.н., доцент, доцент кафедри хімії та охорони праці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. rubej10@gmail.com

Заїка Раїса Григорівна – к.т.н., доцент, зав. кафедри доцент кафедри хімії та охорони праці Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. chemistry@snu.edu.ua

Захарова Анастасія Іванівна – студентка Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. rubej10@gmail.com

Стаття подана 15.06.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-80-82>

УДК 539.43

ЦИКЛИЧЕСКАЯ ПОЛЗУЧЕСТЬ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 03X13AG19 ПРИ ГЛУБОКОМ ОХЛАЖДЕНИИ

Татарченко Г.О., Медведь И. И., Белошицкая Н.И.

CYCLIC CREEP OF CONSTRUCTION STEEL 03H13AG19 AT DEEP COOLING

Tatarchenko G.O., Medved I.I. Beloshitskaya N.I.

Приводятся данные экспериментального исследования по выявлению влияния глубокого охлаждения на малоцикловую усталость и циклическую ползучесть конструкционной стали в интервале температур 293-77К. Исследуется характер деформирования и разрушения стали в условиях глубокого охлаждения.

Ключевые слова: конструкционные сплавы, глубокое охлаждение, малоцикловая усталость, циклическая ползучесть.

Введение. Малоцикловая усталость является одним из главных факторов, определяющих долговечность (ресурс) основных деталей конструкции. Согласно мировой статистике основная доля разрушений в инженерной практике происходит именно по причине усталости, поэтому проблема усталости является одной из наиболее актуальных научно-технических задач современности, решение которой требует дополнительных комплексных экспериментальных и теоретических исследований

Постановка задачи. Задача оценки несущей способности и долговечности в условиях воздействия циклических нагрузок имеет чрезвычайно большое значение. Среди ответственных конструкций и объектов низкотемпературного назначения широкое распространение получили конструкции, которые работают в условиях циклического отнулевого растяжения, повторяющегося с низкой частотой. Такие условия нагружения возникают при эксплуатации емкостей для транспортировки и хранения сжиженных газов (кислорода, азота, водорода, гелия), криогенных трубопроводов, сосудов высокого давления, криогенераторов и т.п. В результате циклического изменения нагрузки в материале этих конструкций (особенно в зонах концентраторов) могут возникать значительные по величине напряжения, достигающие и превосходящие предел текучес-

ти, что приводит к их разрушению после небольшого числа циклов нагружения.

Анализ последних достижений и публикаций.

Экспериментально установлено, что при малоцикловом нагружении имеет место направленное пластическое деформирование конструкционных сплавов, которое наиболее отчетливо проявляется при асимметричном цикле изменения нагрузки. Процесс одностороннего накопления пластической деформации, происходящий в результате действия переменных нагрузок, получил название циклической ползучести.

В ряде отечественных работ, а также в работах зарубежных авторов приводятся экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что при высоких уровнях напряжений и низких частотах нагружения циклическая ползучесть является определяющим фактором не только в области высоких температур, но также и для интервала температур 293-77К [1].

Цель работы. Экспериментальное исследование влияния температуры испытания на малоцикловую усталость и циклическую ползучесть стали 03X13AG19.

Изложение материала и его результаты. В настоящей работе экспериментальные исследования по выявлению влияния глубокого охлаждения на малоцикловую усталость и циклическую ползучесть проводились на нержавеющей стали 03X13AG19. Нагружение осуществлялось по пульсирующему циклу с частотой $0,033 \text{ с}^{-1}$ (2 цикл/мин) на воздухе и в средах жидких хладагентов (азота и гелия) при температурах 293,77 и 4,2К соответственно.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что при температуре испытания 293К в диапазоне долговечностей $0,5-10^4$ циклов у всех исследованных материалов имеет место направленное пластическое деформирование (рис. 1).

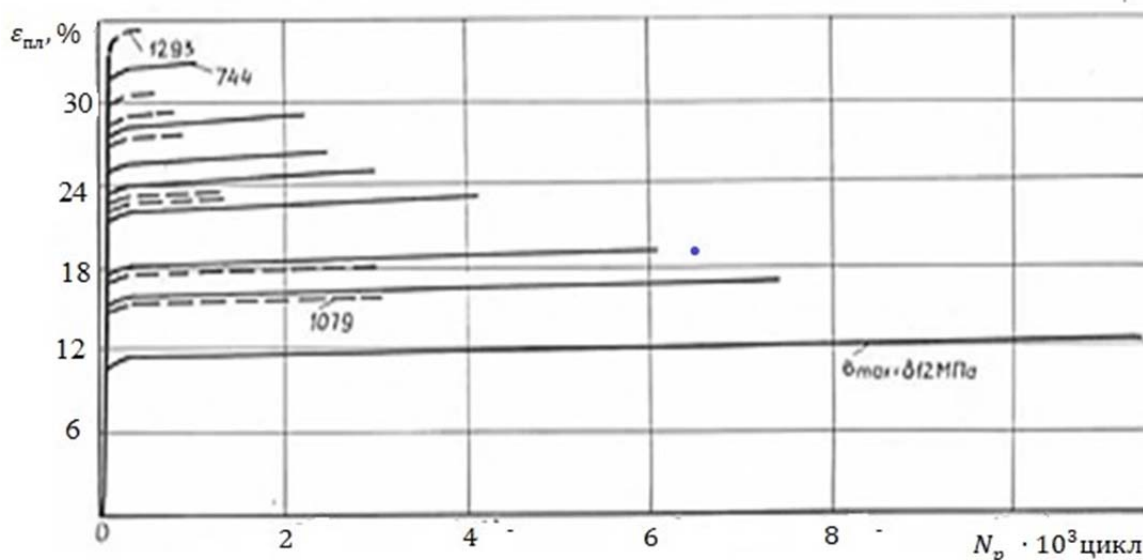


Рис. Кривые циклической ползучести стали 03X13AG19
 — - 293К; ---- - 77К

У сталі 03X20H16AG6 процеси циклічної ползучості найбільш інтенсивно протікають в області напружень, відповідних квазістатическому руйнуванню (рис.). Криві, характеризуючі кінетику змінення пластическої деформації від числа циклів напруження в цій області напружень, мають три характерні участка: неустановившеїся затухаючої, установившеїся та неустановившеїся ускореної ползучості. При цьому основна частина пластическої деформації реалізується на двох останніх стадіях.

У сталі 03X13AG19 на базі 10^4 циклів квазістатическе руйнування не було зафіксовано. Тому на відповідних кривих зона неустановившеїся ускореної ползучості відсутня, а основна частина деформації реалізується в першому циклі напруження [2].

Пониження температури испытання до 77К не вносить якісних змін в характер деформування та руйнування досліджуваних матеріалів, однак при цьому спостерігається різке гальмування процесів направленої пластическої деформування, характеризується зміною кута нахилу участків установившеїся ползучості на кривих, побудованих для однакових значень приведених напружень при температурах испытання 293 та 77К відповідно.

Таким образом, учитывая этот факт, что в интервале температур 293-77К на кривых циклической ползучести стадия ускоренной ползучести весьма ограничена по долговечности, либо вообще отсутствует, можно с уверенностью сказать, что число циклов до разрушения этих материалов в малоцикловой

области будет определяться их способностью сопротивляться деформированию на установившейся стадии. При этом, кинетика направленного пластического деформирования стали 03X13AG19 при температурах 293 и 77К с достаточной степенью точности может быть описана с позиции теории упрочнения.

Существенные изменения в поведении конструкционных материалов происходят при их испытаннях в условиях глубокого охлаждения ($T = 4,2\text{К}$). Изменяется механизм деформирования, резко уменьшается пластичность [3]. Вся накопленная до разрушения деформация реализуется в первом полцикле нагружения в результате актов прерывистой текучести, число которых однозначно определяется уровнем максимальных напряжений цикла.

При дальнейшем циклическом нагружении пластическое деформирование материалов обнаружено не было. Это свидетельствует о том, что процесс направленного пластического деформирования при $T = 4,2\text{К}$ оказывается полностью подавленным и разрушение образцов происходит в результате образования и развития до критической величины усталостной трещины. В то же время следует отметить, что у ряда конструкционных материалов экспериментально было зафиксировано прерывистое течение в начальной стадии циклического нагружения. Следовательно, отсутствие циклической ползучести у конструкционных сталей и сплавов при $T = 4,2\text{К}$ нельзя считать абсолютно установленным фактом. Для более глубокого изучения этого явления требуется проведение дополнительных экспериментальных исследований.

Выводы.

1. При температуре испытания 293К в диапазоне долговечностей $0,5-10^4$ циклов у образцов стали 03Х13АГ19 имеет место направленное пластическое деформирование.

2. Для образцов стали 03Х13АГ19 на базе 10^4 циклов квазистатическое разрушение не было зафиксировано, зона неустановившейся ускоренной ползучести отсутствует, а основная часть деформации реализуется в первом цикле нагружения.

3. Процесс направленного пластического деформирования конструктивных сталей при $T = 4,2\text{K}$ оказывается полностью подавленным и разрушение образцов происходит в результате образования и развития до критической величины усталостной трещины.

4. Понижение температуры испытания до 77К не вносит качественных изменений в характер деформирования и разрушения исследованных материалов.

Л и т е р а т у р а

1. Стрижало В.А. Циклическая прочность и ползучесть металлов при малоцикловом нагружении в условиях низких и высоких температур / Стрижало В.А. - К.: Наук. Думка, 1978. - 238 с.
2. Медведь И.И. Малоцикловая усталость хромомарганцевой стали 03Х13АГ19 при низких температурах (293-4,2К) / И.И. Медведь // Проблемы прочности. - 1986. - № 4. - С. 38-41.
3. Клявин О.В. Физика пластичности кристаллов при гелиевых температурах / Клявин О.В. - М.: Наука, 1987. - 256 с.

R e f e r e n c e s

1. Strizhalo V.A. Cyclic strength and creep of metals under low-cycle loading under conditions of low and high temperatures / Strizhalo V.A. - K.: Science. Dumka, 1978. - 238 p.
2. Medved I.I. Low-cycle fatigue of chromium-manganese steel 03H13AG19 at low temperatures (293-4.2K) / I.I. Bear // Problems of strength. - 1986. - № 4. - p. 38-41.
3. Klyavin O.V. Physics of plasticity of crystals at helium temperatures / Klyavin O.V. - M.: Science, 1987. - 256 p.

Татарченко Г.О., Медвідь І.І., Белошицька Н.І.
Циклічна повзучість сталі 03Х13АГ19 при глибокому охолодженні

Наводяться дані експериментального дослідження з виявлення впливу глибокого охолодження на малоциклову втому і циклічну повзучість конструкційної сталі в інтервалі температур 293-77К. Досліджується характер деформування і руйнування сталі в умовах глибокого охолодження.

Ключові слова: конструкційні сплави, глибоке охолодження, малоциклова втома, циклічна повзучість.

Tatarchenko G., Medved I., Beloshitskaya N.
Cyclic creep of construction steel 03H13AG19 at deep cooling

The data of an experimental study to determine the effect of deep cooling on low-cycle fatigue and cyclic response of the titanium alloy in the temperature range 293-77K are given. The nature of deformation and destruction of the alloy under conditions of deep cooling is investigated.

It has been experimentally established that under low-cycle loading there is a directed plastic deformation of structural alloys, which is most clearly manifested in an asymmetric cycle of load change. The process of one-sided accumulation of plastic deformation, which occurs as a result of the action of variable loads, is called cyclic creep.

In the temperature range 293-77K on the cyclic creep curves, the stage of accelerated creep is very limited in terms of durability, or is absent altogether, it can be said with certainty that the number of cycles before the destruction of these materials in the low-cycle region will be determined by their ability to resist deformation at the established stage. Moreover, the kinetics of directional plastic deformation of 03Kh13AG19 steel at temperatures of 293 and 77K can be described with a sufficient degree of accuracy with the view of hardening theory.

Significant changes in the behavior of structural materials occur when they are tested under conditions of deep cooling ($T = 4.2\text{K}$). The mechanism of deformation changes, ductility sharply decreases. All deformation accumulated prior to failure is realized in the first half-cycle of loading as a result of discontinuous yield acts, the number of which is uniquely determined by the level of maximum stresses of the cycle, which indicates that the process of directed plastic deformation at $T = 4.2\text{K}$ is completely suppressed and the destruction of the samples occurs as a result of the formation and development of a fatigue crack to a critical value.

Keywords: structural alloys, deep cooling, low-cycle fatigue, cyclic creep.

Татарченко Г.О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри « Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнського національного університету, e-mail: tatarchenkogalina@gmail.com

Медвідь І.І. – к.т.н., доцент, доцент кафедри « Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнського національного університету, e-mail: iw.medwed@yandex.ua

Белошицька Н.І. - к.т.н., доцент, доцент кафедри « Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнського національного університету, e-mail: beloshitska@ukr.net

Стаття подана 4.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-83-88>

УДК 69.681.51

ФОРМУВАННЯ ІНФОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ІНТЕРАКТИВНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЄКТІВ ІНВЕСТИЦІЙНО-БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Уваров П.Є., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Є.

FORMATION OF THE INFORMOGRAPHIC MODEL OF INTERACTIVE DESIGN OF ORGANIZATION OF PROJECTS OF INVESTMENT AND BUILDING ACTIVITIES

Uvarov P.E., Tatarchenko G.O., Shparber M.E.

Розглядається методичний підхід до формування інфографічної моделі на базі концепції CALS та інформаційно-логічного масиву календарного планування дво- та тривимірних план-графіків. Представлений набір систематизованих характеристик модулю, з вказівкою специфіки застосування в умовах використання САПР і АРМ планування і управління проектами ІБД.

Ключові слова: Проектна системологія, концепція CALS, інфографія, цифрова модель, віртуальний проект-об'єкт будівництва (П-ОБ), організаційно-технологічні цикли, графоаналітичні модулі план-графіків, систематизація рівнів, форм і призначення модулів.

Постановка проблеми та її зв'язок з науковими і практичними проблемами.

Сучасні інформаційні технології (ІТ) в автоматизованих системах організаційно-технологічного проектування і управління у будівництві (СОП) розглядаються як інженерно-інноваційний потенціал розвитку, зумовлюючи науково-технічний прогрес і комплексну ефективність інвестиційно-інноваційної та проектно-будівельної діяльності (ІБД) у безперервної інформаційної підтримки повного життєвого циклу створення, реалізації та ліквідації будівельної продукції – віртуального проекту-об'єкту будівництва (П-ОБ). Досить сказати, що нині ІТ охоплено в проектній справі більше 90% робіт, в підготовці інвестиційно-будівельного виробництва (ІВВ) і управлінні проектами 60-75% робіт, в фінансово-економічних розрахунках - понад 70% та ін. [1, 3, 6, 15, 17].

Ефективність використання ІТ у будівельній галузі істотно підвищується у разі застосування активного проектування на основі інтегрованих інформаційно-графічних технологій (ІТ), що охоплюють усі організаційно-технологічні етапи й стадії життєвого циклу інвестиційно-будівельного виробництва. Одна з них це високоєфективна комп'ютерна система - CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support - в перекладі з англій-

ської мови "Безперервна інформаційно-графічна підтримка життєвого циклу" виробу, продукту або цілого об'єкту).

Сучасний підхід до інтеграції програмних засобів на базі концепції CALS, дозволяє здійснити наскрізну автоматизацію проектування та управління будівництвом (П-ОБ) і подальшими процесами життєвого циклу об'єкту, використовуючи модульний принцип функціонально-структурної схеми побудови системи організаційно-технологічного проектування СОП-ІБД, інформаційно-програмного забезпечення САПР і АРМів, розширити при цьому зміни та нарощування проектних можливостей інформаційного інжинірингу та науково-технічного супроводу об'єктів [3, 7, 11, 12, 16, 17].

Нова концепція САПР та підтримки процесу організаційно-технологічного проектування віртуального П-ОБ формується на основі інформаційно-логічної уніфікованої цифрової моделі УЦМ П-ОБ, яка структурується певним чином, що дозволяє систематизувати всі інформаційні потоки документування інтегрованою СОП ІБД [3,5,6,12,18].

При цьому УЦМ П-ОБ інтерпретується як основний системоутворюючий чинник- "віртуальний П-ОБ" модель, якого існуючі тільки в пам'яті комп'ютера, відповідає реальному завданню, та формується завдяки інформаційній взаємодії складових підсистем СОП ІБД [11, 15, 17].

Вказані функціональні особливості УЦМ П-ОБ обумовлюють необхідність дослідження окремих концептуально-методичних аспектів-вироблення модульного принципу формування візуалізації, тобто моделі інфографічної структури ІВВ в завданнях інвестиційно-будівельного виробництва.

Еволюція розвитку і аналіз останніх досліджень і публікацій.

Концепція і принципи створення єдиної міжгалузевої інформаційної "системи автоматизації проє-

ктно-конструкторських робіт і технологічної підготовки будівельного виробництва", які б включали створення у ІБД принципово нових моделей проектування П-ОБ і діяльності проектувальників, визначили прогноз розвитку проектування і взаємодії систем. Уперше вони були представлені Центральним науково-дослідним і проектно-експериментальним інститутом автоматизованих систем у будівництві в 1973 році і відображені в прийнятих рішеннях Всеукраїнської наукової конференції [7, 14, 16].

У запропонованій концепції автоматизована система проектування (АСП) і управління (АСУ) розглядалася як єдина (інтегрована) функціональна система, системоутворюючим результатом якої має бути розглянутий проект-об'єкт будівництва (П-ОБ), побудований із заданими техніко-економічними характеристиками.

Концепція об'єднання в одну функціональну систему нині розрізаних трьох систем проектування змінювала принципово структуру САПР і АСУБ і зумовила постановку нових проблем на "стиках" проектування об'єкту, його зведення і управління (рис.1).

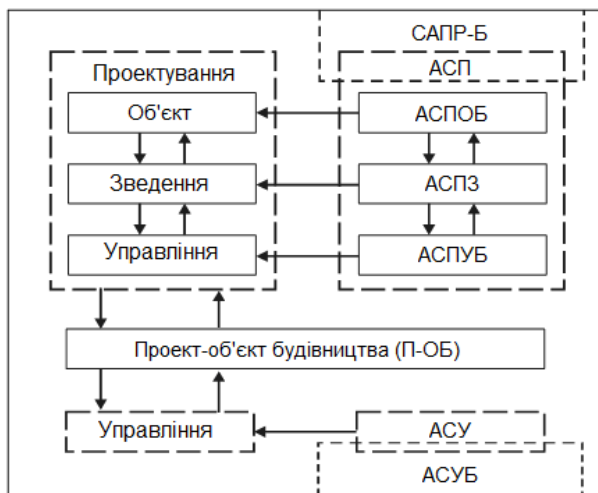


Рис. 1. Функціональна схема автоматизованої системи проектування (АСП): АСПОБ- автоматизована система проектування об'єктів будівництва; АСПЗ - автоматизована система проектування організації зведення будівельних об'єктів; АСПУБ - Автоматизована система проектування управління будівництвом

Ці проблеми раніше знаходилися в "нічийних зонах" і не потрапляли в достатній мірі у поле зору проектної системології, та не дозволяли комплексно оцінити рішення, що враховують системний підхід та імовірнісний (організаційно-економічний і організаційно-технологічний) характер будівельного виробництва [12].

Результатом реалізації програм по створенню АСП та ін. стало в першу чергу накопичення значного досвіду розробки інформаційних систем управління техніко-економічними параметрами об'єктів будівництва. В той же час спочатку поставлені гло-

бальні цілі цієї ідеї та програм не були досягнуті. Ось чому останніми роками виник новий науковий напрям - інформаційні інтегровані технології, які зажадали формалізації представлення даних, у тому числі мови програмування і системи управління, засобів представлення і обробки текстової і графічної інформації, інтеграційні (діалогові) моделі і засоби та ін.

У комп'ютерно-інформаційних технологіях систем автоматизованого проектування, управління, організації інформаційного простору П-ОБ модульність є важливим принципом сучасного математичного, архітектурно-будівельного, інформаційно-програмного забезпечення АСУБ, САПРів та АРМів та засобів підтримки процесу віртуального П-ОБ програмного комплексу .

Для вирішення вище викладеної проблеми знадобилася розробка різних інформаційно-графічних систем САПР- і АРМів, інтегрованої лінії проектування, орієнтованих на основних учасників ІБД, програми яких будуть містити банки даних базових комплектів документації, необхідної для виконання функцій замовника (інвестора), генпідрядника та інших суб'єктів ІБД. [6, 10].

Наприклад, в лінії проектування версії Проектно-конструкторського і технологічного інституту промислового будівництва (ПКТПромбуд) основною програмою розробки етапів проектної підготовки інвестиційно-будівельного виробництва і управління в інформаційній підтримки життєвого циклу (ЖЦ) П-ОБ являються програми САПР КПЛАН і БУДГЕНПЛАН, які використовуються для підготовки календарних і будівельних генеральних планів при рішенні базового завдання в складі ПОБ і ПВР, з використанням різних форм моделей, та при управлінні П-ОБ з застосуванням розрахункових інженерних АРМів для учасників ІБД.

Необхідність розвитку такої важливої складової системно-комплексного підходу до автоматизованого проектування (АСУБ, САПР, АРМ), як технології інтерактивного інфографічного моделювання в завданнях інвестиційно-будівельного виробництва, зажадало вироблення концептуального методичного підходу та принципів до організації і технології інтеграції систем ІБД, внаслідок чого була використана схема співвідношення концепцій CALS, автоматизованих систем управління будівництвом (АСУБ), система автоматизований проектування (САПР) та різних інтегрованих систем, які будуть застосовуватися на етапах життєвого циклу процесу проектування будівельного об'єкту.

Перспективним напрямом вирішення цієї проблеми стали виконані фахівцями ПКТПромбуд, КНУБА та ін. розробки єдиної уніфікованої цифрової моделі проекту-об'єкту будівництва (УЦМО), яка утримує інформаціологію опису П-ОБ на основних етапах його життєвого циклу та узагальненої схеми взаємодії на її основі модулів інтегрованої лінії проектування КАЛІПСО в ГНІИАСС і КПЛАН в ПКТПромбуд та ін., запропонований логічна і фізична реалізація структура даних (БД), а також норма-

тивна база даних (НБД) УЦМО для подальшої передачі по лініям проектування систем організаційно-технологічного проектування і управління П-ОБ (СОТП ІБД) [6, 17] а також для відкриття і редагування.

Метою роботи є дослідження інформаційних моделей підтримки життєвого циклу П-ОБ і принципів застосування концептуальних положень інтеграції можливих способів інженерних і аналітичних розрахункових завдань для інфографічних моделей різного призначення і форми календарного планування, організації, управління і обліку (моніторингу) ресурсів та термінів інвестиційно-будівельного виробництва на основі формування організаційно-технологічного графоаналітичного модулю (план-графіків) створення і реалізація віртуального П-ОБ на основний етап проектування, обмін потоками інформації і програмних засобів єдиної інформаційної бази даних УЦМ П-ОБ і досвіду рішення цієї задачі при створенні та реалізації програмних комплексів, наприклад, такий як КАЛІПСО, КППЛАН, ПУСК та ін.

Основний зміст роботи. Сукупність розрахунково-обчислювальних, проектно-графічних і організаційно-управлінських робіт із створення та використання модулів-план-графіків (ПГ) визначається нами як календарне планування.

При цьому ПГ є основними організаційно-технологічними документами інвестиційно-будівельної підготовки виробництва (ПОВ, ПВР) і управління реалізацією П-ОБ та вимагає не менш 30% загальної трудомісткості підготовки і подальшого інженерного і експертно-економічного супроводу.

Результати виконаних інформаційно-аналітичних узагальнень [2, 4, 7, 16] показали, що особливістю інтерактивного моделювання та інфографічного представлення ПГ є різноманіття їх форм, тоді як зафіксовані в ній організаційно-технологічні та економічні рішення представляють інформаційний зміст. Форма (інженерна графіка) нерозривно пов'язана зі змістом, проте вона його не визначає. Наприклад, взаємна ув'язка проектних процесів ІБВ одного і того ж способу проектних рішень (ПР) організації їх виконання (послідовного, паралельного, потоково-поєднаного) може бути відбита як проектний результат (ПР-Р) у вигляді лінійного ПГ, циклограми, мережевого, комбінованого, супутніх і так далі графіків (рис. 2). [2, 4, 12].

Отже {ПР → ПР-Р} - це дві взаємозв'язані семантичні характеристики ПГ, що інформаційно відбиваються в різних формах (двовимірних, тривимірних та ін. аналітичних залежностях) і є відображенням принципу процесуального дуалізму. Інтеграція умов якості ПР визначається ПР-Р інформаційної якості УЦМ П-ОБ по певним аспектам, частинам, функціям і структурам. Тільки інструментарій АСА (аналіз-синтез-адаптація) як засіб досліджень зумовлюють кваліметрію комплексності проектно-якості CALS технологій і ISO 10303 STEP і досягнення на

основі інтеграції спеціалізованих додатків у вигляді модульних ПГ, технологій їх взаємодії, спільного використання і обміну інформаційними даними в уніфікованих форматах документації підготовки ІБД і єдиною УЦМ П-ОБ для розділів системи організаційно-технологічного проектування інвестицій та будівництва.

Найменування форми ПГ	Організаційно-технологічні схеми розвитку		
	Послідовна	Паралельна	Змішана
Лінійна			
Циклограма			
Мережева			

Рис. 2. Взаємозв'язок форми і змісту двовимірних графічних моделей інвестиційно-будівельного виробництва

Використання інформаційно-нормативної бази даних (НБД) УЦМ П-ОБ, бази даних (БД) і усієї інфраструктури архітектурно-будівельного програмного комплексу на основі виділення організаційно-технологічних модулів ПГ, дозволяють вирішити завдання візуалізації процесу проектування і будівництва у вигляді інфографічних моделей - двовимірних і тривимірних модулів графіків. [3, 6, 11].

