

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 3 (244)
2018**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєверодонецьк 2018

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 3 (244) 2018

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
ЗАСНОВАНО У 1996 РОЦІ
ВИХІД З ДРУКУ - ВІСІМНАДЦЯТЬ 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

№ 3 (244) 2018

THE SCIENTIFIC JOURNAL
WAS FOUNDED IN 1996
IT IS ISSUED EIGHTEEN 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, економічних та історичних наук відповідно.

ISSN 1998-7927

Головна редакційна колегія:

Поркуян О.В., докт. техн. наук (головний редактор),
Голубенко О.Л., член-кор. Академії педагогічних наук,
докт. техн. наук (заступник головного редактора),
Марченко Д.М., докт. техн. наук (заступник головного
редактора),
Бузько І.Р., докт. екон. наук, (заступник головного
редактора),

Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Рач В.А., докт. техн. наук,
Рязанцев О.І., докт. техн. наук,
Смолій В.М., докт. техн. наук,
Соколов В.І., докт. техн. наук,
Стенцель Й.І., докт. техн. наук,
Суворін О.В., докт. техн. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,
Харламов Ю.О., докт. техн. наук,
Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблоцька І.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І., докт. екон. наук,
Овчаренко Є. Ю., докт. екон. наук,
Д'яченко Ю.Ю., докт. екон. наук,

Koško A., zw., dr. hab,
Бровендер Ю.М., докт. іст. наук,
Бут О.М., докт. іст. наук,
Дацків І.Б., докт. іст. наук,
Дефорж Г.В., докт. іст. наук,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Залізняка Л.Л., докт. іст. наук,
Запорожченко Ю.В., докт. іст. наук,
Коропченко А.А., докт. іст. наук,
Кривоконь О.Г., докт. іст. наук,
Литвиненко Р.О., докт. іст. наук,
Михайлюк В.П., докт. іст. наук,
Моця О.П., член-кор. НАН України, докт. іст. наук,
Отрощенко В.В., докт. іст. наук,
Пекарчук В.М., докт. іст. наук,
Пилипчук О.Я., докт. біол. наук,
Тригуб О.П., докт. іст. наук,
Сапицька О.М., канд. іст. наук,
Фомін А.В., канд. іст. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян Г.А., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., докт. хім. наук,
Потапенко Е.В., докт. хім. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук

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

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол №8 від 24.06.2018 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2018
© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2018

ЗМІСТ

Баранов І.О. ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ПРОМИСЛОВИМ ГІДРОТРАНСПОРТОМ.....	7
Блінова Н. К., Кравченко О.В. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	14
Бродский А.Л. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИМЕРОВ И КОНТРИМЕРОВ В ПРЕПОДАВАНИИ МАТЕМАТИКИ	20
Булгакова І.В. ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ РОЗРОБКИ 3D-ТУРІВ СОЦІАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ МІСТА БАХМУТ	23
Гликіна І.М., Гликін М.А., Кудрявцев С.А. МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЯ.....	27
Голубева С.М., Морнева М.О. АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕПНЫХ КОНВЕЙЕРОВ	33
Демчук І.М., Столярченко Г.С. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ГІДРАЗИНУ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ РЕАКТОРІ З КОНДЕНСАТИВ СОКОВОЇ ПАРИ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ	37
Дьомін Р.Ю. РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ШВИДКІСНОГО ВАГОНА	44
Жидков А.Б., Шевкун Р.Ю., Литовка Я.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В КОМУНАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ	49
Забірко І.І., Кудрявцев С.О., Леоненко С.В. ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАТАЛІЗАТОРА НА КРЕКІНГ МАЗУТУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ	55
Золотарьова О. В. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖІННЯ ХІМІЧНО ОСАДЖЕНОЇ КРЕЙДИ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ	59
Коваленко Н. П. УПАКОВКА НУКЛООНОВ В ЯДРАХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	63
Масуд Абдо-Аллах , Шипидченко М.В., Попов Е. В., Кульгіна З.П., Исак А. Д. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ АЛКОГОЛИЗА НА ОСНОВЕ 6-МЕТИЛУРАЦИЛ-5-СУЛЬФОХЛОРИДА И СПИРТОВ.....	68
Мищенко С.О., Глікіна І.М., Глікін М.А. СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СКЛОВІСНИХ ВІДХОДІВ В РОЗПЛАВІ ТЕПЛОНОСІЯ	74
Москалик В. М., Карпюк Л. В. О ВЛИЯНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В СЛОЕ ОРОШАЕМОЙ НАСАДКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАССООБМЕНА В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ.....	78
Небеснюк О.Ю., Никонова А.А., Хрипко С.Л., Никонова З.А. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И СОЗДАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ КОНТАКТНЫХ СИСТЕМ	83
Пасічник А.М., Кутирев В. В., Мірошніченко С. В. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ	89

Полупан Ю.В., Полупан Є.В. ОДИН ІЗ СПОСОБІВ ДОСТУПУ ДО GOOGLE DRIVE БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ АВТОРИЗАЦІЇ	99
Рейдемейстер А. Г., Шикунів А. А. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	103
Шорохов М.М., Суворін О.В., Казаков В.В., Ожередова М.А. ВПЛИВ НАДЛИШКУ ОСАДЖУВАЧА НА ОЧИЩЕННЯ Cr ⁶⁺ ВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	109
Philips T.C, Kudryavtsev S.A, Glikin I M, Korol D. SYNTHESIS OF DIISOPROPYL ETHER VIA CATALYTIC DEHYDRATION OF ISOPROPANOL USING THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANOCATALYSIS	113
Харламов П.О., Харламова О.М. КЕРУВАННЯ РОЗВИТКОМ МЕЗОЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ	120
Шапкін В.П., Парамонова Л.М., Мороз О.В., Бушуєв А.С. ВЛАСТИВОСТІ ГАЛОГЕНАНТРАХІНОНІВ В СИНТЕЗІ БІАРИЛІВ ДЛЯ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ БАРВНИКІВ ТА ПІГМЕНТІВ	124
Шведчикова І.О., Шевченко О.І., Нікітченко І.В. АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО УСУНЕННЯ МАГНІТНИХ ЗАВАД ПРИ ФЕРОЗОНДОВОМУ КОНТРОЛІ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР.....	130
Шевченко В.А. АЛГОРИТМ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	136

CONTENTS

Baranov I. FORMATION OPTIMIZATION MODEL SELECTING PARAMETERS TRANSPORTATION OF WATER-COAL FUEL BY INDUSTRIAL HYDRO TRANSPORT.....	7
Blinova N. K., Kravchenko A.V. MODERN PROBLEMS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT AND WAYS TO SOLVE THEM.....	14
Brodskiy A.L. THE USE OF EXAMPLES AND COUNTEREXAMPLES IN THE TEACHING OF MATHEMATICS.....	20
Bulhakova I. TECHNOLOGY AND METHODS OF DEVELOPMENT OF 3D-TOURS OF SOCIAL OBJECTS THE TOWN IS BAKHMUT.....	23
Glikina Irene M., Glikin Marat A., Kudryavtsev Sergey A. METHOD OF CREATION OF THE COMPUTER'S MODEL OF CARRYING OUT THE CATALYTIC PROCESS OF STEAM COAL CONVERSION.....	27
Golubieva S.M, Morneva M.O. ANALYSIS OF INDICATORS FOR EVALUATION OF THE CONTROL SYSTEM FOR THE ACTUATORS OF INDUSTRIAL CHAIN CONVEYERS.....	33
Demchuk I.M., Stolyarenko G.S. STUDIES OF THE PROCESS OF SYNTHESIS OF HYDRAZINE IN AN ELECTROMAGNETIC REACTOR WITH CONDENSATES OF JUICE VAPOR PRODUCTION OF UREAS.....	37
Domin R. CALCULATED ESTIMATION OF DYNAMIC INDICATORS OF A HIGH-SPEED WAGON.....	44
Zhydkov A.B., Shevkun R.Yu., Litovka Y.O. THE RESEARCH OF ENERGY CONSUMPTION IN PUBLIC UTILITIES.....	49
Zabirko I.I., Kudryavtsev S.O., Leonenko S.V. INFLUENCE OF CATALYST CONCENTRATION ON CRACKING OF FUEL OIL ON THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANOCATALYSIS.....	55
Zolotarova O. V. INVESTIGATION OF THE CONDITIONS FOR THE PRODUCTION OF CHEMICALLY PRECIPITATED CHALK OF HIGH PURITY.....	59
Kovalenko N. P. PACKAGING OF NUCLEONS IN THE NUCLEI OF CHEMICALS ELEMENTS.....	63
Abdo-Allah M., Shypidchenko M., Popov Ye., Kulyhina Z., Isak A. RESEARCH OF THE ALCOHOLIC REACTION BASED ON 6-METHYLURACYL-5-SULFOCHLORD AND ALCOHOLS.....	68
Mishenko Sergey.A., Glikina Irene M., Glikin Marat A. CREATION OF THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF GLASS OF CONTAINING WASTES IS IN FUSION OF THERMAL CARRIER.....	74
Moskalyk V. M., Karpyuk L. V. INFLUENCE OF THE HYDRODYNAMIC SITUATION IN IRRIGATING PACKING LAYER ON THE EFFICIENCY OF THE MASS TRANSFER IN THE GAS PHASE.....	78
Nebesniuk O.Y., Nikonova A.A, Khripko S.L., Nikonova Z.A. PERSPECTIVE DIRECTIONS OF PHOTOELECTRIC TRANSFORMES AND CREATION OF QUALITY CONTACT SYSTEMS.....	83
Pasichnyk A.M., Kutryev V.V., Miroshnichenko S.V. ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES OF IMPLEMENTATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE MANAGEMENT SYSTEMS.....	89
Polupan J., Polupan E. ONE OF THE WAYS OF ACCESS TO GOOGLE DRIVE WITHOUT USING THE AUTHORIZATION.....	99

Reidemeister A. G., Shykunov O. A. INFLUENCE OF SPRING SUSPENSION PARAMETERS ON THE DYNAMIC LOADING OF CAST PARTS OF FREIGHT WAGON BOGIES	103
Shorokhov M.N., Suvorin O.V., Kazakov V.V., Ozheredova M.A. INFLUENCE OF THE PRECIPITATOR ON THE PURIFICATION OF Cr ⁶⁺ -CONTAINING WASTE WATER FROM INDUSTRIAL FACTORIES	109
Philips T.C, Kudryavtsev S.A, Glikin I M, Korol D SYNTHESIS OF DIISOPROPYL ETHER VIA CATALYTIC DEHYDRATION OF ISOPROPANOL USING THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANOCATALYSIS.....	113
Kharlamov P., Kharlamova O. DEVELOPMENT MANAGEMENT OF THE MESOLOGISTIC SYSTEM OF ROLLING STOCK MAINTENANCE	120
Shapkin V., Paramonova L., Moroz A., Bushuev A. THE PROPERTIES HALOGENANTHRAQUINONES IN THE SYNTHESIS BIARILS FOR POLYCYCLIC DYES AND PIGMENTS.....	124
Shvedchykova I.O., Shevchenko O.I., Nikitchenko I.V. ANALYSIS OF APPROACHES TO REMOVING OF MAGNETIC INTERFERENCE UNDER FLUXGATE TESTING OF AXES OF WHEEL PAIRS.....	130
Shevchenko V. SHIPS ELECTRICAL POWER SYSTEMS' PARAMETERS FAST MEASUREMENT ALGORITHM	136

УДК 621.924.93

ФОРМУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА ПРОМИСЛОВИМ ГІДРОТРАНСПОРТОМ

Баранов І.О.

FORMATION OPTIMIZATION MODEL SELECTING PARAMETERS TRANSPORTATION OF WATER-COAL FUEL BY INDUSTRIAL HYDRO TRANSPORT

Baranov I.

Виконано аналіз функціонування різних гідротранспортних систем промислових підприємств України та розвинених країн. Формалізована оптимізаційна модель вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства, що дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива. Визначено оптимальний порядок транспортування водовугільного палива до пунктів споживання на маршруті обраної транспортної мережі. Оптимізована топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання водовугільного палива і оптимізацією наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування визначені діаметри трубопроводів елементів промислової гідротранспортної системи. Виконано аналіз і порівняння результатів отриманих при впровадженні промислової гідротранспортної системи для транспортування водовугільного палива. Виконано порівняння загальних капітальних та експлуатаційних витрат на транспортування водовугільного палива в залежності від варіанту гранулометричного складу і обраної схеми транспортування.

Ключові слова: водовугільне паливо, транспортування, оптимізаційна модель, транспортна мережа, топологія, витрати енергії, гідротранспорт.

Вступ. Сталий розвиток паливно-енергетичного комплексу України тісно пов'язаний з використанням альтернативних видів палива, які є найбільш доцільними і економічно ефективними для енергетики країни. Найбільш перспективним напрямком розвитку вугільних технологій в Україні, є використання водовугільних суспензій (ВУС) в якості альтернативного виду палива для потреб теплоенергетичного комплексу України.

Водовугільне паливо (ВВП) широко використовується в таких країнах як Китай, США,

Росія, Італія, Швеція, Японія та Канада. Промислові гідротранспортні системи (ГТС) які використовуються для транспортування ВВП мають широкий спектр застосування: енергетика, металургія, виробництво будматеріалів, хімічна промисловість. Споживачами ВВП можуть бути як малі, середні, так і великі промислові підприємства, підприємства теплової енергетики та вугледобувного комплексу: шахти і збагачувальні фабрики. Промислові ГТС (ПГТС) можуть бути транспортними артеріями паливно-енергетичних або паливно-металургійних комплексів, постачати ВВП на опалювальні, опалювально-виробничі та виробничі котельні на території підприємства.

В Україні існує досвід експлуатації ПГТС для транспортування ВВП до об'єктів виробничого призначення. Реалізовано проект транспортування ВВП на території підприємства вугледобувного комплексу. Існують безліч проектів використання ПГТС для транспортування ВВП до об'єктів підприємства («ДТЕК Добропіллявугілля»), які на сьогоднішній день припинені.