Організаційно-технологічний модуль (ОТМ) у вигляді ПГ розглядаємо як одиницю виміру ПР для надання ПР-Р міри співмірності інформаційного стану організаційно-технологічного циклу (ОТЦ) етапу або стадії у просторі та часі інвестиційно-будівельного виробництва. Життєвий цикл (ЖЦ) будь-якого П-ОБ починаючи від його обґрунтування техніко-економічного задуму і закінчуючи ліквідацією, реалізується завдяки логіко-смісловим інформаційним моделям ОТЦ - взаємозв'язані, циклічні, безперервні та повторювані комплекси процесів (робіт). Проектна системологія (системотехніка), як науково-практична дисципліна, дозволяє вивчати інформаційні взаємозв'язки, спадкоємність і спадковість моделей ОТЦ, а також формувати на їх основі наукову методологію та інструментарій АСА на платформі модульної побудови функціонально-структурних схем (рис. 6).

Саме формування ОТЦ може бути необхідним заходом модуляції переходу {ПР → ПР-Р} інфографічної структури ПГ, тобто характеристик виміру стану переходу ПГ з однієї стадії або етапу ЖЦ УЦМ П-ОБ інформаційного простору та часу в іншу.

Останні обумовлені характеристиками переміщення, поєднання та змінення організаційно-технологічних взаємозв'язків інформаційних потоків (повідомлень), розділенням або їх агрегацією (укруп-

нення) для надання співмірності "стикових" міжстадійних і міжфазових циклів ІБД. Представлення ОТМ у вигляді ПГ ОТЦ функціонально-структурно, змістовно і змінно як для кожного ОТЦ (стадії та етапу) і часу в межах діапазонів інформаційної графіки спеціалізованого програмного забезпечення УЦМ П-ОБ, які забезпечують формування документів планування, організації, управління і контролінгу при розробці організаційно-інвестиційного проекту (ПОП), ПОБ і ПВР і управлінні ПОБ. [7, 14, 16, 17].

Кожному модулю ОТМ-ПГ буде відповідати програмний модуль ПГ до АСУБ, САПР або АРМ, що дозволяє виробляти необхідні операції введення-виведення і обробки даних УЦМ П-ОБ.

Виявлено, що: уніфікація модулів (ОТМ-ПГ) може розглядатися з двох позицій:

1. Можливості об'єднання різних модулів {ПР → ПР-Р} в систему (збірка модулів) в ОТЦ СОТП ІБД та П-ОБ;

2. Можливості використання інформаційних відносин і функції одного ОТМ для побудови інших, різних П-ОБ (галузей).

При цьому модулі можуть бути представлені в наступних формах інформації: текст (з розцінками ПГ, кресленнями тощо), наприклад календарна, мережева модель із заданими параметрами, алгоритм у вигляді текстового запису на спеціальних мовах, наприклад алгоритм формування методів зведення П-ОБ із заданими параметрами організаційно-технологічної та економічної надійності, алгоритм у вигляді запису на мові програмування з приведенням їх у відповідність з новими нормами, методами і засобами побудови елементів знакових систем [16].

Модулі можуть бути відображені в наступних видах: типовий проект ОТМ; типовий алгоритм створення УЦМО, в частині документообігу ПОП, ПОБ, ПВР, календарного плану та / або будженплану та багатьох інших ПГ.

За рівнями агрегації модулі розподіляються наступним чином:

- для окремого фазового завдання (етапу, стадії);
- для підсистеми фази ІБД;
- для системи П-ОБ в СОТП ІБД;
- для галузевого призначення - всієї СОТП ІБД.

Перелічені форми подання видів і завдання в модулях ПГ ОТМ визначаються зручністю їх наскрізного графотекстового використання і рівнем уніфікації САПР і АРМів.

Модуль повинен складатися з двох основних частин:

1. алгоритму наскрізного проектування СОТП, тобто він в своїх циклах виконує роботу проектувальника в повному фазовому просторі ІБД;

2. на підставі вихідної інформації за спеціальним алгоритмом виробляти результуючу інформацію П-ОБ, відповідати певним стандартам і стадіям життєвого циклу в фазовому просторі ІБД, умовам замовника, генпідрядника, особливостям виробництва. Ця частина модулю може бути використана самостійно. Основною властивістю модулю є жорстка інформаційна регламентація складу і змі-

сту текстографічної мови початкової та результативної інформації.

Дотримання вимог гармонізації з міжнародними стандартами CALS-технологій в проектній системології уявлення конструкторсько-технологічних та організаційно-управлінських даних дозволяють вирішити проблему обміну інформацією між різними підрозділами віртуально-будівельного підприємства, а також - між учасниками ІБД. Таким чином, концепція CALS і стандарт ISO 10303 STEP охоплює не тільки інтерактивне проектування інвестиційно-будівельного виробництва, а й управління П-ОБ на всіх етапах життєвого циклу будівельного об'єкта в СОТП ІБД.

Висновки.

1. Автоматизація проектування на основі модулів інтегрованих інформаційних технологій розглядається як комплексна проблема розвитку проектної справи в сфері інвестиційно-будівельної діяльності. Одним з головних достоїнств інфографічного інтерактивного проектування є можливість побудови структурно-інформаційних багаторівневих гнучких модулів у моделях планування, організації та управління виробничими процесами інвестиційно-будівельного виробництва.

2. Викладені методологічні інформаційно-програмні принципи модульності в контексті проектної системології, що зумовлюють інтеграцію трьох систем: САПР - проектування проекту - віртуального об'єкта будівництва, його зведення і управління його реалізацією (АСУБ) і різного роду інтегрованих систем, які застосовуються на етапах і стадіях повного життєвого циклу ІБД.

Підставою для побудови схеми що об'єднує концепції CALS, стандарти ISO 10303 STEP в єдину інформаційно-логічну уніфіковану цифрову модель П-ОБ з модулями організаційно-технологічних рішень ПГ його зведення, та управління їх змінами можуть бути прийняті інфографічні методи інтерактивної побудови структури планів-графіків.

3. У сучасних умовах глобалізації ринкової економіки та гармонізації стандартів технічного регулювання у будівництві країн Євросоюзу, візуальні інфографічні моделі дозволяють отримувати нові результати, посилювати навчально-освітній, інженерний і експертно-економічний аспект інтерактивного моделювання процесу системного аналізу, супроводжуючого інженерні організаційно-технологічні та інвестиційно-економічні розробки П-ОБ в сфері ІБД на різних етапах і стадіях інформаційного супроводу життєвого циклу П-ОБ.

Література

1. Абарьков В.П. Оптимизация системы проектирования в строительстве / Абарьков В.П. –М.: Грааль, 2000. – 317 с.
2. Афанасьев В.А. Поточная организация строительства/ Афанасьев В.А.– Л.: Стройиздат, 1990. –302 с.
3. Барабаш М.С., Коба С.Д. Новая концепция автоматизации // Строительство Украины. –2004. – №5. –с.31-34

4. Будников М.С. Основы поточного строительства / Будников М.С., Недавний П.И., Рыбальский В.И. –К.: Госстройиздат УССР, 1961. –414 с.
 5. Глушков В.М. Основы безбумажной технологии / Глушков В.М. – М.: Наука, 1982. –552 с.
 6. Городецкий А.С., Бородавка Е.В. Средства поддержки процесса проектирования зданий и сооружений с использованием унифицированной цифровой модели объекта. // Будівництво України. –2007.–№4, – с. 23-27
 7. Гусаков А.А. Системотехника строительства. /2-е изд.перер.и дополн. –М.: Стройиздат, 1993.-368с.
 8. Дмитров В.И., Норенков И.П., Павлов В.В. Развитие CALS – технологий в России. /К проекту Федеральной Программы.// Информационные технологии. – 1998, –№4. – с. 2-11.
 9. Норенков И.П. Международные стандарты (СТЕР, PLIB, MANDATE) информационной поддержки этапов жизненного цикла продукции. // Информационные технологии. –1999. –№4. – с. 49-51.
 10. Едличка С.Ю., Обухов Л.В. Автоматизация организационной и управления строительством объекта. //Промышленное и гражданское строительство. – 2007. –№2. – с.59-61.
 11. Пресняков Н.И. Концепция проектирования программного и информационного обеспечения виртуальных объектов строительства/ Системотехника строительства. Энциклопедический словарь. /Второе издание. – М.: Изд-во АСВ, 2004, - с.116-117.
 12. Системотехника./ Под ред. А.А.Гусакова. –М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2002. –768 с.
 13. Теличенко В.И. Моделирование проектов жизненного цикла строительных объектов на основе CALS – технологий / Теличенко В.И. // РААСН Вестник отделения строительных наук. – 2000. - Вып.3. – С. 178-183.
 14. Уваров Е.П., Мартемьянов А.М. К вопросу построения модульной структуры автоматизированной системы проектирования возведения (АСПВ) промышленных объектов/ Уваров Е.П., Мартемьянов А.М. // Автоматизация строительного проектирования (Организационное проектирование) вып.8 . – М.: ЦНИПИАСС, 1975. – с.160-169
 15. Уваров П.Е., Кравчуновская Т.С., Шпарбер М.Е. Логико-смысловое моделирование многоуровневых структур организационно-технологического проектирования строительных объектов./ Уваров П.Е., Кравчуновская Т.С., Шпарбер М.Е.// Вестник ДонНАСА. Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. –Макеевка: ДонНАСА, 2009. – №6(80). – с.95-107
 16. Чулков В.О. Инфография/ В кн. Системотехника- М.: Фонд «Новое тысячелетие», 2002. – с.155-179.
 17. Уваров П.Е. Принципы интегрированного организационно-технологического проектирования инвестиционно-строительной деятельности. //Автореферат дисс. ... канд. техн. наук, - Днепропетровск : ПГАСА, 2008. – 20 с.
 18. Фисун. В.Н. Комплексная оптимизация проектных решений промышленных зданий. (Обзор). / Фисун. В.Н. –М.: ВНИИИС, 1987. -71 с.
- References**
1. Abaryikov V.P. Optimizatsiya sistemy proektirovaniya v stroitelstve / Abaryikov V.P. –М.: Graal, 2000. – 317 s.
 2. Afanasev V.A. Potochnaya organizatsiya stroitelstva/ Afanasev V.A.– L.: Stroyizdat, 1990. –302 s.
 3. Barabash M.S., Koba S.D. Novaya kontseptsiya avtomatizatsii // Stroitelstvo Ukrainyi. –2004. – #5. –s.31-34
 4. Budnikov M.S. Osnovy potochnogo stroitelstva / Budnikov M.S., Nedavniy P.I., Ryibalskiy V.I. –К.: Gosstroyizdat USSR, 1961. –414 s.
 5. Glushkov V.M. Osnovy bezbumazhnoy tehnologii / Glushkov V.M. – М.: Nauka, 1982. –552 s.
 6. Gorodetskiy A.S., Borodavka E.V. Sredstva podderzhki protsessa proektirovaniya zdaniy i sooruzheniy s ispolzovaniem unifitsirovannoy tsifrovoy modeli ob'ekta.// Budivnitstvo Ukraini.–2007.–#4, – с. 23-27
 7. Gusakov A.A. Sistemotekhnika stroitelstva. /2-e izd.perer.i dopoln. –М.: Stroyizdat, 1993.-368s.
 8. Dmitrov V.I., Norenkov I.P., Pavlov V.V. Razvitie CALS – tehnologiy v Rossii. /K proektu Federalnoy Programmy.// Informatsionnyie tehnologii. –1998, –#4. – с. 2-11.
 9. Norenkov I.P. Mezhdunarodnyie standarty (STER, PLIB, MANDATE) informatsionnoy podderzhki etapov zhiznennogo tsikla produktsii. // Informatsionnyie tehnologii. – 1999. –#4. – с. 49-51.
 10. Edlichka S.Yu., Obuhov L.V. Avtomatizatsiya organizatsiy i upravleniya stroitelstvom ob'ekta. //Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo. – 2007. –#2. – с.59-61.
 11. Presnyakov N.I. Kontseptsiya proektirovaniya programmnogo i informatsionnogo obespecheniya virtualnykh ob'ektov stroitelstva/ Sistemotekhnika stroitelstva. Entsiklopedicheskiy slovar. /Vtoroe izdanie. – М.: Izd-vo ASV, 2004, - s.116-117.
 12. Sistemotekhnika./ Pod red. A.A.Gusakova. –М.: Fond «Novoe tyisyacheletie», 2002. –768 s.
 13. Telichenko V.I. Modelirovaniye proektov zhiznennogo tsikla stroitelnykh ob'ektov na osnove CALS – tehnologiy / Telichenko V.I. // RAASN Vestnik otdeleniya stroitelnykh nauk. – 2000. - Vyip.3. – S. 178-183.
 14. Uvarov E.P., Martemyanov A.M. K voprosu postroeniya modulnoy struktury avtomatizirovannoy sistemy proektirovaniya vozvedeniya (ASPV) promyshlennykh ob'ektov/ Uvarov E.P., Martemyanov A.M. // Avtomatizatsiya stroitel'nogo proektirovaniya (Organizatsionnoe proektirovanie) vyip.8 . – М.: TsNIPIASS, 1975. – с.160-169
 15. Uvarov P.E., Kravchunovskaya T.S., Shparber M.E. Logiko-smyslovoye modelirovaniye mnogourovnevnykh struktur organizatsionno-tehnologicheskogo proektirovaniya stroitelnykh ob'ektov./ Uvarov P.E., Kravchunovskaya T.S., Shparber M.E.// Vestnik DonNASA. Tehnologiya, organizatsiya, mehanizatsiya i geodezicheskoye obespechenie stroitelstva. –Макеевка: DonNASA, 2009. – #6(80). – с.95-107
 16. Chulkov V.O. Infografiya/ V kn. Sistemotekhnika- М.: Fond «Novoe tyisyacheletie», 2002. – с.155-179.
 17. Uvarov P.E. Printsipy integrirovannogo organizatsionno-tehnologicheskogo proektirovaniya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nosti. //Avtoreferat diss. ... kand. tehn. nauk, - Dnepropetrovsk : PGASA, 2008. –20 s.
 18. Fisun. V.N. Kompleksnaya optimizatsiya proektnykh resheniy promyshlennykh zdaniy. (Obzor). / Fisun. V.N. –М.: VNIIS, 1987. -71 s.

Уваров П.Е., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Е.
Формирование инфографической модели интерактивного проектирования организации проектов инвестиционно-строительной деятельности

Рассмотрен методический подход к формированию инфографической модели на базе концепции CALS и информационно-логического массива календарного планирования двух- и трехмерных план-графиков. Представлен набор систематизированных характеристик модуля, с указанием специфики применения в условиях использования САПР и АРМ планирования и управления проектами ИСД

Ключевые слова: Проектная системология, концепция CALS, инфография, цифровая модель, виртуальный проект-объект строительства (П-ОС), организационно-технологические циклы, графоаналитические модули план-графиков, систематизация модулей.

Uvarov P.E., Tatarchenko G.O., Shparber M.E.
Formation of the infographic model of interactive design of organization of projects of investment and building activities

The paper considers a methodical approach to the formation of an infographic model based on the CALS concept and the information-logical calendar planning array of two- and three-dimensional plans-schedules.

Automation of designing on the basis of modules of integrated information technologies is considered as a complex problem of development of project business in the sphere of investment and construction activity. One of the main advantages of infographic interactive design is the ability to build structurally-informative multilevel flexible modules in the models of planning, organization and management of production processes of investment and construction output.

The methodological information and program principles of modularity in the context of project systemology, which cause the integration of three systems, are presented: the computer-aided design system - project design - a virtual object of construction, its construction and management of its implementation (automated construction management system) and various integrated systems that applied at the stages of the full life cycle of investment and construction activities.

The basis for the construction of a scheme that integrates the CALS concepts, ISO 10303 STEP standards into a

single information-logical unified digital model of the project - object of building (P-OB) with modules of organizational and technological decisions of schedules of its construction, and management of their changes infographic methods of interactive construction of the structure of plans-schedules can be adopted.

A set of systematic characteristics of the module, with specifics of application in the conditions of using CAD and WKS planning and project management of investment and construction activity, is presented.

In the current conditions of globalization of market economy and harmonization of standards of technical regulation in the construction of EU countries, visual infographic models will allow to get new results, to strengthen educational-science, engineering and expert-economic aspect of interactive modeling of the process of system analysis, accompanying engineering, technological, investment and economic development of a project-object of construction in the field of investment and construction activity at different stages and stages of information support of the life cycle of P-OB.

Key words: Project systemology, CALS concept, infographic, digital model, virtual project-object of building (P-OB), organizational and technological cycles, graphical analytical modules of plan-schedules, systematization of modules.

Уваров П.Є. – к.т.н., доцент кафедри «Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: budivelnik_caf@ukr.net

Татарченко Г.О. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: tatarchenkogalina@gmail.com.

Шпарбер М.Є. – старший викладач кафедри «Будівництва, урбаністики та просторового планування» Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, E-mail: shparber_m@ukr.net

Стаття подана 16.07.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-89-91>

УДК 004.6

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЛАЗЕРНОЇ СИСТЕМИ ПО ВИВЧЕННЮ ДИФРАКЦІЙНИХ ЯВИЩ

Хорошун Г.М.

INFORMATION MODELS OF THE LASER SYSTEM FOR DIFFRACTION PHENOMENA STUDYING.

Khoroshun G.M.

Створено дві інформаційних моделі, одна з яких описує процес реєстрації оптичного випромінювання в задачах дифракції в реальних умовах. На ній вказані основні вузли схеми та флуктуації параметрів, а також похибки та помилки, що існують в системі. Друга інформаційна модель забезпечує розуміння процесу отримання теоретичного зображення дифрагованого світла та перелік його атрибутів. Визначено характеристики наявних топологічних об'єктів за якими планується побудувати базу даних.

Ключові слова: інформаційна модель, оптичне зображення, дифракція

Вступ

У сучасному суспільстві існує потреба розвитку інформаційних технологій, що дозволяють забезпечити швидкість та надійність збирання, опрацювання, зберігання, розповсюдження, показу і використання інформації в рамках поставленого завдання. Першим кроком до створення лазерної інформаційної технології є розвиток відповідних інформаційних моделей лазерної системи. Класифікація звичайних та нейромережних інформаційних моделей наведено в книгах [1,2]. Лазерні системи, що обговорюються в даній роботі, містять такі топологічні об'єкти, як максимуми і мінімуми інтенсивності та сингулярності фази (СФ) або нулі інтенсивності світлового поля [3], завдяки чому можуть застосовуватися [4-6] в різних напрямках науки, техніки та медицини: прецензійні метрологічні вимірювання, квантові комп'ютери, а також оптичні пінцети та багатоканальні маніпулятори мікрочастинками та нанокластерами.

Побудова будь-якої інформаційної лазерної системи визначається змістом і умовами задачі, що необхідно розв'язати. Важливим чинником є опис наявних інформаційних процесів, необхідних алгоритмів обробки та аналізу оптичного зображення. В роботі [7] наведена узагальнена модель радіооптичної системи отримання, перетворення і обробки інфор-

мації, щодо вивчення властивостей об'єкту в середовищі та дозволяє отримати якісне розуміння процесу в цілому.

Підкреслимо, що для успішного управління лазерною системою необхідно розробити інформаційні моделі, що забезпечують презентацію розв'язку певного завдання дифракції з урахуванням процесів, цілей та явищ, які в ньому відбуваються. Розглядається теоретичне та експериментальне дослідження з наявністю шумів та похибок в системі.

Метою даної роботи є

- розробка загальної інформаційної моделі лазерної системи по вивченню дифракційних явищ,
- створення інформаційної моделі опису теоретичного дослідження дифракції,
- визначення планових дій для подальшого розвитку лазерної інформаційної технології.

Моделі лазерної оптичної системи

Почнемо побудову нашої моделі з розподілу інформаційних процесів в лазерній системі, що використовується для дослідження дифракції та визначенні фізичних явищ, що спричиняють виникнення похибок в системі. Її вигляд для певного класу задач, що пов'язані з вивченням властивостей дифрагованих полів наведений на рис.1. Загальні, типові вузли для нашої моделі це лазер, що найчастіше використовується при дослідженні дифракції завдяки когерентності та монохроматичності сигналу; оптичні елементи та пристрої, наприклад просторовий модулятор світла, які формують задану просторову структуру випромінювання; камера з постійним зарядовим зв'язком для реєстрації оптичного зображення та комп'ютер з ПЗ завдяки якому обробляються та аналізуються дані.

Наведена інформаційна модель лазерної системи описує такі інформаційні процеси, як формування, прийом, переробку, обробку та аналіз оптичного зображення. Також вона містить інформацію про

флуктуації, шуми, похибки та нестабільності притаманні реальній лабораторній установці.

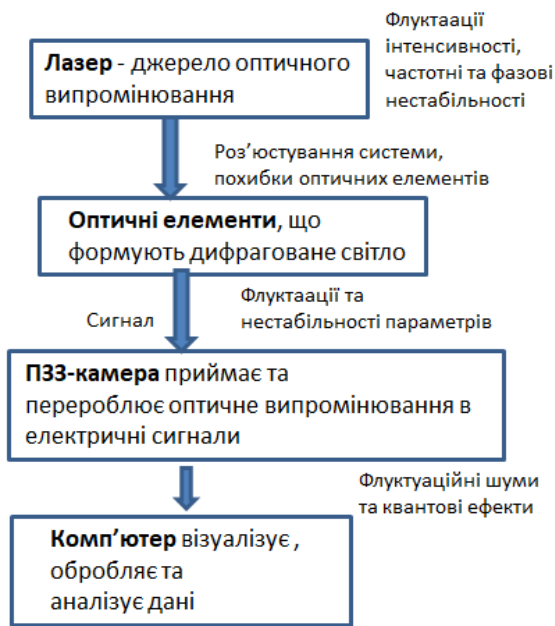


Рис. 1. Загальна інформаційна модель лазерної системи по вивченню дифракційних явищ

Наступна інформаційна модель (рис. 2) дозволяє отримати цілісне уявлення про проведення теоретичного дослідження явища дифракції. У якості сутності виступає дифраговане поле, атрибутами якого є інтенсивність та фаза, а топологічними об'єктами – максимум, мінімум та сингулярність фази. Для мінімумів та максимумів інтенсивності основні характеристики це відносна величина, просторові координати, ступінь симетрії розподілу, для СФ – підтвердження наявності об'єкта, його координати та заряд. Характеристики цих об'єктів, наведені на рис. 2, можуть стати основними для побудови бази даних.



Рис. 2. Інформаційна модель опису теоретичного дослідження дифракції

Висновки. В роботі розроблено дві інформаційних моделі, одна з яких описує процес реєстрації оптичного випромінювання в задачах дифракції в реальних умовах. На ній вказані основні вузли схеми та флуктуації параметрів, а також похибки та помилки, що існують в системі. Друга інформаційна модель забезпечує розуміння процесу отримання теоретичного зображення дифрагованого світла та перелік його атрибутів. Визначено характеристики наявних топологічних об'єктів за якими планується побудувати базу даних. Проведено дослідження є важливим кроком для подальшого розвитку інформаційної технології ідентифікації топологічних об'єктів в світловому полі та підтримки прийняття рішень в зворотних задачах дифракції.

Подяка

Робота виконана за підтримки спільного українсько-польського проекту № 0119U101982

Література

1. Моделювання та оптимізація систем : підручник / [Дубовой В. М. , Кветний Р. Н. , Михальов О. І. , Усов А. В.] – Вінниця : ПП «ТД«Едельвейс», 2017 – 804 с
2. Нейроинформатика / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кирдин и др.. — Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. — 296 с.
3. M. S. Soskin and M.V. Vasnetsov, “Singular optics,” Prog. Opt. 42, 219–276 (2001).
4. P. Senthilkumaran, Sh. Sato, J. Masajada, “Singular Optics,” International Journal of Optics, 1-106 (2012).
5. Хорошун Г.М., Рязанцев А.О., Топология дифракционного поля для керування траєкторіями руху мікро- і наночастинок, В і с н и к СНУ ім. В.Даля, №9 (239) 2017 , р. 72-76
6. Riazantsev A.O., Khoroshun G.M., Ryazantsev O.I., Statistical image analysis for information system, в друці, В і с н и к СНУ ім. В.Даля, 2019
7. Хименко В.И. Лазерные информационные системы: принципы построения статистической теории // Информационно-управляющие системы. 2015. №5 (78)

References

1. Modeliuvannia ta optymizatsiia system : pidruchnyk / [Dubovoi V. M. , Kvietnyi R. N. , Mykhalov O. I. , Usov A. V.] – Vinnytsia : PP «TD«Edelveis», 2017 – 804 s
2. Neiroynformatyka / A. N. Horban, V. L. Dunyn-Barkovskiy, A. N. Kyrdyn y dr.. — Novosybyrsk: Nauka. Sybyrskoe predpriyatye RAN, 1998. — 296 s.
3. M. S. Soskin and M.V. Vasnetsov, “Singular optics,” Prog. Opt. 42, 219–276 (2001).
4. P. Senthilkumaran, Sh. Sato, J. Masajada, “Singular Optics,” International Journal of Optics, 1-106 (2012).
5. Khoroshun H.M., Riazantsev A.O., Topolohiia dyfraktsiinoho polia dlia keruvannia traiektoriiamy rukhu mikro- i nanochastynok, V i s n y k SNU im. V.Dalia, №9 (239) 2017 , s. 72-76
6. Riazantsev A.O., Khoroshun G.M., Ryazantsev O.I., Statistical image analysis for information system, v drutsi, V i s n y k SNU im. V.Dalia, 2019
7. Khymenko V.Y. Lazernye informatsionnye sistemy: printsypy postroeniia statisticheskoi teorii // Informatsionno-upravliaiushchie sistemy. 2015. №5 (78)

Хорошун А.Н. Информационные модели лазерной системы по изучению дифракционных явлений.