Необхідність транспортування ВВП в ГТС промислових підприємств характеризується значним економічним ефектом, що досягає 3-х млн. грн. на рік.

Транспортування ВВП альтернативними трубопровідному видами транспорту в масштабах промислового застосування не представляється можливим через специфічні властивості висококонцентрованого ВВП як вантажу і відсутності спеціальних транспортних засобів універсальних видів транспорту України, апробованих під його перевезення.

Зниження кількості енергії, що споживається промисловим транспортом, необхідно, оскільки саме на його функціонування витрачається основна

частина продукції нафтовидобувних і нафтопереробних підприємств, а також значна частина електроенергії.

Постановка проблеми. В результаті виконання аналізу функціонування різних ГТС промислових підприємств України та розвинених країн було встановлено, що існуючі технології транспортування висококонцентрованого ВВП не враховували особливості технології його транспортування в ПГТС з точки зору властивостей вихідного вугілля і не враховували дотримання раціональних пропорцій різних фракцій гранулометричного складу ВВП. Витрати електроенергії на його транспортування при цьому перевищували розрахункові в 1,5-2 рази (67%). Складнощі функціонування ПГТС полягали у відсутності визначеного критерію для гранулометричного складу висококонцентрованого ВВП і рекомендацій його отримання, який забезпечить мінімальні витрати електроенергії на його транспортування та необхідну седиментаційну стійкість [1,2,3,4].

Відсутність достатньо точного методу і моделі визначення параметрів транспортування ВВП в ГТС промислових підприємств значно ускладнює процес транспортного обслуговування споживачів ВВП.

Таким чином, проблема підвищення ефективності транспортування висококонцентрованого ВВП в ГТС промислового підприємства є актуальною і потребує свого вирішення [1,12].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час накопичено значний досвід, створена наукова база і розроблені методи підвищення ефективності транспортування ВВП. Вагомий внесок у створення науково-методичного забезпечення та вирішення зазначених завдань внесли роботи зарубіжних вчених EERC у США, Cape Breton Development Corporation в Канаді, Snamprogetti в Італії, Salzgitter у Німеччині, AB Carbolgel у Швеції, Elfsoilaize у Франції, Japan COM, JGC та Nissho Iwai Coal Corp. в Японії, Janri CWM Corp. у Китаї, ФГАОУ ВПО, ЗАО НПП «Сибэкотехника», СФУ у Росії. Значний внесок у розвиток «ВВП-технологій» в Україні внесли вчені ІГТМ НАН України, ДНТУ, НВО «Хаймек», СНУ ім. В. Даля, ІВЕ НАН України, УкрНДГідровугілля, ІНФОУ НАН України та ІКХіХВ НАН України та інші

Мета статті. Метою роботи є формалізація оптимізаційної моделі вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства, що дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива.

Результати досліджень. Для вирішення економічно і екологічно привабливого проекту по переведенню необхідного обладнання на ВВП в рамках підприємства «ДТЕК Добропіллявугілля» необхідно організувати транспортування ВВП промисловим гідротранспортом від пункту

відправлення до споживачів. Найбільш доцільно розмістити один пункт відправлення ВВП. Завдання зводиться до мінімізації витрат на транспортування.

При виборі варіанту транспортування ВВП між пунктом відправлення і споживачами підприємства, першим варіантом А1 є тільки променеве з'єднання пункту відправлення з кожним з пунктів споживання. Варіант А2 - це комбінація променевого з'єднання пункту відправлення з пунктом споживання і послідовного з'єднання. В результаті вирішення транспортної задачі необхідно визначити оптимальну схему транспортування ВВП і визначити оптимальні параметри роботи гідротранспортної системи підприємства (діаметри трубопроводів, параметри транспортних насосів, швидкості транспортування і втрат тиску на ділянках транспортної мережі) [5,6].

На першому етапі необхідно визначити оптимальну схему транспортування ВВП (топологію транспортної мережі) з урахуванням розміщення пунктів споживання, відстаней і потреб підприємства. Оптимізувати наведені сумарні витрати на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування і визначити діаметри трубопроводів елементів ПГТС.

Визначення оптимального порядку транспортування ВВП до пунктів споживання на маршруті обраної транспортної мережі було виконано за допомогою алгоритму Прима і методу "гілок і меж", застосування якого дозволяє визначити найкоротші відстані між пунктами, що включаються в один маршрут (принцип мінімального остовного дерева) [7,8,9].

Представлення графа (рис.1.) було виконано за допомогою матриці суміжності. Алгоритм Прима (найближчого сусіда) для побудови мінімального остовного дерева представлений в роботах [8, 10,11,].

В результаті топологія вершин, ребер і відстаней має вигляд:

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\};$$

$$E_X = \{\{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 4\}, \{4, 6\}, \{6, 5\}\};$$

$$E_L = \{\{500\}, \{2500\}, \{6100\}, \{300\}, \{2100\}\},$$

Загальна довжина маршруту складає 11500м. Опір залежить від швидкості транспортування ВВП по наступній залежності [1,12]:

- для гранулометричного складу ВВП №3:

$$i_{50(3ep)} = 387,54v^2 + 2053,41v - 6,1 \text{ Па} / \text{м} \quad (1)$$

де i_{50} – питомий опір трубопроводу діаметром 50мм.; $i(D)$ для 3-го гранулометричного складу:

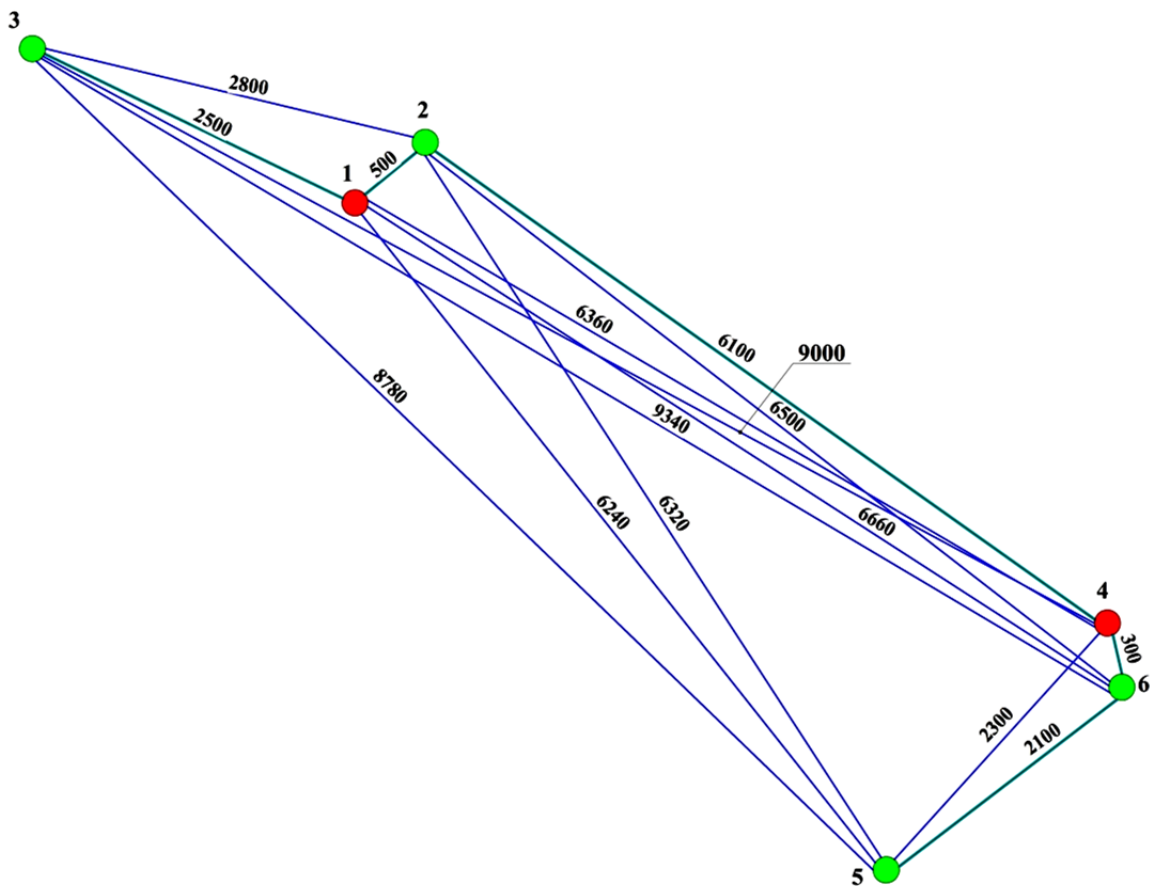


Рис. 1. Схема транспортної мережі підприємства: 1-6 - споживачі ВВП; 1 пункт відправлення ВВП

$$i(D) = a + \frac{b}{D} + \frac{c}{D^2} + \frac{d}{D^3} \frac{Pa}{m}; \quad (2)$$

Число насосів m визначається в залежності від сумарної подачі g споживачам:

$$a = -0,00285; b = 0,01146; c = 0,0019096; d = 1,2167 \cdot 10^{-6}$$

$$m = \frac{\sum_{j=1}^g Q_j}{Q_{K,l}}, \quad (4)$$

Таким чином, при збільшенні діаметра трубопроводу зменшується швидкість транспортування ВВП і знижується опір ділянки трубопроводу, яка з'єднує пункт відправлення (ПВ) і споживача або двох споживачів.

де $Q_{k,l}$ - подача 1-го насоса на $K(l)$ - ому ПВ ВВП.

Витрати потужності (електричної) на прокачування по i -му трубопроводу:

Функція мети складається з капітальних і експлуатаційних витрат:

$$N_{Tij} = \frac{l_{ij} \cdot i_{Dij} \cdot Q_{ij}}{3600 \cdot \eta_n}, \text{ Вт} \quad (3)$$

$$C(x, d, y) = \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K X_{ij} L_{ij} d_{ij} \cdot e(d_{ij}) + C_H(Q_{\max}, i_{\max}) + \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K \frac{X_{ij} L_{ij} B(C^y, \Xi^y, V^y, A^{d^y}) \cdot Q_{ij} \cdot 365 \cdot 24}{3600 \cdot \eta_n} \cdot C_{el} \rightarrow \min \quad (6)$$

де l_{ij} - довжина з'єднувального трубопроводу (ділянки між споживачами або між ПВ і споживачем); i_{Dij} - опір трубопроводів різних діаметрів по ділянках ГТС; Q_{ij} - необхідна витрата ВВП, м³/год.; η_n - ККД насосу ($\eta_n = 0,65$).

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^K \sum_{j=2}^K X_{ij} L_{ij} B(C^y, \Xi^y, V^y, A^{d^y}) \leq P_{nac} \\ \sum_{i=1}^K Q_i \leq Q_{nac} \end{cases}$$

де X_{ij} - топологія, отримана в результаті вирішення матриці суміжності графа (рис.1.); L_{ij} - суміжна матриця довжин (розрахунок) між пунктами мережі;

d_{ij} - діаметр сегмента (ребра); e - узагальнена функція вартості прокладки трубопроводу і вартості труби (до 1 м.п. труби) залежно від діаметра; $C_H(Q_{\max}, i_{\max})$ - функція вартості транспортного насоса в залежності від продуктивності та робочого тиску; $B(C, \Xi, V, A^d)$ - опір транспортної мережі (визначається за рівнянням регресії (1,2) - варіюється в залежності від діаметру трубопроводу); K - кількість вершин споживачів ВВП; $Q_{\text{нас}}$ - обмеження по продуктивності насоса; $\sum_{i=1}^K Q_i$ - сумарна потреба в ВВП, м³/год.; $P_{\text{нас}}$ - граничний робочий тиск насоса, Па.; $C_{\text{ел}}$ - ціна одного кВт · год електроенергії.

Витрати на трубопровід: $\sum C_{\text{тр}} = \sum C'_{\text{трху}} \cdot L_{\text{ху}}$,

де $C'_{\text{трху}}$ - ціна 1 п.м. трубопроводу обраного діаметру.

Виходячи з потреби ВВП ($Q_{\Sigma \text{ВВП}} = 50,4 \text{ м}^3 / \text{год}$) і параметрів транспортної мережі було обрано 2 транспортних насоса НП-100 з продуктивністю 30 м³/год і граничним робочим тиском $P_{\text{нас}} = 1,5$ МПа. загальною вартістю 430 тис.грн.

В результаті вирішення транспортної задачі і формування оптимізаційної моделі вибору параметрів транспортування ВВП до пунктів споживання підприємства «ДТЕК Добропіллявугілля» була оптимізована топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання ВВП і оптимізацією наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання,

електричної енергії на транспортування визначені діаметри трубопроводів елементів ПГТС. Результати оптимізації представлені на рис. 2-3.

В якості прикладу на рис.2. представлені результати визначення оптимального діаметра трубопроводу, на ділянці 2-4, протяжністю 6100м, при порівнянні сумарних витрат на його спорудження і витрат електроенергії на транспортування ВВП. Оптимальний діаметр трубопроводу склав 182мм. з урахуванням існуючих ДСТУ на сортамент сталевих труб з товщиною стінок 6мм. Оптимальні діаметри трубопроводу склали: на ділянках 1-2 = 207мм; 1-3 = 121мм; 2-4 = 182мм; 4-6 = 121мм; 6-5 = 121мм. Оптимізація проводилася з урахуванням зниження загальної витрати потоку ВВП в процесі його транспортування між пунктом відправлення і всіма пунктами споживання по черзі, по загальному трубопроводу, зменшуючи діаметри труб по ділянках мережі.

Як показують результати дослідження (рис. 4.) Використання гранулометричного складу ВВП № 0, запропонованого в роботі (з критерієм бімодальності $\Gamma_1/\Gamma_2=2,45$), дозволяє знизити витрати електроенергії на його транспортування в ГТС підприємства на 86,13 тис.грн/рік. в порівнянні з гранулометричним складом №5, який був обраний довільно як вихідний. При цьому топологія транспортної мережі включає ребра X = 1-2; 1-3; 2-4; 4-6; 6-5, загальна протяжність транспортної мережі складає 11500м. (рис.1.).