Созданы две информационных модели, одна из которых описывает процесс регистрации оптического излучения в задачах дифракции в реальных условиях. На ней указаны основные узлы схемы и флуктуации параметров, а также погрешности и ошибки, существующие в системе. Вторая информационная модель обеспечивает понимание процесса получения теоретического изображения дифрагированного света и перечень его атрибутов. Определены характеристики имеющихся топологических объектов, по которым планируется построить базу данных.

Ключевые слова: информационная модель, оптическое изображение, дифракция

Khoroshun G.M., Information models of the laser system for diffraction phenomena studying.

In today's society, there is a need to develop information technologies that provide high speed and reliability of the collection, processing, storage, spreading, display and use of information within the stated task. The first step to the creation of laser information technology is the development of appropriate information models of the laser system. It is well-known the classification of conventional and neural network information models. The laser systems discussed in this paper contain such topological objects as the maximums and minima of the intensity and singularity of the phase or zeros of the intensity of the light field, so that they can be applied in different directions of science, engineering and medicine: precision metrology, quantum computers, optical tweezers, and multi-channel microparticle and nanocluster manipulators.

The construction of any information laser system is determined by the content and conditions of the task that

needs to be solved. An important factor is the description of the available information processes, the necessary algorithms for processing and analysis of the optical image. Some general model of a radio-optical system for receiving, transforming, and processing information, for studying the properties of an object in the environment and for obtaining a qualitative understanding of the process as a whole has taken as a basis for current research.

We emphasize that successful management of the laser system requires the development of information models that provide a presentation of the solution of a specific diffraction problem, taking into account the processes, goals and phenomena that occur in it. A theoretical and experimental study of the presence of noise and errors in the system is considered.

Two information models have been created, one of which describes the process of registering optical radiation in diffraction problems under real conditions. It shows the main nodes of the scheme and parameter fluctuations, as well as errors of the manager and errors that exist in the system. The second information model provides an understanding of the process of obtaining a theoretical image of the diffracted light and a list of its attributes. The characteristics of the existing topological objects for which it is planned to build a database are determined.

Keywords: information model, optical image, diffraction

Хорошун Ганна Миколаївна – к.ф.-м. н., доцент кафедри «Міське будівництво та господарство» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. an_khor@i.ua

Стаття подана 21.05.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-92-97>

УДК 656.61

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ КОНТРОЛЮ ТА АНАЛІЗУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І РОБОТИ ФЛОТУ

Чайковський І.В.

STRUCTURAL-FUNCTIONAL MODEL OF REALIZATION OF FUNCTIONS CONTROL AND ANALYSIS OF TRANSPORTATION AND FLEET

Tchaikovsky I.V.

У статті розглянуто питання щодо підвищення ефективності функцій контролю та аналізу транспортного процесу перевезень вантажів та технологічних процесів роботи морських транспортних суден, шляхом структуризації за складом та послідовністю виконання визначених операцій на відповідних рівнях прийняття управлінських рішень в залежності від часових горизонтів планування, з метою виявлення «вузьких» місць в загальній структурі управління. Наведена інформація щодо змісту кожного рівня планування і прийняття управлінського рішення, результати обробки вхідної інформації функцій контролю та аналізу перевезень і роботи флоту.

Ключові слова: система управління, часовий горизонт планування, рівні управління, контроль, аналіз, флот, рейс.

Вступ. Не дивлячись на те, що більшість досліджень пов'язаних з розглядом та реалізацією функцій управління на водному транспорті, головним чином стосуються активних функцій, таких як планування та регулювання, як таких, що формують саму суть управлінської діяльності будь-якого виробничого процесу. Функції контролю та аналізу відіграють особливу роль саме на заключних етапах управління, формуючи базу для прийняття управлінських рішень з метою оптимізації процесу перевезень та роботи флоту, створюючи можливості для переходу від екстенсивного до інтенсивного розвитку морегосподарського комплексу і як наслідок прийняття якісних управлінських рішень.

Постановка проблеми. Зважаючи на те, що система управління процесами перевезень вантажів і роботи флоту, характеризується мінливістю і нетиповістю вхідної інформації за змістом, ступенем інтегрованості та рівнями її обробки і прийняттям відповідних управлінських рішень, виникає потреба в комплексному розгляді загальної структури управління з урахуванням отриманих результатів за часовими горизонтами планування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проведений аналіз літературних джерел показав, що частина робіт присвячена розгляду питань організації та управління роботою флоту, обмежуючись активними функціями [1, 2].

Деякі автори [3, 4, 5, 6] вказують на провідну роль таких функцій управління, як контроль і аналіз, які є невід'ємною складовою частиною будь-якого управління та відіграють базову роль в управлінні виробничою діяльністю морської транспортної галузі, як і інших галузей господарства, тим не менш, кожний з них розглядав лише окремі аспекти важливості цих функцій.

Мета статті. Метою даної статті є підвищення ефективності контролю та аналізу процесу перевезень вантажів та процесів роботи флоту, шляхом системного розгляду структури рівнів прийняття рішень за часовими проміжками часу.

Результати досліджень. Концепція системності [7, 8, 9] дозволяє розглядати будь-який процес як систему, що представляє собою множину елементів з їх зв'язками та відношеннями, як між собою, так із зовнішнім середовищем.

Система управління процесами перевезень вантажів і роботи флоту, характеризується мінливістю і нетиповістю вхідної інформації за змістом, ступенем інтегрованості та рівнями її обробки і прийняттям відповідних рішень.

Виходячи з результатів робіт [4, 6, 10], в процесі управління транспортним процесом перевезення вантажів та технологічними процесами роботи флоту, виділено наступні часові горизонти, щодо прийняття та реалізації управлінських рішень. З метою їх удосконалення спираючись на результати контролю та аналізу сформовано зміст кожного рівня і загальні результати щодо отримання вхідної та вихідної інформації на кожному з них (табл. 1).

Таблиця 1
Рівні планування і відповідний їм склад та послідовність операцій

Рівень	Склад завдань	
	Зміст	Результати
Перспективний	Прогнозування вантажопотоків Визначення провізної здатності флоту	Виявлення відхилень між обсягом перевезень і провізною здатністю флоту Визначення ступеню відповідності спеціалізації флоту структурі вантажопотоків Визначення ступеню покриття перспективних вантажопотоків наявним тоннажем
Поточний	Формування плану перевезень вантажів Розстановка флоту за напрямками роботи	Визначення відхилень між плановими і фактичними значеннями обсягів перевезень Виявлення обсягу надлишкової або залишкової виробничої потужності тоннажу Виявлення факторів, що визначають транспортну діяльність флоту і частки кожного з них в результатах
Оперативний	Формування сукупності схем руху для групи суден Визначення завантаженості суден за схемами руху Розрахунок часових та фінансових показників по суднам і флоту в цілому	Закріплення суден за конкретними схемами руху Закріплення вантажів за конкретними суднами Формування завантаження
Рейсовий	Формування рейсового завдання	Визначення закріплених конкретних коносаментних партій вантажу за судном Розробка попереднього вантажного плану судна

Як видно зі змісту табл. 1 кожному рівню планування в залежності від часового горизонту, присутні визначені завдання, рішення яких відбивають відповідні результати які є вхідною інформацією для подальшої їх обробки на наступних рівнях.

Для повноти аналізу наведено структурно-функціональна схема щодо контролю та аналізу перевезень і роботи флоту з урахуванням послідовності та складу відповідних операцій по формуванню плану перевезень і роботи флоту на різних рівнях управління (рис. 1-4).

Як видно з рис. 1, вхідною інформацією на перспективному рівні планування є обсяг вантажу і напрямки перевезень в результаті їх обробки виконується формування прогнозних вантажопотоків і здійснюється їх реалізація перевізними ресурсами флоту (плани перевезень та роботи флоту).

На цій стадії планування виконується розстановка флоту по напрямкам роботи з урахуванням кількісно-якісних і часових характеристик тоннажу та маси вантажу по напрямкам перевезень.

Кінцевим результатом є формування перспективного плану перевезень вантажів з розбиттям його на річні періоди.

На стадії поточного планування виконується формування річного плану перевезень (рис. 2).

На цьому рівні, з урахуванням уточнюючої інформації щодо вантажопотоків, портів обробки та тоннажу, виконується розробка сукупності схем роботи флоту по реалізації квартальних планів перевезень. Кінцевим результатом цієї стадії є розробка квартального графіку роботи флоту по освоєнню заданих обсягів перевезень.

На етапі оперативного планування здійснюється розробка графіку роботи групи суден і формування рейсів (рис. 3).

На рівні рейсу (рис. 4), використовуючи уточнюючу інформацію щодо конкретних партій вантажу, закріплених за конкретними суднами, розробляється попередній вантажний план судна, виконуються попередні розрахунки виробничих і фінансових показників роботи суден в рейсі. Кінцевим результатом цього рівня є формування рейсового завдання.

Як видно з рис. 1-4 кожний рівень представляє собою ієрархічну структуру щодо складу елементів та послідовності виконання операцій для отримання підсумкових результатів, які є водночас вихідною інформацією від попередньо і вхідною інформацією для наступного рівня управління.

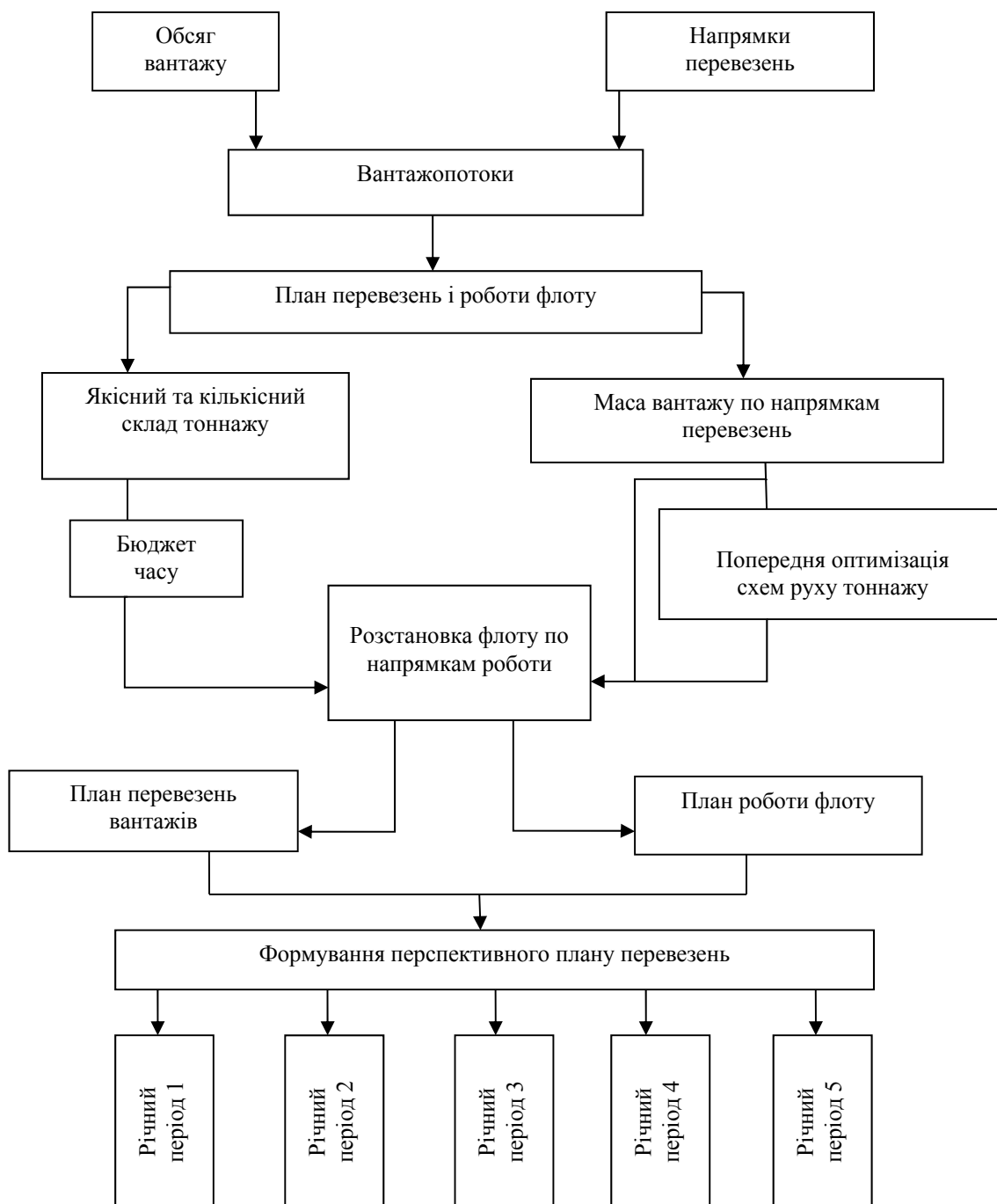


Рис. 1. Склад та послідовність операцій на перспективному рівні планування

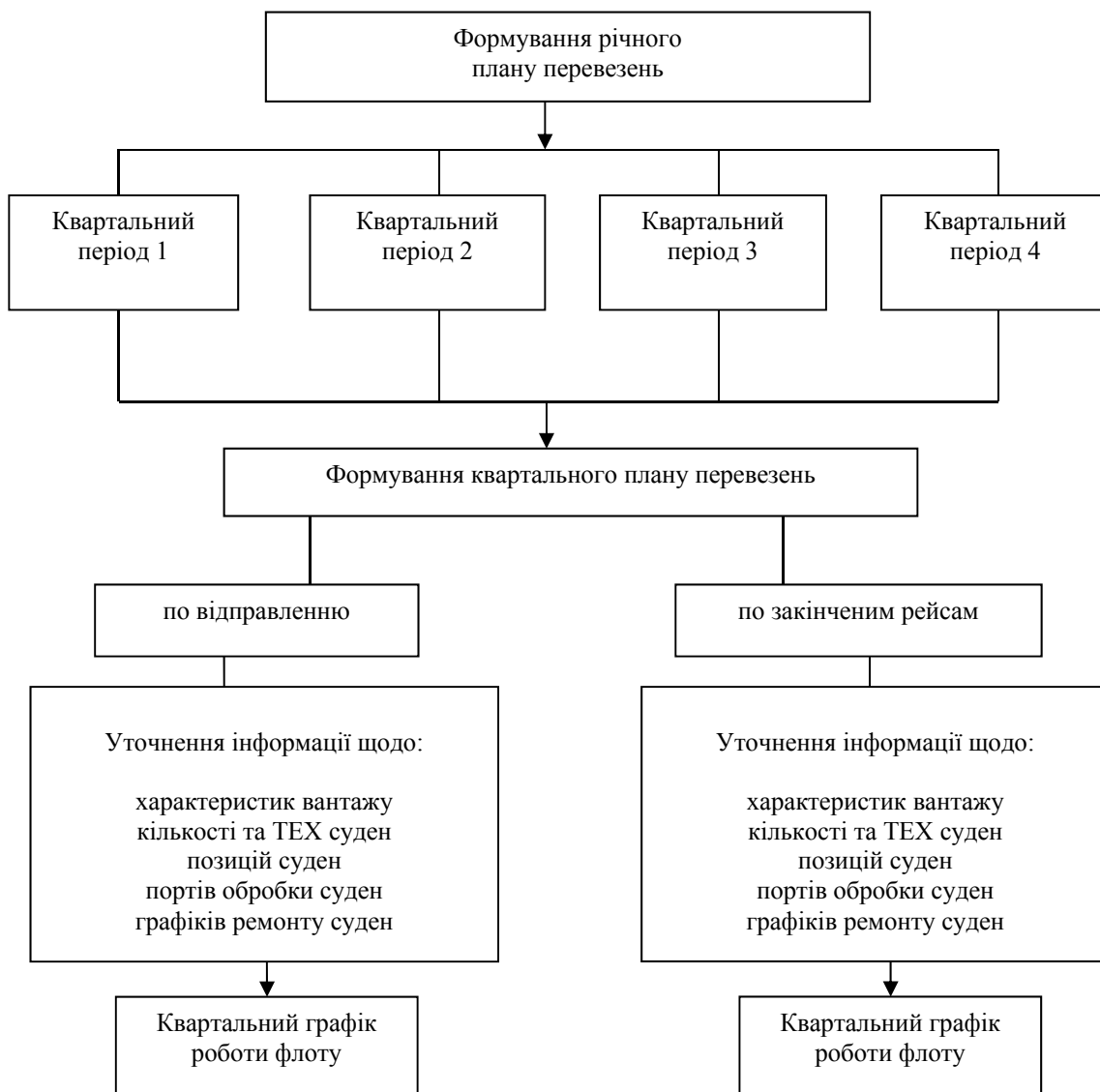


Рис. 2. Склад та послідовність операцій на поточному рівні планування

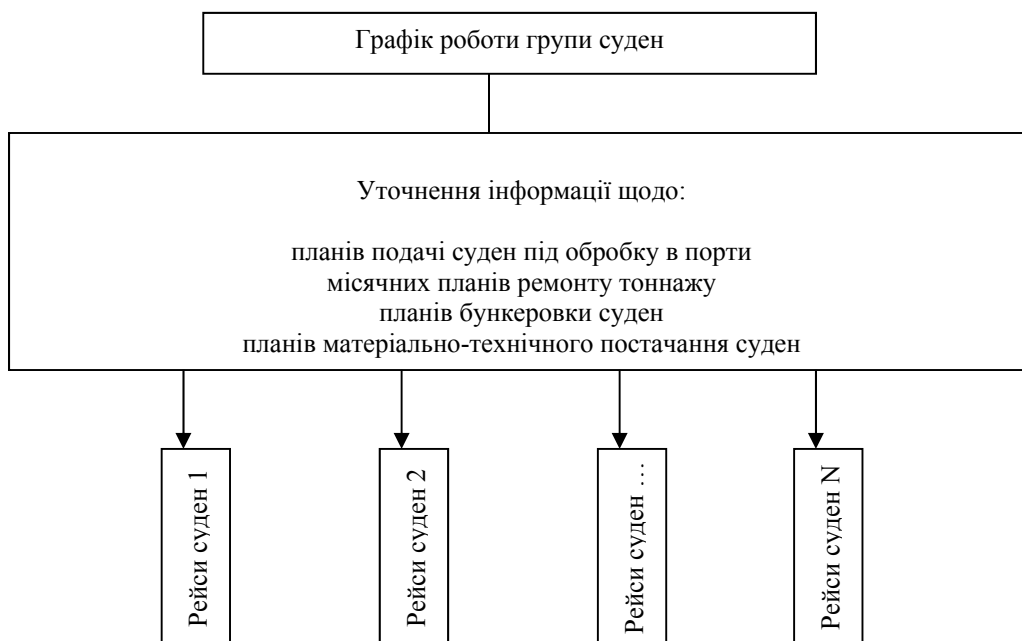


Рис. 3. Склад та послідовність операцій на оперативному рівні планування



Рис. 4. Склад та послідовність операцій на рейсовому рівні планування

Висновок. Найважливішою сукупністю схем являється структурно-функціональна модель щодо реалізації функцій контролю та аналізу процесів перевезень вантажів та роботи флоту з урахуванням визначеного складу і послідовності виконуваних операцій. Викладений матеріал дає системне уявлення щодо прийняття відповідних рішень по кожному часовому горизонту. Для подальшої деталізації щодо контролю та аналізу можливих виробничих ситуацій транспортного процесу перевезень і технологічних процесів роботи флоту потребує досліджень з урахуванням складу та завдань цих функцій управління за різними рівнями прийняття рішень.

Література

1. Бакаев В.Г. Эксплуатация морского флота / В.Г. Бакаев. – М.: Транспорт, 1965. – 560 с.
2. Союзов А.А. Организация и планирование работы морского флота / А.А. Союзов. – М.: «Транспорт», 1979. – 416 с.
3. Воевудский Е.Н. Управление на морском транспорте. М.: Транспорт, 1992. – 375 с.
4. Шибяев А.Г. Подготовка и обоснование решений по управлению перевозками и работой флота морской судоходной компании. – Одесса: «ХОПС», 1998. – 208 с.
5. Панарин П.Я. Организация работы линейного флота: монография / П.Я. Панарин. – М.: Транспорт, 1980. – 192 с.

6. Шибяев А.Г., Кириллова Е.В., Кириллов Ю.И. Управление работой флота (Основы теории и практики). – Одесса: Феникс, 2012. – 187 с.
7. Левый В.Д. Оперативное управление работой флота. – М.: «Транспорт», 1981. – 157 с.
8. Махуренко Г.С. Системный анализ в управлении морским транспортом. Методические основы системного анализа. – М.: ЦРИА «Морфлот», 1981. – 48 с.
9. Орловский П.Н. Системный анализ (основные понятия, принципы, методология) / П. Н. Орловский. – К.: ИСМО, 1996. – 360 с.
10. Кириллова Е.В. Обоснование системы проектно-ориентированого управления деятельностью судоходной компании // Методы та засоби управління розвитком транспортних систем. Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2003. – Вип. 6. – С. 186-199.

References

1. Bakaev V.G. Operation of the navy / V.G. Bakaev. – M.: Transport, 1965. – 560 p.
2. Soyuzov A.A. Organization and planning of the marine fleet / A.A. Soyuzov. – M.: Transport, 1979. – 416 p.
3. Voevudsky E.N. Management of maritime transport. M.: Transport, 1992. – 375 p.
4. Shibaev A.G. Preparation and substantiation of decisions on the management of transportation and fleet operations of the maritime shipping company. – Odessa: "HORS", 1998. – 208 p.
5. Panarin P.Ya. Organization of the linear fleet: monograph / P.Ya. Panarin. – M.: Transport, 1980. – 192 p.
6. Shibaev A.G., Kirillova E.V., Kirillov Yu.I. Fleet management (Fundamentals of theory and practice). – Odessa: Phoenix, 2012. – 187 p.

7. Levyi V.D. Operational management of the fleet. - M.: Transport, 1981. - 157 p.
8. Makhurenko G.S. System analysis in the management of maritime transport. Methodological foundations of system analysis. - M.: CRIA "Morflot", 1981. - 48 p.
9. Orlovsky P.N. System analysis (basic concepts, principles, methodology) / P.N. Orlovsky. - K.: ISMO, 1996. - 360 p.
10. Kirillova E.V. Justification of the system of project-oriented management of the activity of the shipping company // Method and help management of transport systems. Zb. sciences. prats. - Odessa: ONMU, 2003. - VIP. 6. - P. 186-199.

Чайковский И. В. Структурно-функциональная модель реализации функций контроля и анализа перевозок и работы флота

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности функций контроля и анализа транспортного процесса перевозки грузов и технологических процессов работы морских транспортных судов, путем структуризации по составу и последовательности выполнения определенных операций на соответствующих уровнях принятия управленческих решений в зависимости от временных горизонтов планирования, с целью выявления «узких» мест в общей структуре управления. Приведенна информация относительно содержания каждого уровня планирования и принятия управленческого решения, результаты обработки входной информации функций контроля и анализа перевозок и работы флота.

Ключевые слова: система управления, временной горизонт планирования, уровни управления, контроль, анализ, флот, рейс.

Tchaikovsky I. V. Structural-functional model of realization of functions of control and analysis of transportation and fleet

The article deals with the issue of increasing the effectiveness of the functions of control and analysis of the transport process of cargo transportation and technological processes of operation of sea transport vessels. The goal is to structure and sequence the defined operations at the appro-

priate levels of management decisions, depending on the time horizons of planning to identify "bottlenecks" in the overall management structure. The subject of research in the article is the content and sequence of the functions of control and analysis of the processes of transportation and operation of ships. Objectives: to consider from a systemic point of view the transportation process of cargo transportation and technological processes of work of ships; to give the sequence of implementation of functions of control and analysis of the system of transportation and operation of the fleet in order to form their meaningful part in the analysis of the processes of transportation and operation of the fleet; to structure the input and output information by the results of control and analysis of the transport process of cargo transportation and technological processes of work of vessels by decision-making levels, in order to identify possible reserves for improving the efficiency of the system of management of cargo transportation and processes of the fleet. In carrying out the analysis of the system of transportation and operation of the fleet in order to build a structure-but-functional model of decision-making on the control and analysis of the transport process of cargo transportation and technological processes of work of ships, the composition and the relationship of control and analysis tasks were determined. Based on the fact that the transportation plan is the primary, determining volume and content of the work for the given period of time and based on the potential-possible transport resources of the tonnage, as the object of further research that determines the order and sequence of implementation of the transport plan, the process was considered work of the fleet.

Keywords: control system, temporary planning horizon, management levels, control, analysis, fleet, flight.

Чайковский И. В. – старший викладач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету, м. Одеса, вул. Мечникова, 34, e-mail: chaikovski_ivan@ukr.net, моб. тел.: (+38)-063-946-33-96; (+38)-066-142-39-23

Стаття подана 01.06.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-98-102>

УДК 546.431.074:66-967.546.76

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ ЗАТРАВОЧНИХ КРИСТАЛІВ $BaCrO_4$ ТА НАЯВНОСТІ АЦЕТАТ-ІОНІВ НА ЗАЛИШКОВУ КОНЦЕНТРАЦІЮ $Cr(IV)$ В ОЧИЩЕНИХ РОЗЧИНАХ

Шорохов М.М., Ожередова М.А., Суворін О.В., Заїка Р.Г., Доценко А.Д.

INFLUENCE OF $BaCrO_4$ SEED CRYSTALS AND ACETATE-IONS ADDITION ON THE RESIDUAL CONCENTRATION OF $Cr(IV)$ IN PURIFIED SOLUTIONS

Shorokhov M.N., Ozheredova M.A., Suvorin A.V., Zaika R.G., Dotsenko A.D.

Досліджено вплив збільшення температури процесу в інтервалі 22-80 °С, додавання затравочних кристалів барій(II) хромату у кількості 0,5-2 г/л суспензії та ацетат-іонів на ступінь очищення стічних вод промислових підприємств, які містять Cr^{6+} з утворенням малорозчинної солі $BaCrO_4$. Показана недоцільність використання водного розчину $BaCl_2$ як реагенту-осаджувача без попереднього підлогування реакційного середовища.

Ключевые слова: хромат-іон, осаджувач, барій(II) хлорид, затравочні кристали, ацетат-іон, залишкова концентрація, рівень ГДК.

1. Вступ. В ряду найважливіших проблем в області захисту навколишнього середовища особливе місце займає охорона водного басейну від забруднень, найбільш небезпечними з яких є стічні води, що містять важкі метали. Обсяг таких забруднених стічних вод становить понад 9000 млн. м³/рік [1]. Очищення стоків на багатьох підприємствах країни, як правило, не досконале, а очищена вода не відповідає вимогам міжнародних стандартів.

Обмеження ресурсів хрому в Україні викликає необхідність більш економного його використання - скорочення втрат хрому, а також повернення його у виробництво. Крім економічних проблем виробництв гостро стоїть аспект токсичності хрому. Це пов'язано з високою токсичністю як самого хрому, так і його сполук, що застосовуються в хромвмісних виробництвах [2].

З точки зору фізіології сполуки $Cr(VI)$, потрапляючи в організм людини в макрокількостях проявляють загальнотоксичні, канцерогенні, мутагенні і тератогенні властивості. Хром має здатність акумулюватися в організмі [3].

2. Постановка проблеми. Процеси електрохімічного хромування, окиснення та пасивації металів, а також деякі процеси дублення шкір супроводжуються утворенням стічних вод, які

містять водорозчинні сполуки високотоксичного $Cr(IV)$. Без попереднього очищення до норм ГДК, скидання таких вод у водні об'єкти навколишнього середовища неможливе. В роботах [4, 5] проаналізовані найбільш поширені у світовій практиці методи очищення водних розчинів, як високо- так й низькоконцентрованих від сполук $Cr(IV)$.

Кожний з розглянутих в цих роботах методів знешкодження має свої безперечні переваги та явні недоліки. В роботі [6] із застосуванням методики SWOT – аналізу показано, що реагентний метод знешкодження $Cr(IV)$ -вмісних стічних вод, незважаючи на такі явні недоліки, як необхідність використання товарних реактивів та складність досягнення залишкової концентрацій $Cr(IV)$ на рівні нормативів ГДК (0,1±0,03 мг/л), не втратив своєї актуальності. Одним з ефективних реагентів-осаджувачів, при застосуванні реагентного метода знешкодження, можуть бути водорозчинні солі Ba^{2+} , які призводять до утворення малорозчинної солі $BaCrO_4$ [7]. Так, при надлишку реагенту-осаджувача – розчину оксалату свинцю більше ніж 25% від стехіометрично необхідної кількості, може бути досягнута залишкова концентрація сполук $Cr(IV)$, що досить близька до рівня ГДК для водних об'єктів [8].

3. Мета. Крім температури та інтенсивності перемішування, важливим є також визначення впливу на процес осадження, властивості суспензій, що утворюються, та на залишкову концентрацію $Cr(IV)$ у фільтраті таких технологічних параметрів, як введення затравочних кристалів та оцтової кислоти й оцтовокислого натрію, оскільки відомо, що $BaCrO_4$ здатний до розчинення у мінеральних кислотах (HCl та HNO_3) й малорозчинний у середовищі оцтової кислоти [9]. Дана робота присвячена визначенню впливу цих параметрів на процес хімічного очищення кислих стічних вод, що містять $Cr(IV)$ з використанням як осаджувача насиченого водного розчину $BaCl_2$.

Таблиця 1

Способи приготування суспензій з додавання ацетат-іонів

Спосіб приготування суспензії	Без додавання розчинів CH ₃ COOH або CH ₃ COONa, витримка 24 год.	Додавання розчину CH ₃ COOH, витримка 24 год.	Додавання розчину CH ₃ COONa, витримка 24 год.	Без додавання розчинів CH ₃ COOH або CH ₃ COONa, витримка 24 год., наступне дозування CH ₃ COONa та витримка 4,5 год.
№ суспензії	1	2	3	4

4. Матеріали та результати дослідження. Як вихідну речовину використовували розчин H₂CrO₄ з концентрацією 54 мг/л (в поррахунок на Cr(IV)), що моделює типову промивну воду процесу електрохімічного хромування [10]. Як осаджувач використовували насичений при 20°C водний розчин хлориду барію (26,5% мас). Розчин-осаджувач одноразово дозували до розчину H₂CrO₄, виходячи з таких мольних співвідношень: стехіометричної кількості (100%) та надлишку у 25% для утворення хрому барію за реакцією:



Температуру в зоні реакції підтримували на рівні 22, 60 та 80 (±0,5)°C. Швидкість перемішування суспензій становила 1,5÷1,8 об/сек. Затравочні кристали дозували до розчину H₂CrO₄ перед додаванням до нього розчину осаджувача у кількості, яка відповідає 0,5; 1; 1,5 та 2 г/л вихідного розчину. Як затравочні кристали використовували BaCrO₄ кваліфікації ЧДА за ТУ 6-09-5286-86.

Для визначення впливу ацетат-іонів на властивості суспензій вирисовували концентровану оцтову кислоту за ДСТУ ISO 753-2:2003 «Кислота оцтова технічна» та насичений при 20°C розчин оцтовокислого натрію за ГОСТ 199-78, які додавали одноразово до суспензій у кількостях, виходячи з розрахунку: 4 моль на 1 моль Cr(IV), який знаходився у розчині. Способи приготування таких суспензій приведені в таблиці 1.

Відібрані проби суспензій відфільтровували та у фільтраті визначали залишкову концентрацію Cr(IV) за відомими методиками [11].

Результати виміру залишкової концентрації Cr(IV) в освітлених частинах суспензій в залежності від температури процесу та тривалості розшарування при надлишку осаджувача 25% представлені в таблиці 2.

Приведені дані свідчать, що збільшення температури процесу очищення стічних вод від 22 до 80°C призводить до зростання залишкової концентрації Cr(IV) в очищеній воді у 2,2 рази. Однак, збільшення тривалості розшарування суспензій з 1-ї години до 8-ми годин за всіх досліджуваних значень температур призводить до зниження залишкової концентрації Cr(IV) у 1,5÷1,7 разів та зниження швидкості розшарування суспензій приблизно у 1,3 рази.

Таблиця 2
Вплив температури на залишкову концентрацію Cr(IV)

Температура зони реакції, °C	Залишкова концентрація Cr(IV) у фільтраті, мг/л		Швидкість розшарування суспензій, мл/год.
	через 1 годину	через 8 годин	
22	17,30	10,38	10,2
60	24,2	15,9	9,2
*60-22	37,37	15,91	8,7
80	38,12	16,72	7,6

* - осадження з гарячого розчину з наступним повільним охолодженням до температури 22°C

Вплив дозування затравочних кристалів BaCrO₄ на залишкову концентрацію Cr(IV) при 22°C в умовах додавання стехіометрично необхідної кількості осаджувача представлений на рис. 1.

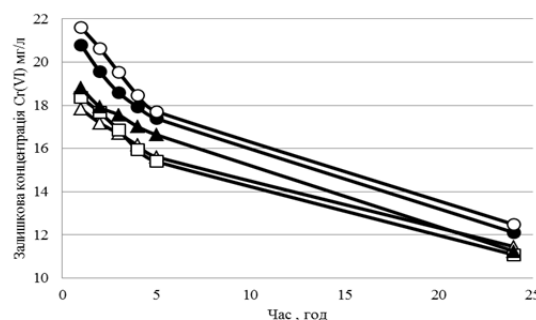


Рис. 1. Вплив дозування затравочних кристалів BaCrO₄ на залишкову концентрацію Cr(IV) в освітленому розчині: Δ – без затравки; □ – 0,5 г/л; ▲ – 1 г/л; ● – 1,5 г/л; ○ – 2 г/л

Приведені дані свідчать, що додавання затравочних кристалів BaCrO₄ у кількості до 0,5 г/л практично не впливає на зміну залишкової концентрації Cr(IV) у фільтраті: його концентрація зменшується від 17,8÷18,8 мг/л у першу годину проведення процесу до 11,1÷11,4 мг/л через 24 години.

Поступове збільшення дози затравочних кристалів до 2 г/л суспензії призводить до збільшення залишкової концентрації Cr(IV) у 1,2 рази у всьому інтервалі часу проведення процесу осадження. Це є наслідком утворення при протіканні реакції (1) вільної HCl до концентрацій на рівні 0,003÷0,01 моль/л [9, 12], яка не тільки перешкоджає утворенню осаду BaCrO₄, а ще й призводить до часткового розчинення попередньо доданих затравочних кристалів BaCrO₄. В цих умовах додавання затравочних кристалів для зменшення залишкової концентрації Cr(IV) в освітлених розчинах не доцільно.

Вплив додавання до вихідного розчину оцтової кислоти та розчину оцтовокислого натрію з наступним дозуванням розчину-осаджувача з надлишком 25% від стехіометрично необхідної кількості показано на рис. 2.

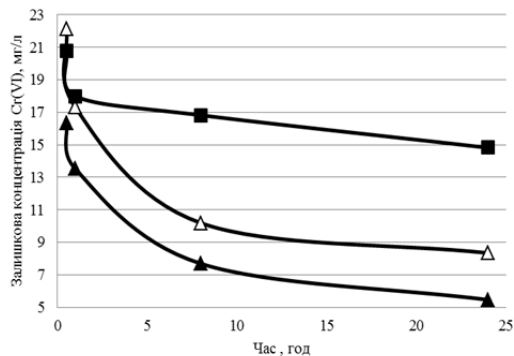


Рис. 2. Вплив додавання оцтової кислоти та розчину ацетату натрію на залишкову концентрацію Cr(IV) в освітленому розчині:

Δ – без додавання; ■ – додавання CH₃COOH;
▲ – додавання розчину CH₃COONa

Результати показують, що попереднє додавання оцтової кислоти до вихідного розчину з наступним дозуванням розчину BaCl₂, дозволяє знизити концентрацію Cr(IV) з 54 лише до 15 мг/л через 24 години витримки утвореної суспензії. Ця концентрація Cr(IV) у 1,8 разів більше, ніж та, що може бути отримана без додавання оцтової кислоти. Напроти, попереднє додавання насиченого розчину CH₃COONa за інших рівних умов дозволяє отримати залишкову концентрацію Cr(IV) на рівні 5,5 мг/л, що у 1,5 разів нижче, ніж та, що може бути отримана без додавання розчину ацетату натрію.

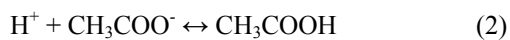
Крім того, у суспензію, яка отримана шляхом дозування тільки розчину BaCl₂ та витримана 24 години, додавання розрахованої кількості розчину CH₃COONa й подальша її витримка протягом 4,5 годин, дозволяє знизити залишкову концентрацію Cr(IV) на рівні 5,4 мг/л. Кінцеві значення рН розчинів наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Кінцеві значення рН суспензій

№ суспензії за таблицею 1	1	2	3	4
рН	2,8	2,6	3,7	3,9

Такі зміни кінцевих значень рН суспензій та залишкової концентрації Cr(IV) в освітлених розчинах пояснюються зв'язуванням сильної кислоти HCl, яка утворюється як побічний продукт за реакцією (1), обмінною реакцією з CH₃COONa в слабку CH₃COOH [13]:



та утворенням нейтральної солі NaCl, що сприяє підвищенню рН суспензій та зниженню залишкової концентрації Cr(IV) в освітлених розчинах.

4. Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що при очищенні водних розчинів від Cr(IV) за допомогою розчину BaCl₂ підвищення температури від 22 до 80°C та дозування затравочних кристалів BaCrO₄ або оцтової кислоти не дозволяє помітно знизити залишкову концентрацію хромат-іонів, яка становить 11,1÷16,7 мг/л. Дозування до утворених суспензій насиченого розчину ацетату натрію дозволяє знизити залишкову концентрацію Cr(IV) в освітленій частині суспензій до 5,5 мг/л, однак ця концентрація залишається майже у 180 разів більшою ніж ГДК для водойм (0,03 мг/л [8]). Таким чином, використання водних розчинів BaCl₂ як осаджувача для очистки кислих стічних вод від сполук Cr(IV) без їх попереднього підлугування є не доцільним.

Література

1. Васильев А. Н. Технология предупреждения распространения тяжелых металлов в окружающей среде / А. Н. Васильев, Н. Н. Тудель // Экологические и ресурсосбережение. - Київ: Институт газу НАН України. - 2000. - № 2. - с. 36 – 44.
2. Стародубова А.Т. Влияние хрома и других химических веществ на организм человека и животных / А. Т. Стародубова. Алма-Ата: Химия, 1989. - 124 с.
3. Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединений / А.А. Мамырбаев. – Актобе: Кокжиек, 2012. - 284 с.
4. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство. Под редакцией проф. В.Н. Кудрявцева. Изд. 2-е, перераб. и доп.; М.: Глобус, 2002. - 352 с.
5. Виноградов С.С., Кругликов С.С. О положительных и отрицательных сторонах электро- и гальванокоагуляционных методов очистки сточных вод / С. С. Виноградов, С. С. Кругликов // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2008. - Т. 16, № 1. – С. 46 - 47.
6. Григоренко Ю.Ю. Оцінка ефективності технологій утилізації Cr⁶⁺ вмісних стічних вод промислових підприємств на основі SWOT-аналізу // Григоренко Ю.Ю., Шорохов М.М., Суворін О.В., Заїка Р.Г. - Технологія-2018 : XXI матеріали міжнар.наук.-техн. конф.. Ч. 1 / – Северодонецьк : СХУ ім. В. Даля, 2018. – С. 83 - 85.
7. Шорохов М.М. Вплив надлишку осаджувача на очищення Cr⁶⁺-вмісних стічних вод промислових підприємств / Шорохов М.М., Суворін О.В., Казаков В.В., Ожередова М.А. - Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. № 3 (244) – с. 109-112.
8. Беспаятов Г.П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г.П. Беспаятов, Ю.А. Кротов // Л.: Химия – 1985. – 528 с.
9. Фрумина Н.С. Аналитическая химия бария / Фрумина Н.С., Горюнова Н.Н., Еременко С.Н. - М.: Наука, 1977. - 199 с.
10. Зубченко В.Л. Гибкие автоматизированные гальванические линии / В.Л. Зубченко, В.И. Захаров, В.М. Михайлович (справочное изд.) - Л.: Машиностроение, 1989.- 672 с.
11. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье – М.: Химия, 1984. – 448 с.

12. В.Ф. Крамаренко Токсикологическая химия / В.Ф. Крамаренко – М.: Книга по Требованию, 2013. – 445 с.
13. Надеинский Б.П. Теоретические обоснования и расчеты в аналитической химии. Изд 2-е / Б.П. Надеинский – М.: Советская наука, 1956. – 447 с.

References

1. Vasilev A. N. Tehnologiya preduprezhdeniya rasprostraneniya tyazhelyih metallov v okruzhayushey srede / A. N. Vasilev, N. N. Tudel // Ekotehnologii i resursosberezhenie. - KiYiv: Institut gazu NAN UkraYini. - 2000. - № 2. - s. 36 – 44.
2. Starodubova A.T. Vliyanie hroma i drugih himicheskikh veshchestv na organizm cheloveka i zhivotnyih / A. T. Starodubova. Alma-Ata: Himiya, 1989. - 124 s.
3. Mamyirbaev A.A. Toksikologiya hroma i ego soedineniy / A.A. Mamyirbaev. – Aktobe: Kokzhiel, 2012. - 284 s.
4. Vinogradov S.S. Ekologicheskii bezopasnoe galvanicheskoe proizvodstvo. Pod redaktsiyey prof. V.N. Kudryavtseva. Izd. 2-e, pererab. i dop.; M.: Globus, 2002. - 352 s.
5. Vinogradov S.S. O polozhitelnyih i otritsatelnyih storonah elektro- i galvanokoagulyatsionnyih metodov ochildki stochnyih vod / S.S. Vinogradov, S.S. Kruglikov // Galvanotekhnika i obrabotka poverhnosti. – 2008. - T. 16, № 1. – S. 46 - 47.
6. Grigorenko Yu.Yu. Otsinka effektivnosti tehnologii utillizatsiyi Sr6 vmlsnihi stlchnih vod promislovihi pldpriEmstv na osnovi SWOT-anallzu // Grigorenko Yu.Yu., Shorohov M.M., SuvorIn O.V., Zalka R.G. - Tehnologiya-2018 : XXI materIali mlzhnar.nauk.-tehn. konf.,. Ch. I / . – SEvErodonetsk : CNU Im. V. Dalya, 2018. – S. 83 - 85.
7. Shorohov M.M. Vpliv nadlishku osadzhuvacha na ochischennya Sr6 vmlsnihi stlchnih vod promislovihi pldpriEmstv / Shorohov M.M., SuvorIn O.V., Kazakov V.V., Ozheredova M.A. - VIsnik ShIdnoukraYinskogo natsIonalnogo unIversitetu Im. V. Dalya. № 3 (244) – S. 109- 112.
8. Bepamyatov G.P. Predelno-dopustimiyie konsentratsii himicheskikh veshchestv v okruzhayushey srede. Spravochnik / G.P. Bepamyatov, Yu.A. Krotov // L.: Himiya – 1985. – 528 s.
9. Frumina N.S. Analiticheskaya himiya bariya / Frumina N.S., Goryunova N.N., Eremenko S.N. - M.: Nauka, 1977. - 199 s.
10. Zubchenko V.L. Gibkie avtomatizirovannyye galvanicheskyye linii / V.L. Zubchenko, V.I. Zaharov, V.M. Mihaylovich (spravochnoe izd.) - L.: Mashinostroenie, 1989. - 672 s.
11. Lure Yu.Yu. Analiticheskaya himiya promyishlennyih stochnyih vod / Yu.Yu. Lure – M.: Himiya, 1984. – 448 s.
12. V.F. Kramarenko Toksikologicheskaya himiya / V.F. Kramarenko – M.: Kniga po Trebovaniyu, 2013. – 445 s.
13. Nadeinskiy B.P. Teoreticheskie obosnovaniya i rascheti v analiticheskoy himii. Izd 2-e / B.P. Nadeinskiy – M.: Sovetskaya nauka, 1956. - 447 s.

Шорохов М.М., Ожередова М.А., Суворин А.В., Заика Р.Г., Доценко А.Д. Влияние добавки затравочных кристаллов BaCrO₄ и наличия ацетат-ионов на остаточную концентрацию Cr(IV) в очищенных растворах

Исследовано влияние увеличения температуры процесса в интервале 22-80°С, добавки затравочных кристаллов барий(II) хромата в количестве 0,5-2 г/л суспензии и ацетат-ионов на степень очистки сточных

вод промышленных предприятий, которые содержат Cr⁶⁺ с образованием малорастворимой соли BaCrO₄. Показана нецелесообразность использования водного раствора BaCl₂ как реагента-осадителя без предварительного подщелачивания реакционной среды.

Ключевые слова: хромат-ион, осадитель, хлорид бария, затравочные кристаллы, ацетат-ион, остаточная концентрация, уровень ПДК.

Shorokhov M.N., Ozheredova M.A., Suvorin A.V., Zaika R.G., Dotsenko A.D. Influence of BaCrO₄ seed crystals and acetate-ions addition on the residual concentration of Cr(IV) in purified solutions

The expediency of applying the reagent method for wastewater treatment of industrial enterprises containing Cr⁶⁺ using water-soluble barium salts with the formation of a slightly soluble BaCrO₄ salt was established.

In this work, we studied the influence of the properties of the suspension formed, an increase in the process temperature, and the introduction of barium (II) chromate, acetic acid, and sodium acetic acid seed crystals on the process of chemical treatment of acidic wastewater containing Cr (VI) using a saturated aqueous solution of barium (II) chloride as a precipitant.

A solution of H₂CrO₄ with a concentration of 54 mg/l (in terms of Cr (VI)), which models a typical wash water of the electrochemical chromium plating process, was used as a starting material. An aqueous solution of BaCl₂ (26.5% mass) saturated at 20° C was used as a precipitant. The precipitating solution was dosed once to a solution of H₂CrO₄, based on the following molar ratios: stoichiometric amount (100%) and an excess of 25% for the formation of barium (II) chromate. The mixing speed of the suspensions was 1.5 ÷ 1.8 turnovers per second. Seed crystals were dosed to a solution of H₂CrO₄ before a precipitant solution was added to it. To determine the effect of acetate ions on the properties of suspensions, we used concentrated acetic acid and a solution of sodium acetic acid saturated at 20 °C, which were added to the suspension at a time, based on the calculation of 4 mol per 1 mol of Cr (IV), which was in solution.

Studies have shown that when cleaning aqueous solutions of Cr (IV) with a BaCl₂ solution, increasing the temperature from 22 to 80 °C, dosing BaCrO₄ seed crystals in an amount of 0.5-2 g/l of suspension or acetic acid does not significantly reduce the residual concentration of chromate ions, which is 11.1 ÷ 16.7 mg/l, which exceeds the MPC value. Dosing of a saturated solution of sodium acetate into the formed suspensions makes it possible to reduce the residual concentration of Cr (IV) in the clarified part of the suspensions to 5.5 mg/l, which is also higher than the MPC values.

Thus, the inappropriateness of using an aqueous solution of BaCl₂ as a precipitating reagent for the purification of acidic wastewater containing Cr (IV) without preliminary alkalization of the reaction medium was shown.

Keywords: chromate ion, precipitator, barium chloride, seed crystals, acetate ion, level of maximum allowable concentration.

Шорохов Михайло Миколайович – аспірант кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. teplopribors@i.ua

Ожередова Марина Анатоліївна – к. т. н., доцент, доцент кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. ozheredovama@ukr.net

Суворін Олександр Вікторович – д. т. н., професор, завідувач кафедри хімічної інженерії і екології,

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. avsuvorin@ukr.net

Заїка Раїса Григорівна - к. т. н., доцент, завідувач кафедри хімії та охорони праці, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. chemistry@snu.edu.ua

Доценко Анатолій Дмитрович – старший викладач кафедри програмування та математики, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Стаття подана 19.07.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-103-110>

УДК 537.86:614.875

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО РІВНЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ

Білобородов О.О., Горішна О.В., Довгополий А.С.

PROBLEM ISSUES OF DETERMINING THE NON-IONIZING RADIATION HAZARDS

Biloborodov O.O., Horishna O.V., Dovhopoly A.S.

Узагальнено біофізичні передумови небезпечного впливу електромагнітного випромінювання на біологічні об'єкти. Проведено аналіз світового досвіду визначення наслідків та обмеження безпечних рівнів впливу електромагнітного випромінювання на людину. Узагальнено досвід реакції біологічних об'єктів на низькоенергетичний електромагнітний вплив, а також теорій щодо механізмів рецепції випромінювання низької інтенсивності. Обґрунтовано доцільність додаткових досліджень впливу спектральних параметрів електромагнітного випромінювання на людину.

Ключові слова: поверхнева густина, потік електромагнітного випромінювання, потужність опромінювання, гранично допустимі рівні.

Вступ. Бурхливий розвиток та збільшення кількості випромінювальних радіотехнічних засобів призвели до критичного перевищення природного фонового електромагнітного випромінювання і це стало для людини небезпечним екологічним чинником. Численні громадські протести проти впровадження сучасних технологій безпроводної передачі даних свідчать про недостатню публічність результатів досліджень впливу електромагнітного випромінювання на стан здоров'я людини.

Постановка проблеми. Гранично допустимі рівні випромінювання обґрунтовувались за часів, коли небезпечність даного чинника не стояла так гостро. Розширення територій міст призводить до наближення житлової забудови до колись віддалених радіотехнічних (потужних радіовипромінювальних) засобів. А бурхливий розвиток мікроелектроніки забезпечив наявність різноманітних радіовипромінювальних "гаджетів" майже у кожного в кишені.

Численні дані останніх наукових досліджень свідчать про важливу роль не лише енергетичних параметрів опромінення біологічних об'єктів, але й спектральних. Тому є нагальна необхідність приді-

лити важливу увагу обмеженню біологічно активних модульованих випромінювань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Негативний вплив електромагнітного випромінювання високої інтенсивності підтверджений досвідом застосування радіотехнічних засобів. Тому національні і закордонні нормативні документи обмежують граничний час експозиції та рівні поверхневої густини потужності електромагнітного випромінювання, що може впливати на людину [1; 2; 3]. Чинні нормативи, хоча і критикуються [4], втім спираються на результати медико-біологічних досліджень [5].