В результаті використання послідовної схеми транспортування ВВП, загальна вартість укладання трубопроводу знизилася на 893,89 тис.грн. в порівнянні з променевою схемою.

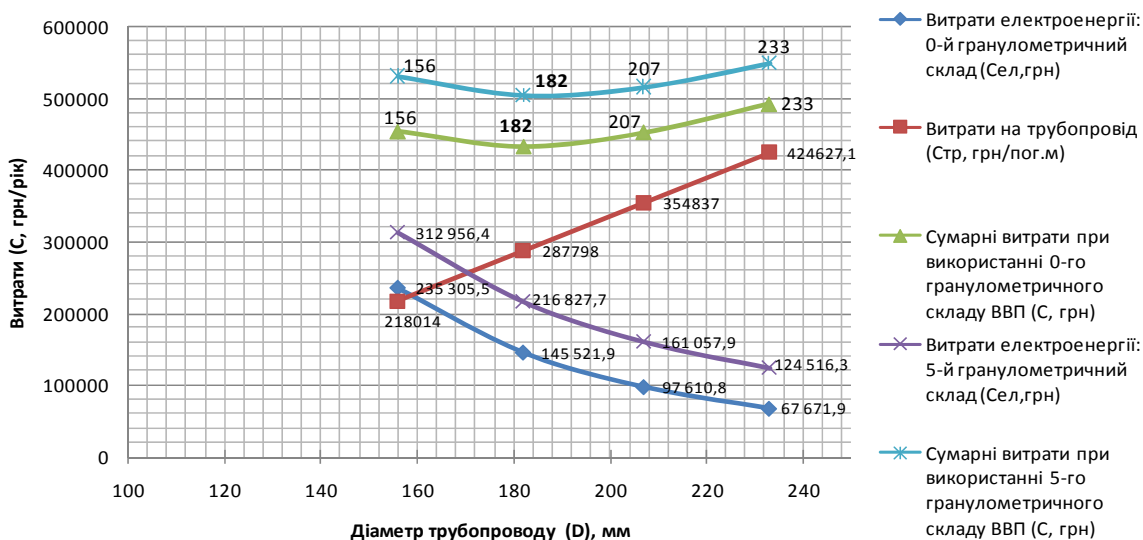


Рис. 2. Залежність витрат на спорудження трубопроводу і транспортування ВВП від діаметра трубопроводу і варіанту гранулометричного складу

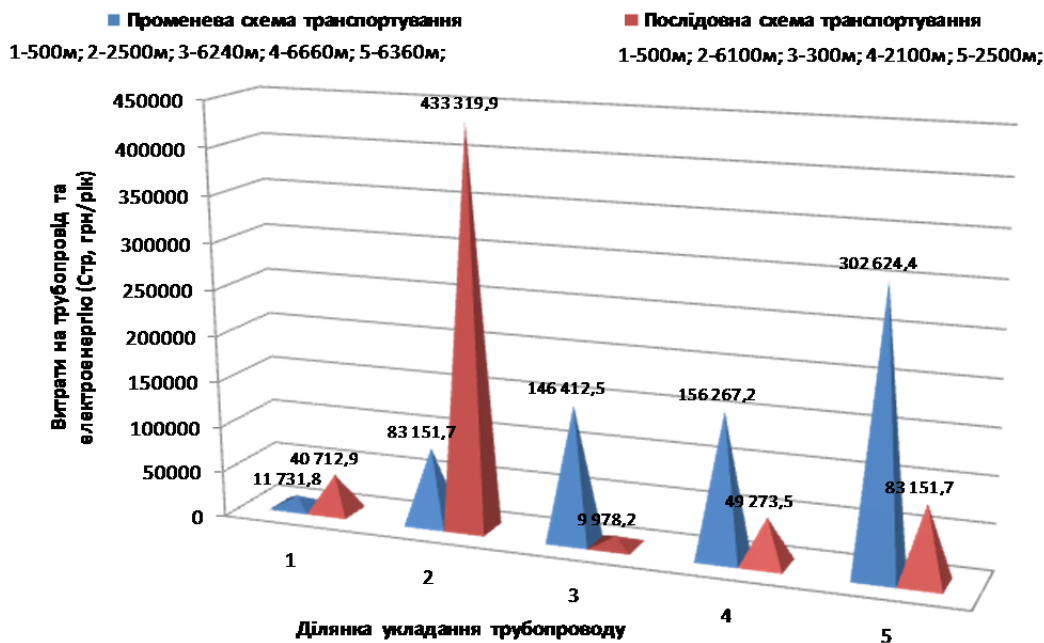


Рис. 3. Порівняння витрат при визначенні оптимальної схеми транспортування ВВП (грн./рік.) 1-5 - ділянки укладання трубопроводу

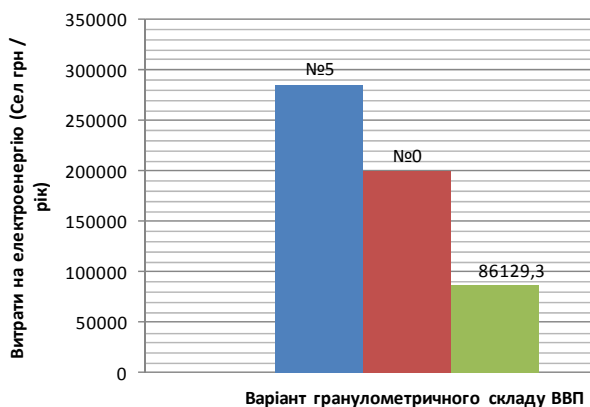


Рис. 4. Порівняння витрат на електроенергію при транспортуванні ВВП в залежності від обраного гранулометричного складу (№5, №0)

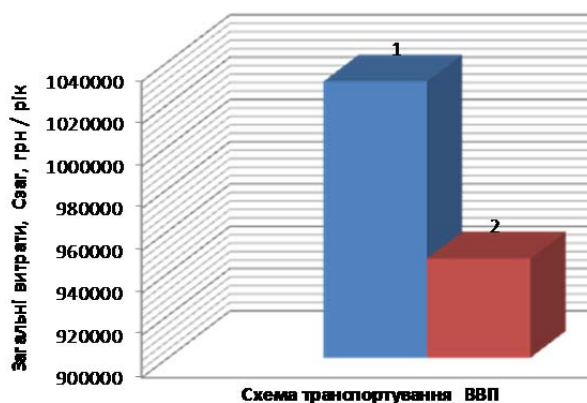


Рис. 5. Порівняння загальних капітальних та експлуатаційних витрат на транспортування ВВП в залежності від обраної схеми транспортування (Стат, грн./рік.): 1 – променева схема; 2 – послідовна схема

Таблиця 1

Порівняння витрат промислової ГТС до і після впровадження результатів дослідження (на прикладі підприємства ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля»)

Витрати на електроенергію, грн./рік		Капітальні і експлуатаційні витрати на транспортування грн/рік.		Капітальні і експлуатаційні витрати при використанні автомобільного транспорту для доставки ВВП, грн/рік
При використанні гранскладу ВВП №5 (до впровадження)	При використанні гранскладу ВВП №0 (запропонований)	При використанні променевої схеми транспортування (до впровадження)	При використанні послідовної схеми транспортування	
286016,52	199887,26	1030687,69	946936,26	1910000,0

Як видно з діаграми (рис.5), використання послідовної схеми укладання трубопроводів ПГТС і транспортування ВВП дозволяє знизити загальні капітальні та експлуатаційні витрати на 83,75 тис.грн/рік.