У [6] наведені підходи до оцінювання ризиків для здоров'я людини внаслідок впливу електромагнітного випромінювання. Зокрема, зазначається реакція при рівнях від $0,05 \text{ мкВт/см}^2$ та невизначеність відомостей про фактор безпеки, достовірності та повторюваності ефектів, критичних органів (підсистем), неоднозначність механізмів взаємодії електромагнітних полів з біологічними об'єктами. Нові дані про довгострокові наслідки впливу електромагнітного випромінювання призвели до того, що у 1996 г. Всесвітня організація здоров'я заснувала Міжнародний проект з електромагнітного опромінення (The International EMF Project), який провів аналіз досліджень впливу електромагнітного поля на: поведінкові реакції, нейроендокринну систему, нейродегенеративні розлади, серцево-судинні розлади, імунологічний та гематологічний стан організму, зміни генотипу, онкологічні захворювання. Були проведені оцінювання ризиків для здоров'я людини та віддалені у часі гострі і хронічні ефекти дії електромагнітного випромінювання на людину [7].

Мета статті – проведення аналізу світового досвіду визначення наслідків та обмеження безпечних рівнів впливу електромагнітного випромінювання на людину електромагнітного випромінювання у діапазоні частот вище 300 МГц (довжина хвилі

– до 1 м) та обґрунтувати напрями щодо удосконалення існуючих граничних норм.

Результати досліджень. Науково-експериментальними дослідженнями [8; 9] встановлено, що ефекти від впливу на біологічні тканини людини електромагнітним випромінюванням малої потужності поділяються на теплові і нетеплові.

Нагрівання тканин людини викликається зміною поляризації діелектричних складових, а також струмами провідності. Внаслідок різних діелектричних властивостей складових організму поглинання енергії в рідинах і тканинах організму є вкрай нерівномірним. Тепловий ефект може проявлятися або підвищенням температури тіла, або вибірковою (селективним) нагріванням окремих його органів, терморегуляція яких анатомічно ускладнена (жовчного і сечового міхурів, шлунку, кишок, яєчок, кристаликів, склистого тіла та ін.). Глибина проникнення електромагнітного випромінювання визначається як довжиною хвилі, так і властивостями тканин організму (рис.).

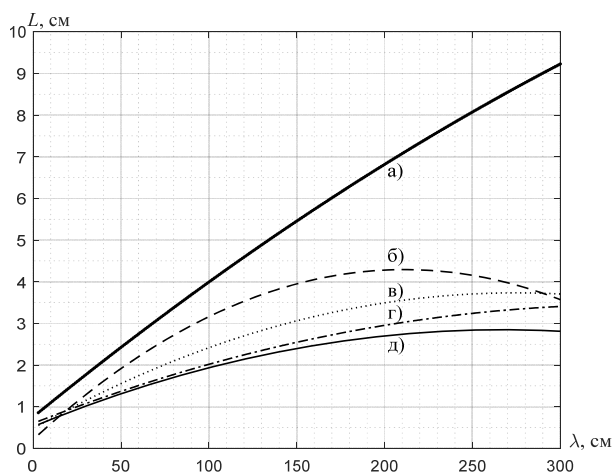


Рис. Глибина проникнення L електромагнітного випромінювання у тканини організму людини (апроксимація поліномом другого ступеня експериментальних даних [10]): а – кристалик ока; б – головний мозок; в – шкіра; г – м'язи; д – кров

У більшості країн в основу первинного механізму дії електромагнітного випромінювання була покладена тепла концепція [11], згідно якої були розроблені рекомендації щодо гранично допустимих рівнів поверхневої густини потоку електромагнітного випромінювання. Органи та тканини людини, які мають слабо виражену терморегуляцію, більш чутливі до опромінення (мозок, очі, нирки, кишечник, сім'яники). Ускладнення терморегуляції і підвищення температури тіла або окремих органів відбувається, починаючи з інтенсивності поля 10 мВт/см^2 , яка називається тепловим порогом. Перегрівання тканин та органів призводить до їх захворювання. Підвищення температури тіла на $1 \text{ }^\circ\text{C}$ та вище недопустиме через можливі патологічні наслідки [12; 13].

Узагальнення відомостей щодо гранично допустимих рівнів поверхневої густини потоку електромагнітного випромінювання S наведені у табл.

Слід зауважити, що у США (та НАТО) гранично допустимі рівні неперервного випромінювання, що наведені у табл., встановлюються для певних тривалих інтервалів усереднення (до 6 хв. у тех. зоні та до 30 хв. у загальній зоні), а імпульсного випромінювання – відносно граничних рівнів для неперервного, але для меншого інтервалу усереднення (0,1 с). Тобто миттєве значення рівня поверхневої густини потоку електромагнітного опромінювання допускається суттєво більше наведених у табл. значень.

Аналіз даних, що наведені у табл. , дозволяє зробити наступні висновки:

гранично допустимі рівні диференційовані залежно від частоти та типу опромінення (неперервне або імпульсне), що підтверджує спектральну і параметричну залежність реакції організму на електромагнітне випромінювання;

гранично допустимі рівні опромінення для різних країн відрізняються на порядки, що свідчить про недосконалість методологічних підходів до оцінювання наслідків електромагнітного випромінювання на стан організму людини;

вимоги щодо гранично допустимих рівнів імпульсного випромінювання більш жорсткі порівняно з неперервним, що говорить про більш виражену реакцію організму людини на такий тип випромінювань;

у частотних діапазонах роботи найпоширеніших радіоелектронних пристроїв окремі країни значно (на порядки) зменшують вимоги до граничних рівнів опромінення.

Теплова дія електромагнітного випромінювання безумовно суттєво впливає на стан організму. Але окремі біоефекти не можуть бути пояснені лише тепловою концепцією. Встановлено, що в окремих випадках ефекти виявляють вибірковість до енергетичних параметрів (проявляються лише в енергетичних "вікнах") [27; 28]. Але найбільший інтерес становлять ефекти реакції організму на електромагнітне випромінювання низької інтенсивності. Найбільш поширеним досвідом застосування низькоенергетичних електромагнітних полів стала біорезонансна терапія [29; 30; 28]. Експериментальні дослідження підтверджують біологічний відгук на суттєво низькоенергетичний вплив [31]. Встановлено, що випромінювання низької інтенсивності може зумовлювати як прискорення, так і сповільнення біохімічних реакцій [32]. Значний ефект спостерігається при впливі на живу клітину [33; 34; 35; 36; 37]. Спостерігається реакція з боку центральної нервової системи [38; 39], а також інших підсистем організму [6; 40; 41; 42].

Багато досліджень свідчать, що крім інтенсивності і тривалості опромінення важливу роль грають й інші параметри випромінювання (несуча частота і параметри модуляції). Результати експериментальних досліджень свідчать, що імпульсно модульоване

випромінювання проявляє більшу біологічну активність порівняно з немодульованим або неперервно модульованим [43; 44]. А окремі біоефекти проявляються лише при імпульсному режимі опромінення

[45; 46]. Достовірно підтверджений ефект індукції у голові звукових відчуттів також спостерігається при імпульсному режимі опромінення [47; 48].

Таблиця

Відомості щодо гранично допустимих рівнів опромінення людини у країнах світу

Країна (період дії)	Об'єкт впливу	Діапазон частот, ГГц (режим)	Граничні рівні, мВт/см ²
Англія (1960, 1963) [5]	всі	0,3-30	10
Франція (1969) [5]	військовослужбовці	3-300	10-100
Польща (1961) [5]	персонал	0,3-30	0,01-1
Угорщина [4]	населення	0,3-300	0,01
Чехословаччина (1968) [5]	персонал	0,3-30	0,025
		0,3-30 (імпульсне)	0,01
Скандинавські країни [4]	населення	0,3-300	0,1
Латвія [4]	населення	0,2-2	0,002-0,95
		0,9	0,45
		1,8	0,9
		1,9	0,95
Швеція [14]	н/д	> 0,3	1
Швеція (1961), ФРН (1962) [5]	персонал	0,3-30	10
Швеція (1961), Франція (1969) [5]	всі	0,3-30	1
ЄС [4]	населення	0,3-300	0,0015
		0,9	0,6
	персонал	0,3-1,5	0,0003
		0,9	3
СРСР (1978-1996) [15]	населення	0,3-300 (періодичне)	0,005
СРСР (1976-1986) [16]	персонал	0,3-300	0,01
СРСР (1986-1991), РФ, Україна (1991-1996) [17]	персонал (крім військовослужб.)	0,3-300	1
РФ (з 1996) [18; 19; 20]	персонал	0,3-300 (неперервне або імпульсне)	1
	населення	0,3-300 (неперервне або імпульсне)	0,01-0,1
Україна (з 1996) [21]	населення	0,3-1 (неперервне)	0,0007-0,0017
		0,9÷37,5 (імпульсне)	0,01-0,14
США [14]	н/д	> 0,3	10
США (1966-1982) [22]		0,3-100	100
США (1982-1991) [23]	населення	0,3-1,5	1-5
		1,5-100	5
США (1991-2005) [24]	населення	0,3-15	0,2-10
		15-300	10
	персонал	0,3-3	1-10
		3-300	10
	всі	0,3-300 (імпульсне)	$S_{\max \text{ імпл.}} \leq S_{\max \text{ неп.}}$
США (з 2005) [25]	населення	0,3-0,4	0,2
		0,4-2	0,2-1
		2-100	1
		100-300	1-10
	персонал	0,3-3	1-10
		3-300	10
	всі	0,3-300 (імпульсне)	$S_{\max \text{ імпл.}} \leq S_{\max \text{ неп.}}$
НАТО (2003-2014) [2]	військовослужбовці	0,3-3	1-10
		3-300	10
НАТО (з 2014) [26]	загальна зона (населення)	0,3-0,4	0,2
		0,4-2	0,2-1
		2-100	1
		2-100	1-10
	технічна зона (персонал)	0,3-3	1-10
		3-300	10
	всі	0,3-300 (імпульсне)	$S_{\max \text{ імпл.}} \leq S_{\max \text{ неп.}}$

Отже, результати численних дослідження свідчать, що окремі параметри низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання, яке взаємодіє з біологічними рецепторами, несуть біологічно значиму інформацію. Тому вплив на організм малих інтенсивностей електромагнітного випромінювання при параметрах (несуча частота, параметри модуляції, енергетичні показники), близьких до резонансних, і який викликає відгук (зміна функціонального стану або динаміки процесів гомеостазу організму), називають інформаційним впливом. Інформаційна дія випромінювання на біологічні об'єкти проявляється тоді, коли інтенсивність випромінювання нижча від теплових порогових його значень, тобто, спостерігаються нетеплові ефекти або специфічна дія радіохвиль. Очевидно, що інформаційні процеси відіграють також певну роль при тепловій дії електромагнітного поля на організм.

Не дивлячись на достатню доказовість інформаційної дії електромагнітного випромінювання, деякі дослідники заперечують взаємодію низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання з біологічними тканинами, оскільки енергія квантів випромінювання набагато менша теплової енергії середовища. Натомість прихильники теорії інформаційного впливу обґрунтовують можливі механізми накопичення енергії, багатотонних процесів або інших принципів рецепції випромінювання. Серед найбільш поширених гіпотез можна виділити наступні:

багатомодове накопичення енергії системою біомакромолекул, що пов'язані дисипативними але не пружними зв'язками, та подальші конформаційні зміни біомакромолекул;

термостійке розширення тканин, генерація у тканинах механічних коливань;

електромеханічні перетворення у результаті процесів електрострикції і подальші конформаційні зміни біомакромолекул клітинних мембран;

представлення біологічно активних точок, клітинних тканин або біомакромолекул еквівалентними резонансними контурами з високою добротністю на резонансних частотах;

специфічне орієнтування суспендованих часток ряду речовин, мікроорганізмів, лейкоцитів та еритроцитів ("перлинні ланцюги");

поляризація бічних ланцюгів біомакромолекул; дрейф заряджених часток (іонів, полярних ланцюгів молекул) у полі електромагнітної хвилі.

Найбільше прихильників зайшла теорія зміни властивостей води, водних кластерів, водних розчинів, у тому числі іонних розчинів з подальшою зміною гідратації іонів, їх рухливості, динаміки іонно-мембранних і обмінних процесів у клітині.

Окремі дослідники також вказують, що формування біологічного ефекту відбувається за рахунок енергії самого живого організму, а зовнішній вплив тільки дає поштовх для розвитку реакції [49; 50; 51; 52].

Стосовно спектрального характеру інформаційної дії електромагнітного випромінювання, вста-

новлено, що інформаційний ефект у значній мірі залежить від співвідношення частотних параметрів випромінювання і власних частот коливань органів та систем організму. У літературі наводяться відомості про власні частоти коливань органів і підсистем організму людини [6], частоти випромінювання, що характеризуються інформаційним характером впливу на стан організму людини [6; 40; 45; 46; 41; 42], наводяться небезпечні та шкідливі частоти [53], а також частотні параметри для отримання ефекту радіослуху [47; 48].

Отже останні дослідження свідчать про необхідність враховувати специфічний вплив електромагнітного випромінювання, що реалізовано в окремих рекомендаціях [6], які, втім, не повністю враховані у діючих нормативах.

Висновки. Електромагнітне випромінювання при певних параметрах і режимах дії на біооб'єкт може призводити до функціональних порушень центральної нервової системи, перенапруження адаптаційно-компенсаторних механізмів, істотних відхилень функцій органів і систем, порушення обміну речовин і ферментативної активності, гіпоксії, органічних змін в органах та системах. Центральна нервова система реагує на інтенсивність опромінення, що лежить значно нижче теплового порога і порога реакцій інших систем.

При взаємодії електромагнітного випромінювання з біологічними об'єктами виникають резонансні ефекти. Ці процеси мають спектрально-залежний характер і впливають на єдину інформаційно-керуючу підсистему біосистеми.

При визначенні гранично допустимих рівнів електромагнітного опромінення людини необхідно враховувати останні дослідження біологічних ефектів електромагнітного впливу.

Відомості про вибіркового (резонансного) характеру реакції біологічних об'єктів на модульоване електромагнітне випромінювання вимагають проведення додаткових досліджень щодо обґрунтування обмежень не лише частотних і енергетичних параметрів електромагнітного випромінювання, але й додатково – спектральних (модуляційних) параметрів.

Напрямок подальших досліджень можна визначити обґрунтування обсягу необхідних експериментальних досліджень і розроблення програм їх проведення.

Л і т е р а т у р а

1. ДНАОП 0.03-3.16-86. Предельно-допустимые уровни (ПДУ) воздействия электрических полей диапазона частот 0,06-30,0 МГц [Текст] / Введ. 04.07.1986. – Б'м, 2005. – 2 с. : – (Державний нормативний акт про охорону праці). Наказ Мінохорони здоров'я СРСР № 4131-86.
2. STANAG 2345 (3rd Ed), Subject: Evaluation and control of personnel exposure to radio frequency fields – 3kHz to 300GHz (13 Feb 2003) [Text] / NATO Standartization Agency, 2003. – 27 p.
3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов [Текст] / Введ. 30.06.2003. – М.

- : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 22 с.
4. Попов, И. И. Анализ состояния нормативной базы по обеспечению электромагнитной безопасности в Украине [Текст] / И. И. Попов, О. А. Тесленко, Н. И. Тесленко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2015, вип. 2 (34). – С. 124-131.
 5. Сердюк, А. М. Взаимодействие организма с электромагнитными полями как с фактором окружающей среды [Текст] / А. М. Сердюк // К.: Наук. думка. – 1977. – 228 с.
 6. Методические рекомендации 2.1.10.0061-12. Оценка риска для здоровья населения при воздействии электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест [Текст] / Утв. Главным государственным врачом РФ 13 апреля 2012 г.
 7. Environmental health criteria ; 238. Extremely low frequency fields / World Health Organization, 2007. – 519 p.
 8. Пресман, А. С. Электромагнитные поля и живая природа [Текст] / Пресман А. С. // Рипол Классик. – 2013. – С.33-60.
 9. Сусак, И. П. О первичных механизмах воздействия электромагнитных полей на биологические объекты [Текст] / И. П. Сусак, О. А. Пономарев, А. С. Шигаев // Биофизика сложных систем. – 2005. – том 50. – С. 367-370.
 10. Павлов, А. Н. Воздействие электромагнитных излучений на жизнедеятельность. Учебное пособие. [Текст] / А. Н. Павлов // М.: Гелиос АРВ. – 2002. – 114 с.
 11. Аполлонский, С. М. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: Учеб. пособие [Текст] / С. М. Аполлонский, Т. В. Каляда, Б. Е. Синдаловский // СПб.: Политехника, 2006. – 263 с.
 12. Banik, S. Bioeffects of microwave – a brief review [Text] / S. Banik, S. Bandyopadhyay, S. Ganguly // Bioresour. Technol. 2003. Vol. 87. N 2. P. 155-159.
 13. Stuchley, M. A. Biological effects of radiofrequency fields in M.H. Repacholi (Ed) Non-Ionizing Radiations, Physical characterization, Biological effects and Health Hazard Assessment [Text] / M. A. Stuchley // Proceeding for the International Non-Ionizing Radiation Workshop, Melbourne. 1988. P. 197-217.
 14. Протасевич, Е. Т. Электромагнитный фон и его влияние на человека. Учебное пособие [Текст] / Е. Т. Протасевич // Томск: Изд. ППУ, 2004. – 100 с.
 15. Санитарные нормы и правила размещения радиотелевизионных и радиолокационных станций [Текст] / Утверждены Главным государственным санитарным врачом СССР 8 февраля 1978 г. № 1823-78.
 16. ГОСТ 12.1.006-76. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
 17. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. ГОСТ 12.1.006-84 (СТ СЭВ 5801-86).
 18. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 [Текст] / Утв. Госкомсанэпиднадзора России от 8 мая 1996 г. № 9.
 19. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Текст] // М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. – 23 с.
 20. Электромагнитные поля в производственных условиях. СанПиН 2.2.4.1191-03 [Текст] / Утв. и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 19 февраля 2003 г. № 10.
 21. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Затв. накл. Міністерства охорони здоров'я України від 01.08.1996 № 239 (зі змінами).
 22. Тигранян, Р. Э. Физические основы бионического канала связи на СВЧ [Текст] / Р. Э. Тигранян // М.: ИП РадиоСофт. – 2012. – 332 с.
 23. American National Standard Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 300kHz to 100 GHz. ANSI C95.1-1982.
 24. IEEE C95.1-1991. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Standards Coordinating Committee 28 on Non-Ionizing Radiation Hazards [Text] / ISBN 1-55937-179-X. Library of Congress Number 92-8054. – 76 p.
 25. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Std C95.1™-2005 (Revision of IEEE Std C95.1-1991).
 26. IEEE Standard for Military Workplaces–Force Health Protection Regarding Personnel Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. IEEE Std C95.1-2345™-2014.
 27. Бурлакова, Е. Б. Эффект сверхмалых доз [Текст] / Е. Б. Бурлакова // Вестник Российской академии наук, 1994. – Т. 64. – № 5. – С. 425-431.
 28. Крылов, В. Н. Физиологические аспекты КВЧ-терапии [Текст] / В. Н. Крылов, Г. А. Максимов // Вестн. Нижегород. гос. ун-та. Сер. Биол. Вып. №2(4). Миллиметровые волны в биологии и медицине. – Н. Новгород. – 2001. – С. 8-15.
 29. Готовский, М. Ю. Биорезонансная терапия / М. Ю. Готовский, Ю. Ф. Перов, Л. В. Чернецова // М.: ИМЕДИС, 2008. – 176 с.
 30. Перельмутер, В. М. Медико-биологические аспекты взаимодействия электромагнитных волн с организмом: учебное пособие [Текст] / В. М. Перельмутер, В. А. Ча, Е. М. Чуприкова // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 128 с.
 31. Григорьев, Ю. Г. Радиобиология мобильной связи: современные аспекты фундаментальных и прикладных исследований [Текст] / Ю. Г. Григорьев, А. П. Бирюков // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. – 2014. – № 1 (11). – С. 6-16.
 32. Баран, Б. А. Экология людини та мобільний зв'язок [Текст] / Б. А. Баран, О. Я. Березюк, В. М. Голонжка // Вісн. Вінницького політех. ін-ту. 2006. № 5. С. 55-58.
 33. Яремчук, М. Н. Вплив електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону на біологічні об'єкти [Текст] / М. Н. Яремчук // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. – 2014. – Вип. 65. – С. 35-49.
 34. Чехун, В. Ф. Механізми біологічної активності низькоінтенсивного радіочастотного випромінювання [Текст] / В. Ф. Чехун, І. Л. Якименко, О. С. Цибулін, Є. П. Сидорик, С. Д. Кириленко // Вісник Національної академії наук України. – 2016. – № 2. – С. 73-86.
 35. Friedman, J. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies [Text] / J. Friedman, S. Kraus, Y. Hauptman et al. // Biochem. J. 2007. Vol. 405. № 3. P. 559-568.
 36. Leszczynski, D. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular

- mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects [Text] / D. Leszczynski, S. Joenvaara, J. Reivinen, R. Kuokka // *Differentiation*. 2002. Vol. 70. № 2-3. P. 120-129.
37. Девятков, Н. Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности [Текст] / Н. Д. Девятков, М. Б. Голант, О. В. Бецкий. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
 38. Григорьев, Ю. Г. Электромагнитные поля и здоровье человека [Текст] / Ю. Г. Григорьев, Л. И. Хейфец, и др. – М.: РУДН, 2002. – 177 с.
 39. Болілий, О. С. Електромагнітне забруднення навколишнього середовища та його вплив на організм людини [Електронний ресурс] // Сайт матеріалів конференції «Соціум. Наука. Культура». – Режим доступу: <http://intkonf.org/boliliy-os-elektromagnitnezabrudnennya-navkolishnogoseredovischa-ta-yogovpliv-na-organizm-lyudini> – 05.02.2019 – Загл. з екрана.
 40. Бутуханов, В. В. Частота излучения и собственная частота атомарного водорода, биологических и других материальных объектов. Их резонансные соотношения. [Электронный ресурс] / В. В. Бутуханов // Режим доступа: http://butuhanov-irk.narod.ru/chastota/chastota_izlucheniya.html – 15.05.2016 г. – Загл. с экрана.
 41. Родионов, Б. Н. Энергоинформационное воздействие низкочастотных электромагнитных излучений на биологические объекты [Текст] / Б. Н. Родионов // *Вестник новых медицинских технологий*, 1999. – Т.6. – №3. – С. 24-26.
 42. Синицин, Н. И. Особая роль системы “миллиметровые волны – водная среда” в природе [Текст] / Н. И. Синицин, В. И. Петросян, В. А. Елкин, Н. Д. Девятков, Ю. В. Гуляев, О. В. Бецкий // *Биомедицинская радиоэлектроника*, 1998. – №1. – С. 5-23.
 43. Девятков, Н. Д. Роль синхронизации в воздействии слабых сигналов миллиметрового диапазона волн на живые организмы [Текст] / Н. Д. Девятков, М. Б. Голант, А. С. Тагер // *Эффекты нетеплового воздействия миллиметровой излучения на биологические объекты*. – М.: ИРЭ АН СССР, 1983. – С. 7-17.
 44. Никулин, Р. Н. Модели воздействия электромагнитного излучения сверхвысокой частоты низкой интенсивности на биологические объекты [Текст] / Р. Н. Никулин // *Сборник тезисов Десятой Всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых: Тезисы докладов: В 2 т. Т.2.* – Екатеринбург Красноярск, издательство АСФ России, 2004. – С. 848-850.
 45. Эйди, У. Р. Электромагнитное загрязнение планеты и здоровье [Текст] / У. Р. Эйди, Х. Дельгадо, Ю. Л. Холодов // *Наука и человечество: Международный ежегодник*. М., 1989. С. 10-18.
 46. Электромагнитные поля и их воздействие на человека. Воздействие на организм [Электронный ресурс]. Реж. доступу: http://bez-emi.ru/vozdeystvie_na_organizm – 28.05.2016 – Загл. с экрана.
 47. Elder, J. A. Auditory Response to Pulsed Radio-frequency Energy [Электронный ресурс] / J. A. Elder, C. K. Chou // *Motorola Florida Research Laboratories, Ft. Lauderdale, FL, USA.* – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.10163.pdf> – 21.07.2016 – Загл. с экрана.
 48. Тигранян, Р. Э. Физические основы слухового эффекта СВЧ [Текст] / Р. Э. Тигранян, В. В. Шорохов // *Пушино: ОНТИ Пушкинского научного центра АН СССР*, 1990. – 131 с.
 49. Diem, E. Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro [Text] / E. Diem, C. Schwarz, F. Adlkofer et al. // *Mutat Res*. 2005. Vol. 583. N 2. P. 178-183.
 50. Panagopoulos, D. J. Comparison of Bioactivity between GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz Mobile Telephony Radiation [Text] / D. J. Panagopoulos, E. D. Chavdoula, A. Karabarbounis, L. H. Margaritis // *Electromagn. Biol. Med*. 2007. Vol. 26. N 1. P. 33-44.
 51. Panagopoulos, D. J. Cell Death induced by GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz Mobile Telephony Radiation [Text] / D. J. Panagopoulos, E. D. Chavdoula, I. P. Nezis, L. H. Margaritis // *Mutat. Res*. 2007. Vol. 626. P. 69-78.
 52. Panagopoulos, D. J. Effect of GSM 900-MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of *Drosophila melanogaster* [Text] / D. J. Panagopoulos, A. Karabarbounis, L. H. Margaritis // *Electromagn. Biol. Med*. 2004. Vol. 23. N 1. P. 29-43.
 53. Конторов, Д. С. Радиоинформатика [Текст] / Д. С. Конторов, М. Д. Конторов, В. К. Слока ; под ред. В. К. Слоки // М.: Радио и связь, 1993. – 296 с.

References

1. DNAOP 0.03-3.16-86. Predel'no-dopustimye urovni (PDU) vozdeistviya elektricheskikh polei diapazona chastot 0,06-30,0 MHz [Text] / Vved. 04.07.1986. – B\m, 2005. – 2 p. : – (Derzhavnii normativnii akt pro okhoronu pratsi). Nakaz Minokhoroni zdorov'ya USSR № 4131-86.
2. STANAG 2345 (3rd Ed), Subject: Evaluation and control of personnel exposure to radio frequency fields – 3kHz to 300GHz (13 Feb 2003) [Text] / NATO Standartization Agency, 2003. – 27 p.
3. SanPiN 2.1.8/2.2.4.1383-03. Gigienicheskie trebovaniya k razmeshcheniyu i ekspluatatsii peredayushchikh radiotekhnicheskikh ob'ektov [Text] / Vved. 30.06.2003. – М.: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2003. – 22 p.
4. Popov, I. I. Analiz sostoyaniya normativnoi bazy po obespecheniyu elektromagnitnoi bezopasnosti v Ukraine [Text] / I. I. Popov, O. A. Teslenko, N. I. Teslenko // *Sistemi upravlinnya, navigatsii ta zv'yazku.* – 2015, Vol. 2 (34). – pp. 124-131.
5. Serdyuk, A. M. Vzaimodeistvie organizma s elektromagnitnymi polyami kak s faktorom okruzhayushchei sredy [Text] / A. M. Serdyuk // *K.: Nauk. dumka.* – 1977. – 228 p.
6. Metodicheskie rekomendatsii 2.1.10.0061-12. Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya pri vozdeistvii elektromagnitnykh polei (do 300 GGts) v usloviyakh naselennykh mest [Text] / Utv. Glavnym gosudarstvennym vrachom RF 13.04.2012.
7. Environmental health criteria ; 238. Extremely low frequency fields / World Health Organization, 2007. – 519 p.
8. Presman, A. S. Elektromagnitnye polya i zhivaya priroda [Text] / Presman A. S. // *Ripol Klassik.* – 2013. – pp.33-60.
9. Susak, I. P. O pervichnykh mekhanizmax vozdeistviya elektromagnitnykh polei na biologicheskie ob'ekty [Text] / I. P. Susak, O. A. Ponomarev, A. S. Shigaev // *Biofizika slozhnykh sistem.* – 2005. – Vol. 50. – pp. 367-370.
10. Pavlov, A. N. Vozdeistvie elektromagnitnykh izluchenii na zhiznedeyatel'nost'. Uchebnoe posobie. [Text] / A. N. Pavlov // М.: Geli-os ARV. – 2002. – 114 p.
11. Apollonskii, S. M. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti

- cheloveka v elektromagnitnykh polyakh: Ucheb. posobie [Text] / S. M. Apollonskii, T. V. Kalyada, B. E. Sindalovskii // SPb.: Politehnika, 2006. – 263 p.
12. Banik, S. Bioeffects of microwave – a brief review [Text] / S. Banik, S. Bandyopadhyay, S. Ganguly // *Bioresour. Technol.* 2003. Vol. 87. N 2. P. 155-159.
 13. Stuchley, M. A. Biological effects of radiofrequency fields in M.H. Repacholi (Ed) *Non-Ionizing Radiations, Physical characterization, Biological effects and Health Hazard Assessment* [Text] / M. A. Stuchley // *Proceeding for the International Non-Ionizing Radiation Workshop, Melbourne.* 1988. P. 197-217.
 14. Protasevich, E. T. Elektromagnitnyi fon i ego vliyanie na cheloveka. Uchebnoe posobie [Text] / E. T. Protasevich // Tomsk: Izd. TPU, 2004. – 100 p.
 15. Sanitarnye normy i pravila razmeshcheniya radiotelevizionnykh i radiolokatsionnykh stantsii [Text] / Uтверждены Главным госу-дарственным санитарным врачом СССР 8.02.1978. № 1823-78.
 16. GOST 12.1.006-76. Sistema standartov bezopasnosti truda. Elektromagnitnye polya radiochastot. Dopustimye urovni na rabochikh mestakh i trebovaniya k provedeniyu kontrolya.
 17. Elektromagnitnye polya radiochastot. Dopustimye urovni na rabochikh mestakh i trebovaniya k provedeniyu kontrolya. GOST 12.1.006-84 (ST SEV 5801-86).
 18. Elektromagnitnye izlucheniya radiochastotnogo diapazona. SanPiN 2.2.4/2.1.8.055-96 [Text] / Utv. Goskomsanepidnadzora Rossii ot 8.05.1996. № 9.
 19. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k zhilym zdaniyam i pomeshcheniyam: Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy [Text] // M.: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2001. – 23 p.
 20. Elektromagnitnye polya v proizvodstvennykh usloviyakh. SanPiN 2.2.4.1191-03 [Text] / Utv. i vvedeny v deistvie postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiiskoi Federatsii ot 19.02.2003. № 10.
 21. Derzhavni sanitarni normi i pravila zakhistu naselennya vid vplivu elektromagnitnykh viprominyuvan'. Zatv. nak. Ministerstva okhoroni zdorov'ya Ukraïni vid 01.08.1996 № 239 (zi zminami).
 22. Tigranyan, R. E. Fizicheskie osnovy bionicheskogo kanala svyazi na SVCh [Text] / R. E. Tinranyan // M.: IP RadioSoft. – 2012. – 332 p.
 23. American National Standard Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 300kHz to 100 GHz. ANSI C95.1-1982.
 24. IEEE C95.1-1991. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Standards Coordinating Committee 28 on Non-Ionizing Radiation Hazards [Text] / ISBN 1-55937-179-X. Library of Congress Number 92-8054. – 76 p.
 25. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz. IEEE Std C95.1™-2005 (Revision of IEEE Std C95.1-1991).
 26. IEEE Standard for Military Workplaces–Force Health Protection Regarding Personnel Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. IEEE Std C95.1-2345™-2014.
 27. Burlakova, E. B. Effekt sverkhmalykh doz [Text] / E. B. Burlakova // *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 1994. – T. 64. – № 5. – pp. 425-431.
 28. Krylov, V. N. Fiziologicheskie aspekty KVCh-terapii [Text] / V. N. Krylov, G. A. Maksimov // *Vestn. Nizhegorod. gos. un-ta. Ser. Biol.* Vol. №2(4). Millimetrovye volny v biologii i meditsine. – N. Novgorod. – 2001. – pp. 8-15.
 29. Gotovskii, M. Yu. Biorezonansnaya terapiya / M. Yu. Gotovskii, Yu. F. Perov, L. V. Chernetsova // M.: IMEDIS, 2008. – 176 p.
 30. Pere'l'muter, V. M. Mediko-biologicheskie aspekty vzaimodeistviya elektromagnitnykh voln s organizmom: uchebnoe posobie [Text] / V. M. Pere'l'muter, V. A. Cha, E. M. Chuprikova // Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2009. – 128 p.
 31. Grigor'ev, Yu. G. Radiobiologiya mobil'noi svyazi: sovremennye aspekty fundamental'nykh i prikladnykh issledovaniy [Text] / Yu. G. Grigor'ev, A. P. Biryukov // *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti.* – 2014. – № 1 (11). – pp. 6-16.
 32. Baran, B. A. Ekologiya lyudini ta mobil'nii zv'yazok [Text] / B. A. Baran, O. Ya. Berezyuk, V. M. Golonzhka // *Visn. Vinnits'kogo politekh. in-tu.* 2006. № 5. pp. 55-58.
 33. Yaremchuk, M. N. Vpliv elektromagnitnogo viprominyuvannya radiochastotnogo diapazonu na biologichni ob'ekty [Text] / M. N. Yaremchuk // *Visnik L'vivs'kogo universitetu. Seriya biologichna.* – 2014. – Vol. 65. – pp. 35-49.
 34. Chekhun, V. F. Mekhanizmi biologichnoi aktivnosti niz'kointensivnogo radiochastotnogo viprominyuvannya [Text] / V. F. Chekhun, I. L. Yaki-menko, O. S. Tsibulin, C. P. Sidorik, S. D. Kirilenko // *Visnik Natsional'noi akademii nauk Ukraïni.* – 2016. – № 2. – pp. 73-86.
 35. Friedman, J. Mechanism of short-term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies [Text] / J. Friedman, S. Kraus, Y. Hauptman et al. // *Biochem. J.* 2007. Vol. 405. № 3. P. 559–568.
 36. Leszczynski, D. Non-thermal activation of the hsp27/p38MAPK stress pathway by mobile phone radiation in human endothelial cells: molecular mechanism for cancer- and blood-brain barrier-related effects [Text] / D. Leszczynski, S. Joenvaara, J. Reivinen, R. Kuokka // *Differentiation.* 2002. Vol. 70. № 2-3. P. 120-129.
 37. Devyatkov, N. D. Millimetrovye volny i ikh rol' v protsessakh zhiznedeyatel'nosti [Text] / N. D. Devyatkov, M. B. Golant, O. V. Bets-kii. – M. : Radio i svyaz', 1991. – 168 p.
 38. Grigor'ev, Yu. G. Elektromagnitnye polya i zdorov'e cheloveka [Text] / Yu. G. Grigor'ev, L. I. Kheifets, i dr. – M.: RUDN, 2002. – 177 p.
 39. Bolilii, O. S. Elektromagnitne zabrudnennya navkolishn'ogo seredovishcha ta iogo vpliv na organizm lyudini. Sait materialiv konferentsii «Sotsium. Nauka. Kul'tura» [Electronic resource]. – Available at: <http://intkonf.org/boliliy-os-elektromagnitnezabrudnennya-navkolishnogo-seredovishcha-ta-yogovpliv-na-organizm-lyudini/> (accessed 5 February 2019).
 40. Butukhanov, V. V. Chastota izlucheniya i sobstvennaya chastota atomarnogo vodoroda, biologicheskikh i drugikh material'nykh ob'ektov. Ikh rezonansnye sootnosheniya. [Electronic resource] / B. B. Бутуханов // Available at: http://butuhanov-irk.narod.ru/chastota/chastota_izlucheniya.html (accessed 15.05.2016).
 41. Rodionov, B. N. Energoinformatsionnoe vozdeistvie nizkoenergeticheskikh elektromagnitnykh izlucheniy na biologicheskie ob'ekty [Text] / B. N. Rodionov // *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii*, 1999. – Vol.6. – №3. – pp. 24-26.

42. Sinitsin, N. I. Osobaya rol' sistemy "millimetrovye volny – vodnaya sreda" v prirode [Text] / N. I. Sinitsin, V. I. Petrosyan, V. A. Elkin, N. D. Devyatkov, Yu. V. Gulyaev, O. V. Betskii // Biomeditsinskaya radioelektronika, 1998. – №1. – pp. 5-23.
43. Devyatkov, N. D. Rol' sinkhronizatsii v vozdeistvii slabykh signalov millimetrovogo diapazona voln na zhivye organizmy [Text] / N. D. Devyatkov, M. B. Golant, A. S. Tager // Effekty neteplovogo vozdeistviya millimetrovuyu izlucheniya na biologicheskie ob'ekty. – M.: IRE AN USSR, 1983. – pp. 7-17.
44. Nikulin, R. N. Modeli vozdeistviya elektromagnitnogo izlucheniya sverkhvysokoi chastoty nizkoi intensivnosti na biologicheskie ob'ekty [Text] / R. N. Nikulin // Sbornik tezisov Desyatoi Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii studentov-fizikov i molodykh uchenykh: Tezisy dokladov: V 2 t. T.2. – Ekaterinburg Krasnoyarsk, izdatel'stvo ASF Rossii, 2004. – pp. 848-850.
45. Eidi, U. R. Elektromagnitnoe zagryaznenie planety i zdorov'e [Text] / U. R. Eidi, X. Del'gado, Yu. L. Kholodov // Nauka i cheloveche-stvo: Mezhdunarodnyi ezhegodnik. M., 1989. pp. 10-18.
46. Elektromagnitnye polya i ikh vozdeistvie na cheloveka. Vozdeistvie na organizm [Electronic resource]. Available at: http://bez-emi.ru/vozdeystvie_na_organizm (accessed 28.05.2016).
47. Elder, J. A. Auditory Response to Pulsed Radio-frequency Energy [Электронный ресурс] / J. A. Elder, C. K. Chou // Motorola Florida Research Laboratories, Ft. Lauderdale, FL, USA. – Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bem.10163.pdf> – 21.07.2016 – Загл. с экрана.
48. Tigranyan, R. E. Fizicheskie osnovy slukhovogo efekta SVCh [Text] / R. E. Tigranyan, V. V. Shorokhov // Pushchino: ONTI Pushchinskogo nauchnogo tsentra AN USSR, 1990. – 131 P.
49. Diem, E. Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro [Text] / E. Diem, C. Schwarz, F. Adlkofer et al. // Mutat Res. 2005. Vol. 583. N 2. P. 178-183.
50. Panagopoulos, D. J. Comparison of Bioactivity between GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz Mobile Telephony Radiation [Text] / D. J. Panagopoulos, E. D. Chavdoula, A. Karabarbounis, L. H. Margaritis // Electromagn. Biol. Med. 2007. Vol. 26. N 1. P. 33-44.
51. Panagopoulos, D. J. Cell Death induced by GSM 900 MHz and DCS 1800 MHz Mobile Telephony Radiation [Text] / D. J. Panagopoulos, E. D. Chavdoula, I. P. Nezis, L. H. Margaritis // Mutat. Res. 2007. Vol. 626. P. 69-78.
52. Panagopoulos, D. J. Effect of GSM 900-MHz Mobile Phone Radiation on the Reproductive Capacity of Drosophila melanogaster [Text] / D. J. Panagopoulos, A. Karabarbounis, L. H. Margaritis // Electromagn. Biol. Med. 2004. Vol. 23. N 1. P. 29-43.
53. Kontorov, D. S. Radioinformatika [Tekst] / D. S. Kontorov, M. D. Kontorov, V. K. Sloka ; pod red. V. K. Sloki // M.: Radio i svyaz', 1993. – 296 P.

Белобородов О.А., Горишная О.В., Довгопольный А.С. Проблемные вопросы определения безопасного уровня электромагнитного облучения человека.

Обобщены биофизические предпосылки опасного воздействия электромагнитного излучения на биологические объекты. Проведён анализ мирового опыта опреде-

ления последствий и ограничения безопасных уровней воздействия электромагнитного излучения на человека. Обобщён опыт реакции биологических объектов на низкоэнергетическое электромагнитное воздействие, а также теорий механизмов рецепции излучения низкой интенсивности. Обоснована целесообразность дополнительных исследований воздействия спектральных параметров электромагнитного излучения на человека.

Ключевые слова: *поверхностная плотность, поток электромагнитного излучения, мощность облучения, гранично допустимые уровни.*

Biloborodov O.O., Horishna O.V., Dovhopoly A.S. Problem issues of determining the non-ionizing radiation hazards.

The article discusses the biophysical background of the dangerous effects of electromagnetic radiation on biological objects. The spread of radio emission means leads to an increase in the electromagnetic load on a person. The analysis of world experience in determining the effects and limitations of safe levels of exposure to electromagnetic radiation on human showed that the maximum permissible levels are differentiated depending on the frequency and type of exposure (continuous or pulsed), which confirms the spectral and parametric dependence of the body's response to electromagnetic radiation. Also, the maximum permissible exposure levels for different countries differ by orders of magnitude, which indicates the imperfection of methodological approaches to assessing the effects of electromagnetic radiation on the state of the human body. It was determined that the requirements for the maximum permissible levels of pulsed radiation are more stringent than continuous, which indicates a more pronounced reaction of the human body to this type of radiation. Experimental studies indicate that low-energy electromagnetic exposure can cause the reaction of biological objects. and lead to functional disorders of the central nervous system, overstrain of adaptive-compensatory mechanisms, significant deviations of the functions of organs and systems, metabolic and enzymatic activity disorders, hypoxia, organic changes in organs and systems. When electromagnetic radiation interacts with biological objects, resonant effects occur. These processes are spectrally dependent in nature and affect a single information-control subsystem of the biosystem. In addition to energy parameters, the spectral parameters of radiation also affect health effects. Existing theories of low-intensity radiation reception mechanisms are considered. The feasibility of additional studies of the effects of spectral parameters of electromagnetic radiation on humans is substantiated to justify the limitations not only of the frequency and energy parameters of electromagnetic radiation but also additionally of spectral (modulation) parameters.

Keywords: *surface density, electromagnetic radiation flux, irradiation power, boundary permissible levels.*

Білобородов Олег Олександрович – к.т.н., докторант військової частини А4566, e-mail: 22bredly@gmail.com

Горішна Ольга Василівна – д.мед.н., старший науковий співробітник НДІ проблем військової медицини Української військово-медичної академії

Довгопольний Анатолій Степанович – д.т.н., професор, головний науковий співробітник військової частини А4566

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-111-116>

УДК 004.93:004.02

ВИЗНАЧЕННЯ ЧЕРГИ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ГІБРИДНОМУ РОЗПІЗНАВАННІ ОБРАЗІВ

Захожай О.І.

THE DATA PROCESSING QUEUE DEFINITION IN HYBRID PATTERNS RECOGNITION

Zakhozhay O.I.

Гібридне розпізнавання образів полягає у обробці даних різної природи виникнення. Це дозволяє отримувати достовірні класифікаційні рішення за умови широкої зміни прояву різноманітних перешкод і викривлень. Однак, такий підхід призводить до значного збільшення кількості ознак, що надаються для співставлення та отримання рішення щодо розпізнавання і, як наслідок, призводить до значного підвищення часової складності аналізу та прийняття остаточного рішення. Цей аспект має особливе значення для систем критичного застосування, коли прийняття рішення повинно здійснюватися в режимі реального часу, а затримка у отриманні результату аналогічна відмові системи. Для виключення вказаного недоліку, у будь який момент часу необхідне забезпечення обробки меншої кількості найбільш інформативних даних. З цією метою, в статті пропонується метод побудови багатопоточної черги обробки даних, в якій послідовність визначається за рівнем інформативності кожної ознаки. Обробка черги дозволяє забезпечити завданий рівень достовірності отримання класифікаційного рішення з одночасною мінімізацією кількості даних, що надаються для співставлення.

Ключові слова: гібридне розпізнавання образів, методи прийняття рішень, ранжування даних, достовірність розпізнавання, методи обробки даних.

Вступ.

Апарат розпізнавання образів широко використовується для аналізу та прийняття класифікаційних рішень особливо, коли об'єкт розпізнавання представляє собою складну систему, для якої повністю невідомі закономірності впливу її характеристик, а створення повної математичної моделі або значно ускладнено, або зовсім неможливо [1]. В цьому випадку, прийняття рішення повинно здійснюватися на основі обробки апостеріорних даних [1-3].

З урахуванням того, що сучасні складні системи, як правило, характеризуються значною кількістю характеристик, процес прийняття класифікацій-

них рішень має тенденцію до значного збільшення часової складності, що пов'язано з необхідністю проведення співставлень великої кількості груп даних. Ця ситуація також ускладнюється тим, що дані, які надаються для співставлення є, як правило, неоднорідними та вимагають використання різних алгоритмів співставлення, вирішальних правил, критеріїв визначення відстані [1, 2, 4, 5].

При гібридному розпізнаванні образів забезпечується отримання достовірного рішення щодо класифікації завдяки використанню не одного, а сукупності образів, ознаки яких мають різну природу виникнення [6-10]. При цьому, неоднорідність ознак дозволяє отримувати достовірні рішення за умови прояву різноманітних перешкод і викривлень, так як апріорно відомо, що для ознак різної природи виникнення, різні завади та перешкоди мають різний вплив і, відповідно, такі ознаки можна вважати незалежними [11, 12].

Але, використання гібридного розпізнавання образів має і значний негативний аспект, пов'язаний зі значним збільшенням розмірності інформаційного поля опису об'єкта розпізнавання та кількості даних, що підлягають співставленню для отримання класифікаційного рішення.

Таким чином, існує істотна науково-технічна проблема побудови достовірних і швидких методів обробки даних, яка викликана наступним протиріччям [2, 8]. З одного боку, збільшення кількості даних, що характеризують об'єкт розпізнавання, дозволяє отримати більш достовірне рішення щодо класифікації, але, з іншого боку, процес обробки більшої кількості даних призводить до значних витрат часу, що знижує актуальність отриманого результату. В цьому випадку, отримання достовірного, але несвоєчасного результату аналізу практично нівелює його практичну цінність для прийняття подальших управлінських рішень.

З погляду на вищесказане, можна зробити висновок, що розробка нових методів і засобів забезпечення прийняття достовірних рішень щодо класифікації за мінімальних витрат часу є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої дозволить підвищити практичну цінність використання інформаційних технологій гібридного розпізнавання образів для аналізу даних в складних системах різноманітного прикладного спрямування.

Аналіз питання та постановка завдання.

Для обробки даних широкого застосування набули методи і засоби комбінованого розпізнавання образів. Основні аспекти теорії комбінованого розпізнавання були розроблені Ю. І. Журавлевім [13] та продовжені в роботах інших вчених [14-16]. При комбінованому розпізнаванні, об'єкт RO представляється поєднаннями ознак різного характеру інформації, згідно моделі [6]

$$RO = \{X\}^d \cup \{X\}^p \cup \{X\}^l \cup \{X\}^s, \quad (1)$$

де $\{X\}^d, \{X\}^p, \{X\}^l, \{X\}^s$ – відповідно, детерміновані, ймовірнісні, логічні та структурні ознаки об'єкта розпізнавання.

Відповідно до моделі (1), прийняття рішення щодо класифікації здійснюється на основі колективів вирішальних правил [1, 17], що будуються на основі алгоритмів обчислення оцінок [13, 15]. Принцип реалізації таких алгоритмів полягає у обчисленні оцінок подібності до еталонних образів за сукупностями ознак, що є системою підмножин заданої множини ознак. Відповідно до такого підходу, з початку виділяється система опорної множини алгоритму. З сукупності ознак $\{X\}$ виділяються підмножини S_l - S_q . Надалі, обчислюється міра близькості розпізнаваного об'єкта Or з кожним репрезентативним об'єктом, для якого відома класифікація, та визначається сумарна оцінка [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma(O_r, C_l) = \Gamma_{S_l}(O_r, C_l) + \dots + \Gamma_{S_q}(O_r, C_l), \\ \dots \\ \Gamma(O_r, C_m) = \Gamma_{S_l}(O_r, C_m) + \dots + \Gamma_{S_q}(O_r, C_m), \end{array} \right. \quad (2)$$

де $\Gamma_{S_q}(O_r, C_m)$ – оцінка відповідності об'єкту O_r класу C_m за підмножиною ознак S_q .

Після цього, завдаються правила, за якими може прийматися рішення щодо класифікації, в наступній послідовності:

1) правила подібності еталонного і розпізнаваного об'єкту, що дозволяють за вичисленою оцінкою міри, вичислити величину, що називається оцінкою для пар об'єктів;

2) правила формування оцінок для кожного з класів по фіксованій опорній множині на основі оцінок для пар об'єктів;

3) правила формування сумарної оцінки для кожного з класів по усіх опорних підмножинах;

4) правила ухвалення рішення, яке на основі оцінок для класів забезпечує віднесення розпізнаваного об'єкту до одного з класів або відмовляє йому в такій класифікації.

Аналіз представленого підходу до обробки даних має декілька важливих недоліків, які обмежують його практичне використання. По-перше, для більшості об'єктів розпізнавання, основна інформація знаходиться не в окремих ознаках, а в їх різних поєднаннях. Оскільки не завжди відомо, які саме поєднання інформативні, то в алгоритмах обчислення оцінок міра схожості об'єктів обчислюється не послідовним зіставленням окремих ознак, а зіставленням усіх можливих поєднань ознак, що входять в опис об'єктів. По-друге, достовірність результату напряму залежить від кількості інформаційних ознак об'єкту розпізнавання, згідно теорії ВС [18], що також вимагає збільшення розмірності інформаційного поля аналізу. Обидва ці факти однозначно вказують на організацію обчислювальної процедури при великій потужності системи опорних множин, що вимагає значної кількості машинних операцій. З іншого боку, за умов наявності різних проявів перешкод і викривлень, не всі ознаки наявної сукупності адекватно відбивають характеристики об'єкта розпізнавання. Цей момент вказує на те, що збільшення кількості ознак, не викликає однозначного збільшення достовірності, так як, за різних зовнішніх умов та наявних перешкод і викривлень, не всі ознаки адекватно можуть характеризувати об'єкт, що підлягає аналізу. При цьому, кількість машинних операцій збільшується, при тому, що співставлення неінформативних ознак не збільшує, а, навпаки, зменшує достовірність класифікації.

При гібридному розпізнаванні, за рахунок використання ознак різної природи виникнення на які перешкоди і викривлення мають різний вплив, з'являється можливість ситуаційного виділення найбільш інформативних, за поточних умов спостереження, ознак. В цьому випадку, у будь який момент життєвого циклу системи обробки даних, може бути забезпечена обробка меншої кількості але найбільш інформативних даних. Це дозволяє забезпечити бажаний рівень достовірності класифікації при одночасному зменшенні кількості співставлень ознак при прийнятті рішення.

Але, для систем критичного застосування є чітко визначені часові межі отримання результату, що повинно враховуватися під час обробки даних на основі гібридного розпізнавання. Для забезпечення передбачуваності поведінки інформаційного процесу у часовій області, використовуються операційні системи реального часу [19, 20], в яких процес обробки даних може продовжуватися до завершення визначеного моменту часу t (для операційних систем «жорсткого» реального часу), або припускається певна затримка на інтервал часу $t+\Delta t$ (для операційних систем «м'якого» реального часу).