Для запропонованої ГТС промислового підприємства обсяг капітальних вкладень складається з: 1) вартості трубопроводу; 2) вартості монтажних робіт; 3) вартості насосного та іншого обладнання. Експлуатаційні витрати складаються з вартості електроенергії на прокачування ВВП, вартості обслуговування і експлуатації ПГТС протягом сезону.

Загальний обсяг капітальних вкладень в проект запропонованої ГТС склав 7,47 млн.грн, річні експлуатаційні витрати складуть 199,89 тис.грн. Загальний економічний ефект від впровадження ПГТС складе 36 млн.грн / рік.

Ефект від оптимізації топології транспортної мережі роздачі по пунктам споживання ВВП, оптимізації наведених сумарних витрат на трубопроводи, обладнання та електричної енергії на транспортування і вибору гранулометричного складу ВВП склав 169,88 тис. грн./рік.

В результаті порівняннн трубопровідного та автомобільного транспорту при реалізації перевезень ВВП від пункту відправлення до споживачів на території підприємства ТОВ «ДТЕК Добропіллявугілля» було встановлено, що загальні капітальні витрати на інфраструктуру і транспортні засоби для автомобільного транспорту склали 8,1 млн.грн., а експлуатаційні витрати 1,1 млн.грн./рік. Використання трубопровідного транспорту, в якості ГТС підприємства, для транспортування ВВП дозволяє знизити капітальні витрати на 0,63 млн.грн і експлуатаційні витрати на 0,9млн.грн/рік. в порівнянні з автомобільним транспортом.

Висновок. Запропонована в роботі оптимізаційна модель вибору параметрів гідротранспортної системи промислового підприємства дозволяє вирішити задачу мінімізації витрат на транспортування водовугільного палива.

Виконано аналіз і порівняння результатів, отриманих в результаті виконання досліджень, при впровадженні промислової ГТС для транспортування ВВП до об'єктів підприємства. Встановлено, що запропоновані критерії гранулометричного складу для ВВП дозволяють знизити витрати електроенергії на його транспортування промисловим гідротранспортом на 86129,2 грн/рік. Запропонована в роботі топологія транспортної мережі роздачі по пунктам споживання водовугільного палива, оптимізація наведених сумарних витрат на трубопроводи, насосне та інше обладнання, електричної енергії на транспортування і визначення діаметрів трубопроводів елементів ПГТС дозволило знизити капітальні та експлуатаційні витрати на транспортування на 83751,4 грн/рік. Економія капітальних і експлуатаційних витрат при використанні

трубопровідного транспорту для доставки ВВП в порівнянні з автомобільним, склала 963063,7 грн/рік.

Л і т е р а т у р а

1. Чернецкая-Белецкая, Н. Б. Исследование влияния гранулометрического состава водоугольного топлива на его реологические и гидродинамические характеристики [Текст] : Н. Б Чернецкая-Белецкая., И. О. Баранов, В. Н. Остапенко., М. В. Мирошникова // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2017. – №3(233). – С. 117–125. – ISSN 1542-1278.
2. Семеновко, Е. В. Обоснование методики расчета гидравлического уклона при течении пульпы с концентрацией пасты [Текст] : Е. В. Семеновко, С. Н. Кириченко // Геотехнічна механіка: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ. – 2013. – Вып. 110. – С. 154–165. – ISSN 6781-5598.
3. Huettnerhai, Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) [Текст] / Horst Huettnerhai, M. V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
4. Смолдырев, А. Е. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей [Текст] : учебное пособие для вузов / А. Е. Смолдырев, Ю. К. Сафонов. – Изд. М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
5. Семериков, А.В. Решение транспортных задач [Текст]: учеб. пособие / А. В. Семериков. – Ухта : УГТУ, 2013. – 58 с.
6. Кадыров А.С., Бестембек Е.С., Кокенова А.Т. Решение транспортной задачи на примере строительства протяженных объектов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 6 - 2. – С. 224-227; URL: [https:// applied-research.ru/ru/article/view?id=6877](https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6877).
7. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. Издание 2-е стереотипное, “Техніка”, 1977, 768с.
8. Иванов Б. Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы: Учеб. пособие / Б. Н. Иванов. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2003. — 288 с.: ил.
9. Берж К. Теория графов и ее применения. — М.: ИЛ, 1962.
10. Харрари Ф. Теория графов. - М.: Мир, 1973.
11. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Сортировка и поиск. Т.3. - М.: Мир, 1978.
12. Chernetskaya-Beletskaya, N. Improving industrial pipeline transport using research regularities of flow of mixtures in material pipeline [Текст] : N. Chernetskaya-Beletskaya, O. Guschin, A. Shvornikova, I. Baranov, M. Miroshnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 106790. – P. 156–162. – ISSN 1729-3774.

References

1. Chernetskaya-Beleckaya, N. B. Issledovanie vliyaniya granulometricheskogo sostava vodougolnogo topliva na ego reologicheskie i gidrodinamicheskie karakteristiki [Tekst]: N.B Chernetskaya-Beleckaya., I.O. Baranov, V.N. Ostapenko., M.V. Miroshnikova // Visnik Skhidno-ukraïnskogo nacionalnogo universitetu imeni Volodimira Dallya. – 2017. – №3 (233). – С. 117–125. – ISSN 1542-1278.
2. Semenenko, E. V. Obosnovanie metodiki rascheta gidravlicheskogo uklona pri techenii pul'py s koncentraciej pasty [Tekst] : E. V. Semenenko, S. N. Kirichenko //

- Geotekhnichna mekhanika: Mezhd. sb. nauch. tr. – Dnepropetrovsk: IGTM NANU. – 2013. – Vip. 110. – S. 154–165. – ISSN 6781-5598.
- Huettenhain, Horst. Premium Coal-Water Fuel (CWF) [Text] / Horst Huettenhain, M. V. Chari // The Proceedings of the 23rd International Technical Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, March 1998. – Clearwater, Florida, USA, 1998. – p. 1099 – 1108.
 - Smoldyrev, A. E. Truboprovodnyj transport koncentririvannyh gidromesej [Tekst] : uchebnoe posobie dlya vuzov / A. E. Smoldyrev, YU. K. Safonov. – Izd. M.: Mashinostroenie, 1989. – 256 s.
 - Semerikov, A.V. Solution of transport problems [Text]: Textbook. allowance / A.V Semerikov. - Ukhta: USTU, 2013. - 58 p.
 - Kadyrov A.S, Bestembek E.S, Kokenova A.T. Solution transport problem by example of building long objects // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2015. - No. 6 - 2. - P. 224-227; URL: <https://applied-research.ru/en/article/view?Id=6877>.
 - Sigorskij V.P. Matematicheskij apparat inzhenera. Izdanie 2-e stereotipnoe, "Tekhnika", 1977, 768s.
 - Ivanov B.N. Diskretnaya matematika. Algoritmy i programmy: Ucheb. posobie / B.N. Ivanov. — M.: Laboratoriya Bazovyh Znaniy, 2003. — 288 s.: il.
 - Berzh K. Teoriya grafov i ee primeneniya. — M.: IL, 1962.
 - Harrari F. Teoriya grafov. - M.: Mir, 1973.
 - Knut D. Iskusstvo programmirovaniya dlya EHM. Sortirovka i poisk. T.Z. - M.: Mir, 1978.
 - Chernetskaya-Beletskaya, N. Improving industrial pipeline transport using research regularities of flow of mixtures in material pipeline [Text] : N. Chernetskaya-Beletskaya, O. Guschin, A. Shvornikova, I. Baranov, M. Miroshnikova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 106790. – P. 156–162. – ISSN 1729-3774.