З урахуванням часових обмежень, що мають місце в системах реального часу, процес співставлення ознак об'єкта розпізнавання повинен здійснюватися у випадку виконання наступних умов:

1) недостигнутий апріорно завданий рівень достовірності класифікації;

2) недостигнутий граничний час, відведений на процес обробки та співставлення ознак при класифікації.

У випадку невиконання однієї з цих двох умов процес обробки припиняється. При чому, у випадку порушення першої умови, отримується бажаний рівень достовірності розпізнавання, а при порушенні другої умови – отримується результат класифікації, що не задовольняє завданому рівню достовірності.

Таким чином, можна зробити висновок, що бажаний варіант завершення обробки даних при досягненні завданого рівня достовірності можливий тільки у випадку пріоритетного співставлення ознак, що мають максимальну інформативність за поточних зовнішніх умов та рівня перешкод і викривлень.

Представлений аналіз сучасного стану вирішення проблеми забезпечення бажаного рівня достовірності розпізнавання при одночасній мінімізації кількості ознак що надаються для співставлення, дозволяє сформулювати основну задачу дослідження, яка вирішується надалі – розробка методу упорядкування даних за ознакою інформативності для подальшого аналізу та отримання бажаного рівня достовірності за мінімальною кількістю співставлень ознак об'єкту розпізнавання.

Вирішення задачі.

Вирішення поставленої задачі пропонується шляхом розробки нового методу визначення послідовності аналізу ознак складної системи та формування черги обробки, за якою досягнення бажаного рівня достовірності буде здійснюватися за мінімальних витрат часу. В такій черзі пріоритет обробки, у будь який момент часу, мають ті ознаки, що за поточних зовнішніх умов мають найвищу інформативність.

При гібридному розпізнаванні, об'єкт розпізнавання RO описується моделлю, що враховує сукупність образів, ознаки яких мають різну природу виникнення [6]:

$$RO = \begin{cases} P_1(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1n}), \\ P_2(X_{21}, X_{22}, \dots, X_{2m}), \\ \dots \\ P_k(X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kl}), \end{cases} \quad (3)$$

де X – ознаки образів $\{P\}$, що характеризують об'єкт розпізнавання.

При цьому, для класифікації використовуються не усі ознаки, а тільки виділена сукупність, що за поточних умов спостереження за об'єктом розпізнавання має найбільшу інформативність. Визначення рівня інформативності здійснюється на основі обчислення двох складових: стаціонарної та нестаціона-

рної характеристик інформативності. Ці складові обчислюються для кожного з k образів наявної сукупності, відповідно до (3).

Стаціонарна характеристика інформативності $SICH$ є характеристикою системи відображення параметрів об'єкта розпізнавання у просторі образів, та залежить від точності засобів реєстрації даних (датчиків, каналів передачі даних, пристроїв нормування тощо). Ці характеристики для кожного образу є незмінними та обчислюються апріорно в процесі синтезу системи автоматизованої обробки даних. Стаціонарні характеристики інформативності підлягають корекції тільки у випадку зміни конфігурації та параметрів пристроїв реєстрації. Стаціонарні характеристики інформативності визначаються відповідно до [11]:

$$SICH_k \sim \frac{I}{h_k(x', y', x, y)} \quad (4)$$

де h_k – характеристика засобів відображення інформації з простору об'єкта (x, y) у простір образу (x', y') .

Нестаціонарна характеристика інформативності $NSICH$ характеризує поточні перешкоди і викривлення, тобто є проявом поточної ситуації та зовнішніх для об'єкта розпізнавання умов. Ці характеристики обчислюються для кожного образу на кожному циклі класифікації. Визначення нестаціонарних характеристик здійснюється як вказано у [11]:

$$NSICH_k \sim \frac{I}{\xi_k(x', y')}, \quad (5)$$

де ξ_k – характеристики перешкод, що змінюються впродовж життєвого циклу системи обробки даних в залежності від змін зовнішніх умов.

Загальна характеристика інформативності ICH кожного з k образів в визначається як [11]

$$ICH_k = SICH_k \cdot NSICH_k. \quad (6)$$

Вказані характеристики інформативності використовуються для визначення групи найбільш інформативних образів для прийняття достовірного рішення щодо класифікації. При цьому, модель гібридного розпізнавання образів представляється кортежем

$$SEMHPR = \langle P, EC, SICH, NSICH, C \rangle, \quad (7)$$

де P – сукупність образів складної системи;

EC – сукупність характеристик зовнішніх умов, що характеризують поточну ситуацію;

$SICH$ – сукупність стаціонарних характеристик інформативності образів об'єкта розпізнавання;

$NSICH$ – сукупність нестаціонарних характеристик інформативності образів об'єкта розпізнавання;

S – множина класів, що характеризують об'єкт розпізнавання.

Згідно моделі (7), кожен образ, що характеризує об'єкт розпізнавання, за поточних зовнішніх умов EC , має різну інформативність для отримання достовірного результату класифікації. Таким чином, пріоритет в обробці повинен надаватися тим образам, що мають найбільшу характеристику інформативності Ich (тобто, максимальне мультиплікативне значення стаціонарної та нестационарної характеристики інформативності).

Також, при гібридному розпізнаванні, прийняття класифікаційного рішення можливе на основі або спільного [7] або роздільного [10] аналізу інформаційних ознак. Однак, найбільший потенціал для рішення задачі зменшення часу обробки має саме роздільний аналіз, при якому ознаки сукупності образів не поєднуються до однієї сукупності, а обробляються окремо до моменту часу, коли за одним або декількома образами з множини $\{P\}$ не буде отриманий апріорно завданий рівень достовірності розпізнавання. Такий підхід дозволяє використати багатопоточну обробку даних, коли в кожному потоці буде здійснюватися співставлення ознак різних образів.

Таким чином, для побудови черги обробки даних на основі гібридного розпізнавання, пропонується здійснення ранжування образів за ознакою інформативності Ich . В результаті чого, формується багатопоточна черга обробки з k потоків, ранжованих в порядку зменшення їх характеристик інформативності. Формування багатопоточної черги обробки даних проілюстровано на рисунку.

На рисунку 1 представлена черга з k потоків, ранжованих у порядку зменшення інформативності. Таким чином, потік, утворений ознаками образу P_1 має найвищий пріоритет, а потік P_k – найнижчий.

Окрім цього, для забезпечення послідовності обробки найбільш інформативних даних необхідне також здійснення ранжування ознак кожного з k образів. З цією метою, пропонується використання методу визначення послідовності обробки ознак $\{x\}$ на

основі динаміки їхньої зміни (тобто ступеня їх зміни у порівнянні з попереднім циклом класифікації об'єкта розпізнавання). Цей метод та інформаційна модель детально розглянута в [9]. Таким чином, за кожним потоком мають пріоритет в обробці ті данні, які з моменту попереднього циклу аналізу набули максимальної зміни. Крім цього, для прискорення отримання класифікаційного рішення, спочатку розташовуються узагальнені характеристики складної системи, а потім деталізовані, згідно методу екстенціонально-інтенціонального аналізу ознак при гібридному розпізнаванні, представленою в роботі [21].

Таким чином формування черги обробки даних здійснюється в результаті ранжування образів у порядку зменшення їхньої інформативності, а також ранжування ознак цих образів на основі динаміки їхньої зміни. В результаті, найбільший пріоритет в обробці буде мати (згідно рисунку) ознака x_{11} , а найменший – x_{kl} .

Висновки.

Основні результати, представлені в статті, полягають в наступному.

1. Для зменшення часу співставлення ознак та формування багатопоточної черги обробки даних, обґрунтовано використання роздільного аналізу образів при гібридному розпізнаванні.

2. Розроблений метод визначення черги багатопоточної обробки даних при гібридному розпізнаванні, який базується на роздільному аналізі образів, а також на їхньому ранжуванні у порядку зменшення характеристики інформативності та подальшому ранжуванні ознак цих образів у порядку зменшення динаміки їхньої зміни у порівнянні з попереднім етапом класифікації. Така черга забезпечує, у будь-який момент часу, співставлення найбільш інформативних ознак складної системи. В цьому випадку, забезпечується досягнення бажаного рівня достовірності розпізнавання при мінімальній кількості співставлень ознак.

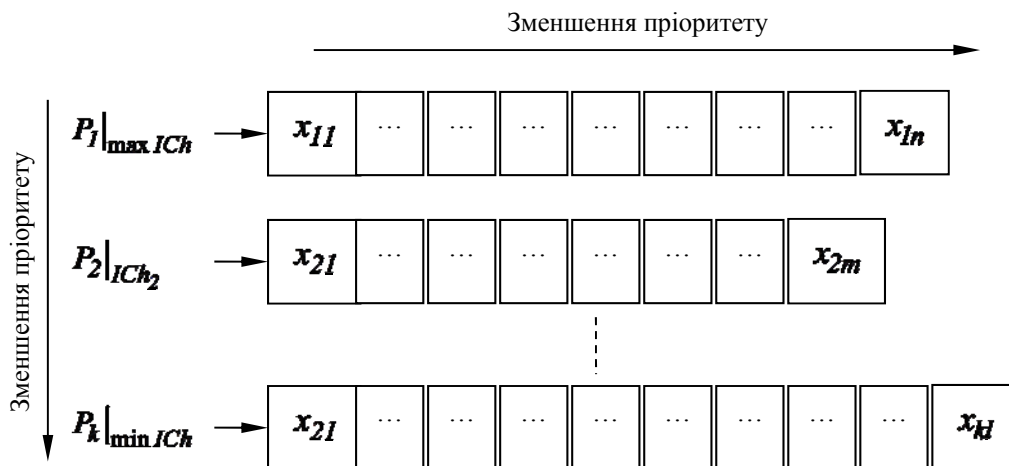


Рис. Черга обробки даних при гібридному розпізнаванні

3. Визначені граничні умови обробки даних складних систем на основі критеріїв систем реального часу. Обробка даних за багатопотоочною чергою здійснюється до моменту отримання апріорно заданого рівня достовірності розпізнавання, або до моменту спливання часу, відведеного на обробку, в системі «жорсткого» чи «м'якого» реального часу.

Література

1. Симанков В. С. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Монография (научное издание) / В. С. Симанков, Е. В. Луценко. – Краснодар: Техн. ун-т Кубан. гос. технол. ун-та, 1999. – 318 с.
2. Захожай О. І. Інформаційна технологія розпізнавання образів в задачах автоматизованої обробки інформації й управління складними системами / О. І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій», 2013. – № 01 (013). – С. 61–68.
3. Jain A. K. Statistical Pattern Recognition: A Review / A. K. Jain, R. P. W. Duin // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000. – vol. 22. – №1. – P. 4–38.
4. Симанков В. С. Синтез адаптивных АСУ сложными системами с применением моделей распознавания образов / В. С. Симанков, Е. В. Луценко // Автоматизация и современные технологии, 1999. – № 1. – С. 32–37.
5. Захожай О. И. Минимизация временной сложности в многокритериальных системах обработки информации / О. И. Захожай, В. В. Филимонцев // Журнал «Проблемы информационных технологий», 2014. – № 01 (015). – С. 161–166.
6. Рябенкий В. М. Комбіновані системи розпізнавання образів / В. М. Рябенкий, О. І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій», 2011. – С. 156–160.
7. Захожай О. І. Спільний аналіз інформаційних ознак у багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання образів / О. І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. – № 29 (105). – С. 78–86.
8. Захожай О. І. Критерії визначення інформативності та ранжування образів при прийнятті рішень в багатопараметричних комбінованих системах розпізнавання / О. І. Захожай // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2018. – № 27 (103). – С. 196–204.
9. Меняйленко О. С. Основи синтезу класифікаторів технічних систем розпізнавання образів з використанням моделей емоційних процесів людини / О. С. Меняйленко, О. І. Захожай // Науково-технічний журнал «Науковий вісник Національного гірничого університету», 2015. – № 1 (145). – С. 120–126.
10. Захожай О. И. Раздельный анализ информационных признаков в многопараметрических комбинированных системах распознавания образов / О. И. Захожай, А. С. Меняйленко, В. А. Лыфарь // Problemele Energeticii Regionale, 2019. – № 1-1 (40). – С. 60–68.
11. Захожай О. І. Підвищення достовірності розпізнавання об'єктів за умови наявності викривлень їхнього відображення у просторі образів / О. І. Захожай // Вісник ХНТУ, 2013. – №1 (46). – С.128–131.
12. Кочетков Д. В. Распознающие алгоритмы, инвариантные относительно преобразований пространства признаков / Д. В. Кочетков // Распознавание, классифика-

- ция, прогноз: Мат. методы и их применение, 1989. – Вып. 11. – С. 178–206.
13. Журавлёв Ю. И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания или классификации / Ю. И. Журавлёв // Проблемы кибернетики, 1978. – Вып. 33. – С. 5–68.
 14. Цыпкин Я. З. Основы информационной теории идентификации / Я. З. Цыпкин. – М.: Наука, 1984. – 520 с.
 15. Niemann H. Pattern recognition and image understanding / H. Niemann, Yu. Zhuravlev, I. Gourevitch, I. Laptev. – Amsterdam: IOS Press, 2000. – 340 p.
 16. Горелик А. Л. Методы распознавания. Изд. 2. / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – М.: Высшая школа, 1984. – 219 с.
 17. Барабаш Ю. Л. Коллективные статистические решения при распознавании / Ю. Л. Барабаш. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с.
 18. Вапник В. Н. Теория распознавания образов / В. Н. Вапник, А. Я. Червонекис. – М.: Наука, 1974. – 298 с.
 19. Зыль С. Н. QNX Momentics: основы применения / С. Н. Зыль. – СПб: БХВ-Петербург, 2005. – 256 с.
 20. Stankovic J. A. Real-Time Operating Systems / J. A. Stankovic // Real Time Computing, 1994. – vol. 127. – P. 65–82.
 21. Захожай О. І. Екстенціонально-інтенціональний підхід до синтезу інформаційних технологій автоматизованої обробки інформації і управління на базі багатопараметричних комбінованих систем розпізнавання образів / О. І. Захожай // Журнал «Проблеми інформаційних технологій», 2015. – № 02 (018). – С. 106–111.

References

1. Simankov V. S. Adaptive controlling of complex systems on theory of patterns recognition: Monography (scientific publication) / V. S. Simankov, E. V. Lutsenko. – Krasnodar: Techn. Univ. Kuban State Technol. Univ, 1999. – 318 p.
2. Zakhzhay O. I. Information technology of patterns recognition in tasks of automated information processing and complex systems controlling / O. I. Zakhzhay // Journal «Problems of information technologies», 2013. – № 01 (013). – P. 61–68.
3. Jain A. K. Statistical Pattern Recognition: A Review // IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence / A. K. Jain, R. P. W. Duin. – 2000. – vol.22. – №1. – P. 4–38.
4. Simankov V. S. Complex systems adaptive AMS synthesis with using the models of patterns recognition / V. S. Simankov, E. V. Lutsenko // Automation and Modern Technologies, 1999. – № 1. – P. 32–37.
5. Zakhzhay O. I. The time complexity minimization in multicriteria information processing systems / O. I. Zakhzhay, V. V. Filimontsev // Journal «Problems of information technologies», – 2014. – № 01 (015). – P. 161–166.
6. Ryabenskiy V. M. Combined systems of patterns recognition / V. M. Ryabenskiy, O. I. Zakhzhay // Journal «Problems of information technologies», 2011. – P. 156–160.
7. Zakhzhay O. I. Joint analysis of informational signs in multi-parametric combined patterns recognition systems / O. I. Zakhzhay // Electrotechnical and computer systems, 2019. – № 27(103). – P. 78–86.
8. Zakhzhay O. I. Criteria for the determination of informativity and patterns ranking for making decisions in multi-

- parametric combined recognition systems / O. I. Zakhochay // *Electrotechnical and computer systems*, 2018. – 27(103). – P. 196-204.
9. Menyailenko A. S. Synthesis fundamentals of classifiers for technical systems of patterns recognition with the use of human's models of emotional processes / A. S. Menyailenko, O. I. Zakhochay // *Science-technical journal «Scientific Bulletin of National Mining University»*, 2015. – № 1 (145). – P. 120–126.
 10. Zakhochay O. I. Separate Analysis of Informational Signs in Multi-Parametric Combined Patterns Recognition Systems / O. I. Zakhochay, A. S. Menyaylenko, V. A. Lyfar // *Problemele Energeticii Regionale*, 2019. № 1-1(40). – P. 60-68. DOI: 10.5281/zenodo.3239140
 11. Zakhochay O. I. Increasing of object's recognition authenticity for condition of their reflection distortions presence in patterns space. / O. I. Zakhochay // *Bulletin KhNTU*, 2013. – №1 (46). – P.128–131.
 12. Kochetkov D. V. Recognition algorithms that invariantly relatively signs space transformation / D. V. Kochetkov // *Recognition, classification, forecast: Math. methods and their using*, 1989. – Ed. 11. – P. 178–206.
 13. Zhuravlev Yu. I. About algebraic approach to recognition or classification tasks solving / Yu. I. Zhuravlev // *Problems of cybernetics*, 1978. – Ed. 33. – P. 5–68.
 14. Tsyppin Ya. Z. Base of information technology of identification. / Ya. Z. Tsyppin. – M.: Nauka, 1984. – 520 p.
 15. Niemann H. Pattern recognition and image understanding / H. Niemann, Yu. Zhuravlev, I. Gourevitch, I. Laptev. – Amsterdam: IOS Press, 2000. – 340 p.
 16. Gorelik A. L. Recognition methods. Ed. 2. / A. L. Gorelik, V. A. Skripkin. – M.: Vyshaya shkola, 1984. – 219 p.
 17. Barabash Yu. L. Collective statistic solving in recognition / Yu. L. Barabash. – M.: Radio i svyaz, 1983. – 224 p.
 18. Vapnik V. N. Theory of patterns recognition / V. N. Vapnik, A. Ya. Chervonenkis. – M.: Nauka, 1974. – 298 p.
 19. Zyl S. N. QNX Momentics: application basics / S. N. Zyl. – SPb: BHV-Peterburg, 2005. – 256 p.
 20. Stankovic J. A. Real-Time Operating Systems / J. A. Stankovic // *Real Time Computing*, 1994. – vol. 127. – P. 65–82.
 21. Zakhochay O. I. The extensional-intensional approach to the synthesis of information technology of automated data processing and management based on multiparameter combined recognition systems / O. I. Zakhochay // *Journal «Problems of information technologies»*, 2015. – № 02 (018). – P. 106–111.

Захожай О.И. Определение очереди обработки данных при гибридном распознавании.

Гибридное распознавание образов основано на обработке данных разной природы происхождения. Это позволяет получать достоверные классификационные решения при условии широкого изменения проявлений различных помех и искажений. Однако, такой подход приводит к значительному увеличению количества признаков, которые предоставляются для сопоставления и получения решения по классификации и, как следствие, приводит к значительному повышению временной сложности анализа и принятия окончательного решения. Этот аспект имеет особенное значение для систем критического применения, когда принятие решения должно осуществляться

в режиме реального времени, а задержка в получении результата аналогична отказу системы. Для исключения указанного недостатка, в любой момент времени, необходимо обеспечение обработки меньшего количества наиболее информативных данных. С этой целью, в статье предлагается метод построения многопоточной очереди обработки данных, в которой последовательность определяется по уровню информативности каждого признака. Обработка очереди позволяет обеспечить заданный уровень достоверности получения классификационного решения с одновременной минимизацией количества данных, которые предоставляются для сопоставления.

Ключевые слова: гибридное распознавание образов, методы принятия решений, ранжирование данных, достоверность распознавания, методы обработки данных.

Zakhochay O. The data processing queue definition in hybrid patterns recognition.

Hybrid pattern recognition is based on processing data of various origins. This allows to obtain reliable classification decisions provided that the manifestations of various interferences and distortions is vary widely. However, this approach leads to a significant increase in the number of signs that are presented for comparison and to obtain a classification decision and, as a result, leads to a significant increase in the time complexity of the analysis and final decision. This aspect has particular importance for critical application systems, when decision-making should be carried out in real time, and the delay in obtaining a result is similar to a system failure. To eliminate this drawback, at any time it is necessary to ensure the processing of a smaller amount of the most informative data. For this task solving, the article proposes a method for constructing a multi-threaded data processing queue in which the sequence is determined by the level of informational content of each sign. Queue forming is realized in two stages. First stage based on complex system's patterns ranking according with their stationary and nonstationary informativity characteristics. Stationary characteristics are defining the accuracy of signs registration's devices. Nonstationary characteristics takes into account the level of interferences and distortion environmental conditions for complex systems. Second stage allows carry out the ranking informational signs of each complex systems patterns. As result all signs of patterns are placed in queue by their changing level in compare with previous analysis circle. In summary, maximal priority in processing have complex systems patterns with maximum informativity characteristic and their signs, that got maximum changes from the previous data-processing stage. Processing a certain queue allows to provide a given level of reliability of obtaining a classification solution with one-time minimization of the amount of data that is submitted for comparison. Considering with separate patterns analysis and forming the individual ranking's sequences of signs, the queue optimized for multithreading data processing, when signs of any patterns are being processed in separate thread.

Keywords: hybrid pattern recognition, decision-making methods, data ranking, recognition accuracy, data processing methods.

Захожай О.І. – к.т.н., доцент, доцент кафедри програмування та математики Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, e-mail: zakhochay.oleg@gmail.com

Стаття подана 19.07.2019.

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2019-255-7-117-122>

УДК 668.811:668. 812.677.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОПЕРЕВОДНОГО ДРУКУВАННЯ З ПАПЕРУ НА ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З СИНТЕТИЧНИХ ВОЛОКОН

Вигоняйло О.І., Попов Є.В., Мороз О.В.

RESEARCH OF THERMAL TRANSFER PRINTING FROM PAPER TO TEXTILE MATERIALS FROM SYNTHETIC FIBERS

Vyhonailo A.I., Popov E.V., Moroz O.V.

Розглянуто фізико-хімічні та технологічні особливості перекладної термодруку, обрана оптимальна гамма дисперсних барвників для поліефірної тканини. Досліджено колористичні властивості 10 марок дисперсних барвників в умовах термопереводної друку, визначено вплив тривалості термообробки і концентрації барвників в друкарській фарбі на інтенсивність і стійкість накресок до фізико-хімічних впливів. Визначено коефіцієнти дифузії 10 марок дисперсних барвників при їх термопереході на поліестер в інтервалі температур (215 ± 5) °С і знайдена оптимальна тривалість термопереводу цих барвників з паперової підкладки на тканину з поліефірних ниток.

Ключові слова: барвники, термопереводної друк, коефіцієнти дифузії, колористична гама, друкарська фарба, накрески на папері і термопереводу з паперу на тканини з синтетичних волокон.

Вступ. Інтерес фахівців до переводного термодрукування і широкого впровадження цього методу в текстильній промисловості [1-5] обумовлено рядом переваг перед традиційному друкуванню, а саме: зниженням капітальних витрат на обладнання, збереженням виробничих площ, високою якістю виробів, а головне – практично повною відсутністю стічних вод, так як синтетичні поліефірні тканини після термопереводу з паперового рисунку не вимагають промивання; витрати води, як при прямому друкуванні, де на 1 кг тканини становить 25 дм³ води, при термопереводному друкуванні – до 2 дм³ і то лише для очищення термопресу.

Процес переводного термодрукування складається з двох етапів: друкування рисунку по папері для шпалер на шпалеродрукувальній машині або на газетному папері з подальшою операцією його термопереводу на синтетичні тканини – поліамідні (арт. 52203, арт. 52234), поліефірні (арт. 52252, арт. 52238, арт. 52140), лавсанові і поліацетатні під впливом високої температури (170-230°C). Основними факто-

рами, що визначають термоперевод барвника з паперового рисунку на поліефірну тканину, є: перехід барвнику при високої температурі внаслідок його дифузійної сорбції вглиб волокна. Так, порядок коефіцієнтів дифузії в умовах термодрукування становить від 10⁻⁹ до 10⁻⁸ см²/с, а величини енергії активації дифузії при цьому знаходяться в межах 85-175 кДж/кмоль.

Матеріали і результати дослідження. Термопереводу рисунку з паперу на текстильний матеріал може здійснюватися безперервним способом на спеціальному термокаландрі і періодичним – на термопресі. У термопрес з питомим навантаженням 35г/см² [1].

Дисперсні барвники для перекладного термодрукування повинні володіти рядом додаткових нетрадиційних властивостей: здатністю до сублимації і термостабільністю при температурі від 180°C до 220°C і вище; забезпечувати інтенсивні колористичні і міцні до фізико-хімічних дій забарвлення за проміжок часу від 15 до 45-60 с. Такими властивостями володіють органічні барвники, які містять неіонні полярні групи, наприклад, такі як -NO₂, -CN, -NH₂, -OH, CONH₂. Відбір барвників для переводного термодрукування зазвичай здійснюється емпіричним шляхом по швидкості переходу барвників з рисунку на папері на поліефірну тканину, по ступеню їх використання і дії оптимальної температури на конкретний артикул (марку) тканини.

На процес термопереводу барвника з паперового рисунку на поліефірну тканину (рис. 1) впливає згущувач фарби зі зв'язуючим, що входять до складу друкарської фарби для шпалер. Як видно з рис. 1, фарба, наприклад, на основі дисперсного барвника рожевого 2С п/е (п/е або п/а – означає «для поліефіру» або «для поліаміду» відповідно) при термопереводі на поліефірну тканину найкращими згущуючими і одночасно зв'язуючими властивостями в інтервалі температур 220°C і вище є сольвітоза

(карбоксиметилкрохмаль) і декстрин (продукт високотемпературної обробки картопляного або кукурудзяного крохмалю). Друкарські фарби з використанням в якості зв'язуючого і згущувача ефіру целюлози (наприклад карбоксиметилцелюлози) призводить до нерівномірного нанесення друкарської фарби на папір через підвищене піноутворення, яке може бути зменшено шляхом додавання до складу в невеликій кількості неіоногенного поверхнево-активної речовини, наприклад, стеарокса-6.