Баранов І.О. Формирование оптимизационной модели выбора параметров транспортирования водоугольного топлива промышленным гидротранспортом.

Выполнен анализ функционирования различных гидротранспортных систем промышленных предприятий Украины и развитых стран. Формализована оптимизационная модель выбора параметров гидротранспортной системы промышленного предприятия, которая позволяет решить задачу минимизации расходов на транспортирование водоугольного топлива. Определен оптимальный порядок транспортирования водоугольного топлива к пунктам потребления на маршруте выбранной транспортной сети. Оптимизирована топология транспортной сети задачи по пунктам потребления водоугольного топлива и оптимизацией приведенных суммарных затрат на трубопроводы, насосное и другое оборудование, электрической энергии на транспортирование определены диаметры трубопроводов элементов

промышленной гидротранспортной системы. Выполнен анализ и сравнение результатов полученных при внедрении промышленной гидротранспортной системы для транспортирования водоугольного топлива. Выполнено сравнение общих капитальных и эксплуатационных затрат на транспортирование водоугольного топлива в зависимости от варианта гранулометрического состава и выбранной схемы транспортирования.

Ключевые слова: водоугольное топливо, транспортирование, оптимизационная модель, транспортная сеть, топология, затраты энергии, гидротранспорт.

Baranov I. Formation optimization model selecting parameters transportation of water-coal fuel by industrial hydro transport.

Analysis functioning various hydrotransport systems industrial enterprises of Ukraine and world is carried out. Optimal order delivery coal-fired fuel points of consumption on route selected transport network is determined. Optimized topology transportation network for points consumption of water-coal fuel and optimization total cost pipelines, pumping and dust preparation equipment, electric energy for transportation, diameters pipelines elements of industrial hydrotransport system are determined. Formalized optimization model for selecting parameters hydraulic transport system an industrial enterprise, which allows solving problem of minimizing costs transportation water-coal fuel. Analysis and comparison results obtained with introduction an industrial hydrotransport system for transport of water-coal fuel is carried out. Comparison total capital and operating costs for transportation of coal-fired fuel is performed, depending on variant granulometric composition and selected transportation scheme.

It is established proposed parameters granulometric composition allow to reduce cost electricity for transportation by industrial hydrotransport by 86129,2 UAH/year. The topology distribution network for points consumption of coal-fired fuel, optimization mentioned total pipeline costs, pumping, dust preparation equipment, electric energy for transportation and determination diameters pipelines elements has been proposed in work, has allowed to reduce capital and operating costs transportation by 83751.4 UAH/year. Saving capital and operating costs when using pipeline transport deliver boilers compared automobile, amounted to 963063.7 UAH/year.

Keywords: water-coal fuel, transportation, optimization model, transport network, topology, energy consumption, hydrotransport.

Баранов І.О. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля. mail: baranov_90@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 06.05.2018

УДК 628.35

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Блінова Н. К., Кравченко О.В.

MODERN PROBLEMS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT AND WAYS TO SOLVE THEM

Blinova N. K., Kravchenko A.V.

Проаналізовано сучасні проблеми біологічної очистки промислових та побутових стічних вод в Україні. Запропоновано технологічний захід рециркуляції стоків, що очищуються, який дозволяє підвищити ефективність вилучення біогенних елементів, насамперед азотних компонентів, методом мікробіологічної нітриденітрифікації.

Ключові слова: стічні води, аеротенки, активний мул, біологічна очистка, біогенні елементи, нітриденітрифікація.

Причинами зниження кількості стоків з'явилися різке падіння виробництва і зниження питомого водоспоживання в побуті. Концентрація забруднюючих речовин (особливо біогенних елементів) в комунальних стічних водах значно збільшилася, з'явилася категорія нових важкоокислюваних біологічно «жорстких» компонентів.

Таблиця 1

**Характеристика стічних вод,
що потрапляють на очисні споруди**

Показник, одиниці вимірювання	Значення
ХСК, мгО ₂ /дм ³	235,4
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	153
Співвідношення БСК ₅ /N _{заг}	3
Азот загальний, мг/дм ³	51,4
N-NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	45,9
N-NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	1
N-NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	5,5
Фосфати (PO ₄ ³⁻), мгP/дм ³	15
Співвідношення БСК ₅ /P	10,2
Зависла речовина, мг/дм ³	160

1. Вступ. Запобігання забрудненню поверхневих водоем багато в чому залежить від надійної і якісної очистки стічних вод. Класичним, і в той же час перспективним для вилучення забруднень з побутових і промислових стічних вод залишається метод біологічної очистки [1,2,3]. Біологічна очистка стічних вод заснована на фізіологічній здатності мікроорганізмів використовувати в якості поживного і енергетичного субстрату широкий спектр органічних речовин і неокислені мінеральні сполуки - вуглеводні, ароматичні речовини, органічні кислоти, спирти, жири, вуглеводи, аміак, нітриту та ін. В процесі біологічної очистки формується складний зі змістом біоценоз активного мулу, що складається в основному з скупчень бактерій, найпростіших, грибів, водоростей та ін. Головним дійовим початком є мікроорганізми. Мікробні клітини здійснюють деструкцію органічних молекул і отримують необхідну для життєдіяльності енергію. Якісний і кількісний склад мікроорганізмів залежить від характеру стічних вод [1,2].

В даний час в Україні істотно змінилася кількість стічних вод, що відводяться в системи каналізування. У період 70-80-х років водоспоживання, а відповідно, і водовідведення населених пунктів, неухильно зростало, а в 90-х роках - почало стрімко скорочуватися [4].

Запроектовані в 70-і роки минулого століття очисні споруди і традиційні технології не справляються з повною глибокою очисткою, що відповідає нормам якості очищення стічних вод, і перш за все, по біогенних елементах, азоту і фосфору. При проектуванні очисних споруд відповідно до СНиП 2.04.03 - 85 протягом багатьох десятиліть враховувалися тільки два показника: БСК_{повн} і завислі речовини [5]. При цьому, очищення стічних вод від біогенних елементів не передбачалася. У чинному в даний час в Україні нормативному документі ДБН В.2.5-75 : 2013 для біологічної очистки стічних вод з вилученням азоту і фосфору пропонується використання ряду схем з перерахунком робочого об'єму аеротенків [6].