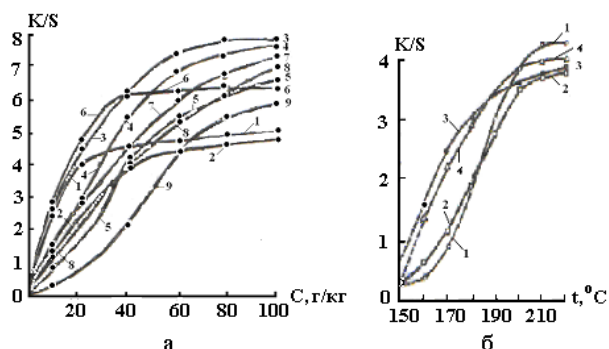


Рис. 1: а – Залежність інтенсивності забарвлення (K/S) на поліефірній тканині від концентрації барвника (C) в друкарській фарбі при однаковій тривалості дії температури в термопресі з дисперсними барвниками:

1 – жовтого 63 п/е; 2 – жовтого 53 п/е; 3 – жовтого 43 п/е; 4 – оранжевого 2Ч п/е; 5 – червоного Ж п/е; 6 – червоного п/е; 7 – фіолетового Ч п/е; 8 – рожевого 2С п/е; 9 – синього 5Ч п/е;

б – Вплив різних згущувачів в фарбі з дисперсним барвником рожевим 2С на інтенсивність (K/S) на поліефірній тканині після термопереходу при різних температурах з паперового рисунка впродовж 30 с:

1 – сольвітози (карбоксиметилкрохмалю); 2 – оксиетилцелюлози; 3 – карбоксиметилцелюлози (КМЦ); 4 – декстрину

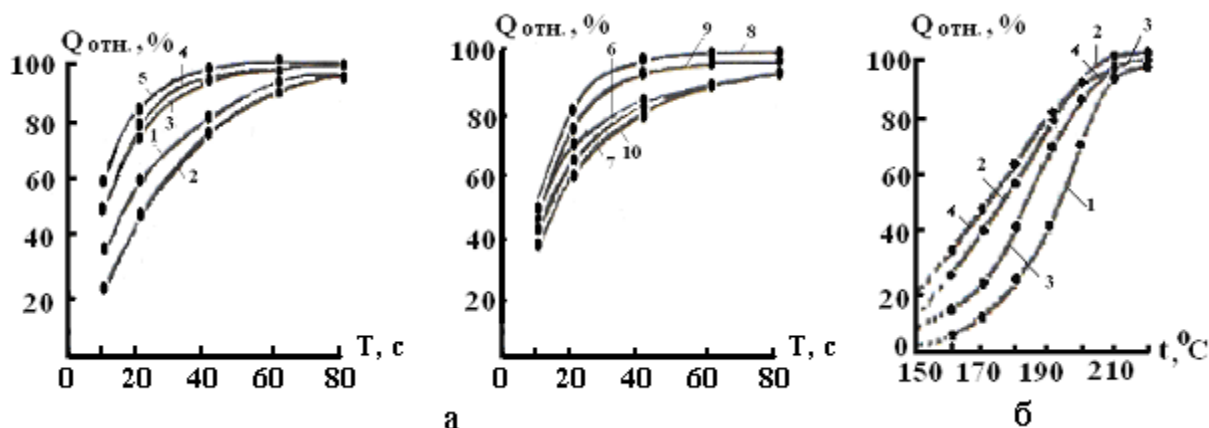


Рис. 2. Залежності термопереходу дисперсних барвників з надрукованого паперу на поліефірну тканину ($Q_{отн.}, \%$) від тривалості під термопресом при $t = (215 \pm 5)^\circ\text{C}$:

а – 1 – жовтого 63 п/е; 2 – жовтого 53 п/е; 3 – жовтого 43 п/е; 4 – оранжевого 2Ч п/е; 5 – червоного Ж п/е; 6 – червоного п/е; 7 – фіолетового Ч п/е; 8 – рожевого 2С п/е; 9 – синього 5Ч п/е; 10 – синього 3 п/е;

б – вплив температури ($t^\circ\text{C}$) на термоперехід ($Q_{отн.}, \%$) за однакою тривалістю ($T = 30$ с) з надрукованого паперу на поліефірну тканину дисперсних барвників:

1 – оранжевого 2Ч п/е; 2 – червоного Ж п/е; 3 – рожевого 2С п/е; 4 – синього 5Ч п/е

З наведеної залежності термопереходу ряду дисперсних барвників з рисунка на папері на поліефірну тканину від тривалості експозиції при $(215 \pm 5)^\circ\text{C}$ (рис. 2а, б), а також залежності температурного впливу (рис. 2в) при однаковій тривалості температурної дії на тканину з зафарбованим паперовим рисунком під термопресом. Високою ефективністю термопереходу з паперового рисунка на поліефірну тканину при однаковій температурі впливу (рис. 2а, б) володіють дисперсні барвники: червоний Ж п/е, оранжевий 2Ч п/е, жовтий 43 п/е, рожевий 2С п/е, синій 5К п/е.

Аналогічні результати виходять при високотемпературному впливі на паперовий рисунок з цими ж барвниками при температурному інтервалі $(210 \pm 10)^\circ\text{C}$ (рис. 2б) за однакою проміжок часу (30 с).

Причиною такої поведінки досліджуваних дисперсних барвників може бути відмінність їх в величинах дифузійних властивостей і сорбції при проникненні з паперового рисунку в тканину з поліестеру. Для розрахунку коефіцієнтів дифузії використовували спрощене рівняння Хіла [5] (1):

$$\frac{\tilde{N}_\tau}{\tilde{N}_\infty} = 1 - \hat{E} \cdot \hat{a} \frac{2,5 \cdot D \cdot \tau}{r^2}, \quad (1)$$

де: C_τ і C_∞ – концентрації дисперсного барвнику у волокні в момент часу (τ) при рівновазі, які виражені функцією (K/S) Кубелкі-Гуревича-Мунка; D – коефіцієнт дифузії, cm^2/c ; r – радіус нитки поліефірного волокна, см; K – константа, що залежить від радіуса волокна поліефірної тканини.

Таблиця 1

Деякі дисперсні моноазо- і антрахінонові термопереводні барвники для друкування рисунків з паперу на текстильні матеріали з поліефіру

№ п/п	Найменування термопереводного барвнику	Номер по Колор-Ін-дексу (К.І.) [6]	Коефіцієнт дифузії при (215±5)°С, Д·10 ⁻⁹ (см ² /с)	Структурна формула термопереводного синтезованого барвнику з виділених компонентів коксового газу і смоли після коксування кам'яного вугілля	*τ, с
1	Антрахіноновий жовтий 63 п/е	13	9,3		18
2	Моноазо-барвник жовтий 53 п/е	5	6,8		12
3	Барвник жовтий 43 п/е	64	14,4		9
4	Моноазобарв-ник оранже-вий 2Ч п/е	25	16,5		9
5	Моноазобарв-ник алий Ж п/е	100	15,4		8
6	Моноазобарв-ник алий п/е	50	12,3		11
7	Барвник антрахіноновий фіолетовий Ч п/е	1	8,4		13
8	Барвник антрахіноновий рожевий 2С п/е	60		10	
9	Барвник антрахіноновий синій 5Ч п/е	19	14,0		11
10	Барвник антрахіноновий синій Ч п/е	3	10,2		14
11	Барвник антрахіноновий синій 3 п/е	73	8,1		9

*Час половинного термопереходу барвника з паперового рисунка на поліефірну тканину при (215±5)°С

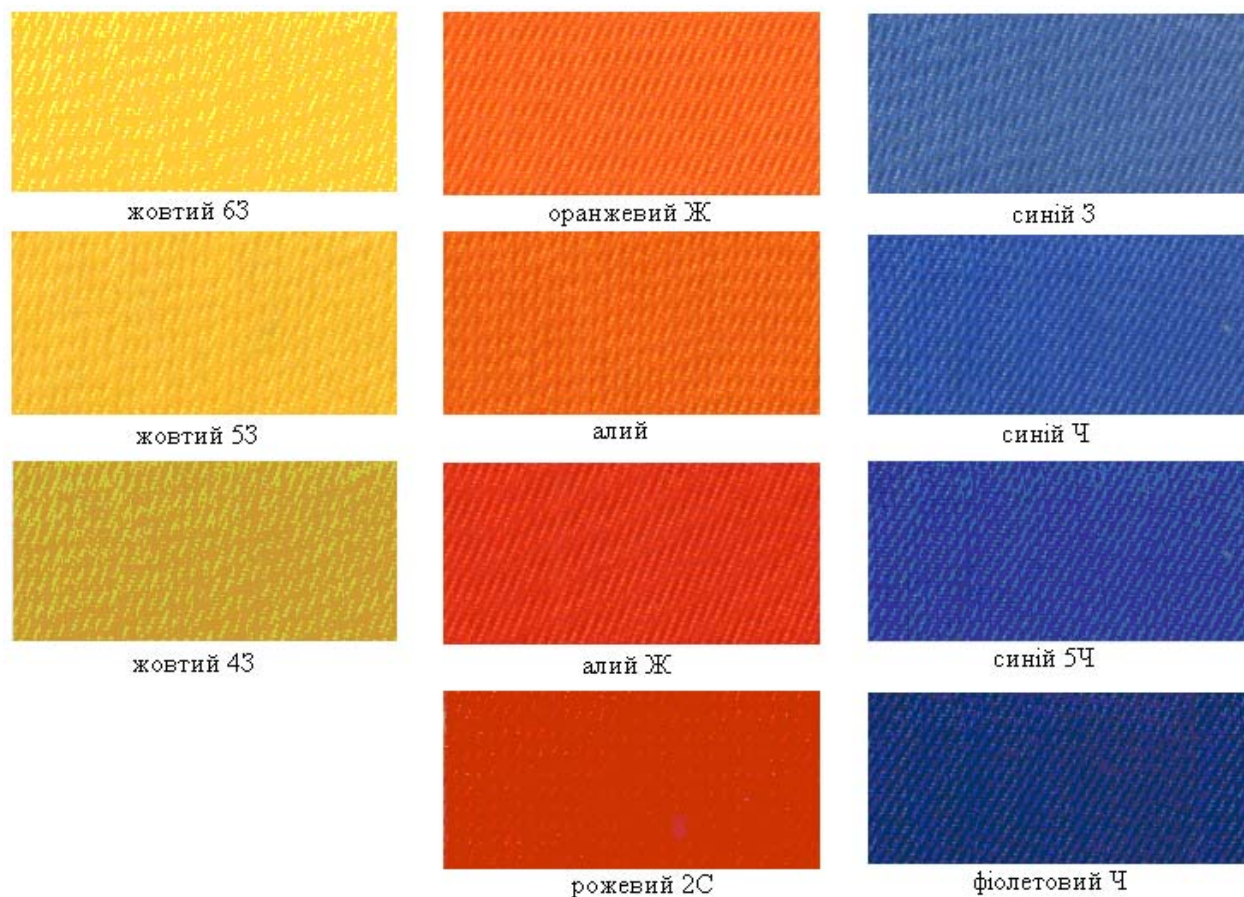


Рис. 3. Колір деяких синтезованих зразків термопереводних барвників

Після логарифмування рівняння (1) приймає вигляд рівності (2):

$$\lg\left(1 - \frac{C_\tau}{C_\infty}\right) = K \cdot e^{-\frac{2,5 \cdot D \cdot \tau}{r^2}} \quad (2)$$

Побудовані графіки залежностей в координатах $\lg\left(1 - \frac{C_\tau}{C_\infty}\right)$ від τ (рис. 3) являють собою прямі лінії з різними кутами нахилу. По розрахованій величині тангенса куту нахилу цих прямих ліній ($\operatorname{tg} \beta$), визначається коефіцієнт дифузії барвника, що сорбується у волокно конкретної поліефірної тканини з радіусом нитки (r) по рівнянню (3):

$$D = 0,4 \cdot r^2 \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (3)$$

Величини розрахованих коефіцієнтів дифузії дисперсних барвників з паперу вглиб поліефірного волокна (рис. 4) з поліефірної нитки при термопереводу наведені в табл. 1. Як видно з табл. 1, коефіцієнти дифузії дисперсних барвників у волокно тканини з поліефіру змінюються в діапазоні: від $6,8 \cdot 10^9$

$\text{см}^2/\text{с}$ для дисперсного жовтого 53 п/е до $16,5 \cdot 10^9$ $\text{см}^2/\text{с}$ для дисперсного оранжевого 2Ч п/е. Так, дисперсні барвники п оранжевого 2Ч п/е, червоного Ж п/е і рожевий 2С п/е характеризуються високими коефіцієнтами дифузії. Порівняно невеликою дифузійною здатністю сорбції в волокно поліефірної тканини мають такі дисперсні барвники як жовтий 53 п/е, жовтий 63 п/е, синій 3 п/е, фіолетовий Ч п/е.

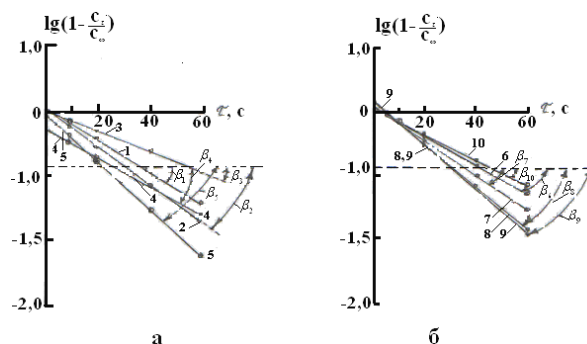


Рис. 4. Кінетичні ізотерми сорбції дисперсних барвників з поверхні рисунка надрукованого паперу поліефірною тканиною:

а – 1 – жовтого 63 п/е; 2 – жовтого 53 п/е;
3 – жовтого 43 п/е; 4 – оранжевого 2Ч п/е;
5 – червоного Ж п/е;

б – 6 – червоного п/е; 7 – фіолетового Ч п/е;
8 – рожевого 2С п/е; 9 – синього 5Ч п/е; 10 – синього 3 п/е

Таблиця 2

Показники стійкості термопереводних барвників до фізико-хімічних дій (бали) на тканині з поліефірних волокон

№ п/п	Найменування дисперсних моноазо- і антрахінонових барвників	Стійкість термопереводних барвників до фізико-хімічних дій на поліефірній тканині (в балах) по ДСТУ 9733					
		світло (ксенотест)	дистильована вода	мило, 40°C	«пот»	хім-чистка (ПХЕ)	тертя сухе
1	Жовтий 63 п/е	6-7	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	3
2	Жовтий 53 п/е	5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	3-4
3	Жовтий 43 п/е	7	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4
4	Оранжевий 2Ч п/е	5-6	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4
5	Алий Ж п/е	5-6	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4
6	Алий п/е	5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	3-4
7	Фіолетовий Ч п/е	5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	3
8	Рожевий 2С п/е	6	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4
9	Синій 5Ч п/е	6	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4
10	Синій 3 п/е	6	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	4-5/5/5	3-4

Аналіз отриманих результатів (рис. 1-3) показує, що вплив концентрації дисперсного термопереводного барвника в друкарській фарбі на інтенсивність рисунків з синтезованих барвників проявляється по різному. Так, в разі дисперсних барвників жовтого 63 п/е, жовтого 53 п/е і алого п/е збільшення концентрації в друкарській фарбі призводить лише до незначного зростання інтенсивності нафарбовування при термопереході, в той час як для барвників алого Ж п/е, червоного 5С п/е, рожевого 2С п/е, синього 5К п/е, синього 2 п/е наростання інтенсивності нафарбовування спостерігається аж до концентрації 100 г/кг в друкарській фарбі. При збільшенні концентрації в друкарській фарбі дисперсного оранжевого 2Ч п/е до 80 г/кг інтенсивність нафарбовування на поліефірній тканині помітно зростає, подальше збільшення кількості цього барвника в друкарській фарбі практично не впливає на інтенсивність нафарбовування. Дисперсні барвники жовтий 53 п/е і жовтий 43 п/е досягають максимальної інтенсивності нафарбовування при їх концентрації в друкарській фарбі 60 г/кг.

Всі досліджені дисперсні моноазо- і антрахінонові термопереводні барвники після термопереводу рисунка з паперу для шпалер на поверхню тканини з поліефірного волокна (табл. 2), мають досить високі показники (4-5 балів) стійкості до світла і світлопогоди, до мила, «поту», сухому і мокрому тертю, хімічного чищення перхлоретиленом (ПХЕ). З табл. 2 видно, що застосування в термопереводному друкуванні рисунків з фарбами на основі дисперсних моноазо- і антрахінонових барвників на тканині з поліефірних волокон забезпечує їх перенесення з паперу на поліефірну тканину з індексом «міцне друкування».

Для переводного термодрукування крім тканин з поліефірних волокон можуть бути використані і інші хімічні полімерні волокна, зокрема ацетатні, поліамідні (капрон), поліакрилонітрильні, поліетилентерефталатні (лавсан), а також поліефірні лаки, що попередньо нанесені, наприклад, на деревні заготовки.

Висновки

1. Розглянуто фізико-хімічні та технологічні особливості термопереводного друкування рисунку з паперу для шпалер на тканині з поліефірних волокон, обрана оптимальна колірна триадна гама дисперсних моноазо- і антрахінонових барвників. Вирішено важливу проблему створення науково обгрунтованої основи для розробки складу триадної фарби, що забезпечують сучасні вимоги підприємств текстильних виробництв.

2. Досліджено колористичні властивості прийнятних для термопереводного друкування 10 марок дисперсних моноазо- і антрахінонових барвників, визначено вплив тривалості термодії і концентрації барвників в складі друкарської фарби на інтенсивність і стійкість надрукованих зразків тканини до різних фізико-хімічних впливів.

3. Визначено коефіцієнти дифузії 10 марок дисперсних барвників, що входять в триаду друкарської фарби, в інтервалі температур (215±5)°C і знайдена оптимальна тривалість термопереводу для кожного конкретного барвника з паперового рисунку на тканину з поліефірних волокон. Розроблено промислово доступні способи одержання випускних форм з раніше синтезованих з компонентів коксового газу і смоли після коксування кам'яного вугілля барвників для термопереводного друкування.

Література

1. Вигоняйло О.І., Попов С.В., Мороз О.В. Синтез термопереводних моноазобарвників *ЛОГОС ОНЛАЙН*, 10-11232/1663-4139.02.05. – 2019. – № 2, жовтень. – С. 1-16; Синтез термопереводних антрахінонових барвників. *ЛОГОС ОНЛАЙН*, 10-11232/1663-4139.03.01. – 2019. – № 3, листопад. – С. 1-17.
2. Beck U., Bechmann W. Thermal printing issues. *Chemiefasern Textilindustrie*. – 1981. – № 5. – S. 410, 415-416; О переводном печатании тканей. – *Textilia*. – 1983, Bd. 59, № 1. – S. 23-32 (РЖХ, 1983, 14Т776).
3. Попов Е.В. та ін. Еколого-економічні основи технології утилізації і рекуперации промислових та побутових відходів в Україні та поводження з відходами Хмельницький. – *Авіст*. – 2011. – 300 с.

4. Попов Є.В. та ін. Термодрукування по нетканих поліефірно-бавовняних матеріалах / В кн.: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития «2010»». – Одесса (4-15 октября 2010 г.). – Т. 5. – С. 19-21.
5. Hall A.I. Text. Manuf. – 1974. – № 8.
6. Колор-Индекс-80. Том 1. Синтетические красители для текстильной промышленности. – Интерхим, Галле, ГДР. – 1980. – С. 649-714.

References

1. Вигоняйло О.І., Попов Є.В., Мороз О.В. Синтез термопереводних моноазобарвників ЛОГОС ОНЛАЙН, 10-11232/1663-4139.02.05. – 2019. – № 2, жовтень. – С. 1-16; Синтез термопереводних антрахінонових барвників ЛОГОС ОНЛАЙН, 10-11232/1663-4139.03.01. – 2019. – № 3, листопад. – С. 1-17.
2. Beck U., Bechmann W. Thermal printing issues. Chemiefasern Textilindustrie. 1981.– № 5. – S. 410, 415-416; About the transfer printing of fabrics. Textilia. – 1983, Bd. 59, No. 1. – S. 23-32 (RLC, 1983, 14T776).
3. Popov E.V. that in. Ecological and economic basics of technology utilization and recuperation of industrial and consumer inputs in Ukraine and the re-construction of the economy Khmeltsky. - Avist. - 2011. - 300 s.
4. Popov Є.В. that in. Thermofrucification on nonwovens of polypropylene-bavny materials / In the book: Collection of scientific papers on the materials of the International scientific-practical conference “Scientific research and their practical application. Current status and development paths “2010””. Odesa (October 4-15, 2010). - T. 5. - S. 19-21.
5. Hall A.I. Text. Manuf. – 1974. – No. 8.
6. Color-Index-80. Volume 1. Synthetic dyes for the textile industry. Ed. Interchem. –Halle, DDR. – 1980. – S. 649-714.

Вигоняйло А.І., Попов Є.В., Мороз А.В. Исследование термопереводной печати дисперсными красителями на текстильные материалы из синтетических волокон

Рассмотрены физико-химические и технологические особенности переводной термопечати, выбрана оптимальная гамма дисперсных красителей для полиэфирной ткани. Исследованы колористические свойства 10 марок дисперсных красителей в условиях термопереводной печати, определено влияние продолжительности термообработки и концентрации красителей в печатной краске на интенсивность и устойчивость на краску к физико-химическим воздействиям. Определены коэффициенты диффузии 10 марок дисперсных красителей при их термопереходе на полиэфирное волокно в интервале температур (215±5)°C и найдена оптимальная продолжительность термоперевода этих красителей с бумажной подложки на ткань из полиэфирных нитей.

Ключевые слова: красители, термопереводная печать, коэффициенты диффузии, колористическая гамма, печатная краска, наработки на бумаге и их термоперевод с бумаги на ткани из синтетических волокон.

Vygonyailo A.I., Popov E.V., Moroz A.V. Study of thermal transfer printing on synthetic fiber textile materials

The physicochemical and technological features of the transfer thermal printing are considered, the optimal range of dispersed dyes for the polyester fabric is selected. The coloristic properties of 10 grades of dispersed dyes were studied under thermal transfer printing, the influence of the duration of heat treatment and the concentration of dyes in printing ink on the intensity and resistance of the inks to physico-chemical effects was determined. The diffusion coefficients of 10 grades of dispersed dyes were determined during their thermal transition to polyester fiber in the temperature range (215 ± 5) ° C and found the optimal duration of thermal transfer of these dyes from a paper substrate to a fabric of polyester yarns. The results are given and the optimal value for understanding the pre-synthesis of dispersed monoazo- and anthraquinone barvic in the far-poly and poly-textile materials by the dry method - thermal transfer from the paper to the fabric. All available dispersed monoazo- and anthraquinone and thermal transfer barvniks can be used to transfer the pattern to the trellis on the surface of the fabric from the polyester fiber. chemical cleaning by perchlorethylene. Closing in thermal transfer patterns with farms on the basis of dispersed monoazo- and anthracone barbs on fabric with polyfiber fibers is safe because they are transferred from the folder to the polyfiber fabric with index “mice”. The values of the calculated diffusion coefficients of dispersed dyes from paper deep into the polyester fiber of polyester filament with thermal transfer have diffusion coefficients in the range: from 6.8·10⁻⁹ cm²/s to 16.5·10⁻⁹ cm²/s. Relatively small diffusion capacity of sorption into the fiber of polyester fabric has dark marks. The analysis shows that the effect of the concentration of thermal transfer dye in printing ink on the intensity of the drawings of the synthesized dyes is manifested in different ways. Increasing the concentration in the printing ink to 80 g/kg leads only to a slight increase in the intensity of coloring in the thermal transition. From the graph, which is a straight line with different angles, the magnitude of the tangent of the angle of these straight lines are calculated diffusion coefficients of dyes with polyester fabric.

Key words: dyes, thermal transfer printing, diffusion coefficients, color gamut, printing ink, ink on paper and thermal transfer from paper to fabric made of synthetic fibers.

Вигоняйло Олександр Іванович – здобувач ступеня к.т.н. при кафедрі вискомолекулярних сполук і екології інституту хімічних технологій (ІХТ) Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне)

Попов Євген Вадимович – д.т.н., професор, завідувач кафедри вискомолекулярних сполук і екології інституту хімічних технологій (ІХТ) Східно-Українського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне) e-mail: popov@iht.lg.ua

Мороз Олексій Валерійович – к.т.н. кафедри вискомолекулярних сполук і екології інституту хімічних технологій (ІХТ) Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне) e-mail: moroz_olg@mail.ru

Стаття подана 22.06.2019.

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 7 (255) 2019**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск

Кудрявцев С.О.

Оригінал-макет

Могильна О.В.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 17.12.2019 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 14,4. Обл.-вид. арк. 15,9.
Наклад 300 прим. Вид. № 3240. Заказ № 36. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Центральний 59-А
м. Северодонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com

Надруковано:
Відділ технічного обслуговування СНУ ім. В. Даля
Адреса: просп. Центральний, 59-а
м. Северодонецьк, 93400