2. Мета дослідження. Метою цього дослідження було проведення аналізу роботи стадії біологічної очистки стічних вод в цеху Нейтралізації і очищення промислових стоків (НОПС) ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот» і розробка технологічних заходів, що підвищують ефективність вилучення азотних компонентів.

3. Матеріал і методи. Використано дані аналітичного контролю стадії біологічної очистки технологічного процесу очищення стічних вод в цеху НОПС ПрАТ «Севєродонецьке об'єднання Азот» уніфікованими методами [7]. Нами проаналізовані дані лабораторного контролю в забруднених та очищених стічних водах за показником ХСК_{біохр}, БСК₅, азот амонійний N-NH₄⁺, азот нітритний N-NO₂⁻ і азот нітратний N-NO₃⁻ за період з грудня 2015р. по жовтень 2016р. Було проведено гідробіологічний аналіз активного мулу з аеротенку. Для мікроскопіювання мулу використовували біокулярний мікроскоп МБІ-3. Для виготовлення препаратів проби відстоювали 2-3 хвилини 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 x 10) мікроскопа, іноді використовували велике збільшення (10 x 40).

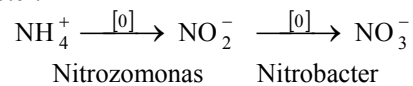
4. Результати та їх обговорення.

В даний час в цех НОПС надходять господарсько-побутові стічні води м.Севєродонецьк і підприємства ПрАТ «Азот», а також незначна кількість промислових стічних вод в кількості близько 15000 м³ / добу. За характером і концентрації забруднюючих речовин, що містяться в стічних водах їх можна повністю віднести до комунальних або господарсько-побутових (табл.1,2).

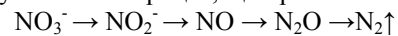
Як видно з таблиці, основними забруднюючими компонентами стічних вод є органічні речовини (їх вміст відображають показники ХСК, БСК_{повн}). Не зважаючи на те, що в потік стічних вод входять частково промислові стоки, за класифікацією типових комунальних та міських стічних вод, виходячи зі складу, досліджувані води за показниками ХСК, БСК₅ можна віднести до 4 типу - дуже розбавлених, а за вмістом азоту амонійного, фосфатів до середньо- і, навіть, висококонцентрованих [8,9]. Це характерно і для інших очисних споруд України. Так, середня концентрація азоту амонійного в міських стічних водах Лівобережної станції аерації р. Дніпро за квітень 2010р. склала 26 мг / дм³, що відповідає середньому концентрованим господарсько-побутовим стічним водам [10].

Традиційно очищення стічних вод від азотвмісних речовин проводиться методом мікробіологічної нітри-денітрифікації, біохімічна сутність якого давно і досить детально відомі [1,2,8]. Біологічну нітрифікацію здійснюють бактерії-

автотрофи, яким вуглець необхідний в неорганічній формі (вуглекислота, карбонати, бікарбонати). Нітрифікатори для окислення субстрату використовують аеробний тип дихання, при якому кисень виступає в якості зовнішнього акцептора електронів. Першу фазу нітрифікації - окислення NH₄⁺ до NO₂⁻ здійснюють бактерії, що відносяться до роду Nitrosomonas, другу фазу - окислення NO₂⁻ до NO₃⁻ бактерії, що відносяться до роду Nitrobacter:



Процес мікробіологічної денітрифікації (дисиміляційної нітратредукції), який використовується в очищенні стічних вод полягає у відновленні сапрофітними мікроорганізмами азоту нітратів до молекулярного азоту за участю ферментів нітратредуктаз [1,2]. Це складний багатоступінчастий процес, що протікає за схемою:



Денітрифікуючі бактерії активного мулу представлені родами Pseudomonas sp., Acrobacterium sp., Micrococcus sp. та ін. Бактерії-денітрифікатори є гетеротрофами, тобто джерелом вуглецю для них служать готові органічні речовини. За типом біологічного окислення вони представляють собою групу факультативних анаеробів. Тобто вони можуть існувати як в аеробних, так і в анаеробних умовах. При відсутності у воді розчиненого кисню вони можуть використовувати для дихання кисень, що міститься в нітритах і нітратах. Для процесів біологічної очистки стічних вод в останні роки стали спеціально використовувати термін «аноксидні умови», під якими розуміється режим дихання мікроорганізмів не за рахунок розчиненого кисню, а за рахунок нітритів і нітратів [10,11]. У ДБН В.2.5-75: 2013 дається таке визначення: «аноксидна зона - це частина очисних споруд технологічного процесу денітрифікації, в якій неочищені стічні води, контактують з біологічно очищеними стічними водами, що містять нітрити та нітрати, або в якій забезпечується підтримання незначній концентрації кисню».

На ефективність процесів нітри-денітрифікації впливає величезна кількість чинників. До числа таких факторів можна віднести кількість субстрату, концентрацію кисню, температуру, рН, вік мулу, наявність токсичних речовин. Одним з найбільш важливих регульованих факторів, що визначають напрямок трансформації азотних компонентів, є концентрація розчиненого кисню. Створення аеробних і анаеробних, аноксидних умов, чергування зон нітри- і денітрифікації дозволяє управляти технологічним процесом і досягти глибокого вилучення забруднюючих речовин.

В даний час використовують різні технологічні підходи і схеми для реалізації процесів нітри-денітрифікації, які зводяться до наступного:

-чергування процесів нітри- і денітрифікації (організація аеробних, анаеробних і аноксидних зон);

-рециркуляція мулової рідини (організація внутрішніх та зовнішніх рециклів між зонами).

Дослідження технологічної схеми біологічного очищення комунальних стічних вод з використанням процесів нітри-денітрифікації виконані в виробничих умовах на очисних спорудах ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» м. Северодонецька.

Для біологічної очистки комунальних стічних вод використовується одна із секцій типових 4-х коридорних аеротенків з пневматичної аерацією і 25% регенерацією мулу (Рис.1). Аеротенк є прямокутним залізобетонним резервуаром з розмірами коридорів 6 x 108 x 4,5 (м, h), загальним обсягом 11000м³. При 25% регенерації зворотній мул надходить в коридор I, який є регенератором. Стічна вода подається в початок другого коридору і, далі, переміщується послідовно з другого в третій, а з третього до четвертого коридору. Біологічна очистка здійснюється активним мулом в завислому стані, який включає змішані біоценози. Концентрація мулу в аеротенку по сухій вазі – 3 г/дм³.

Освітлення мулової рідини здійснюється у вторинних радіальних відстійниках діаметром 20м, глибиною 3,8м загальним обсягом 1192м³. Біологічно очищені і освітлені стічні води направляються на стадію глибокої доочистки та знезараження.

Управління процесом зміни складу змішаних культур біоценозів згідно до чергування зон тривалих безперервних процесів є одним з перспективних заходів максимального використання фізіологічної можливості мікроорганізмів та підвищення якості очистки. Виходячи зі складу побутових стічних вод, що надходять в аеротенки, основними біохімічними процесами очистки є аеробне гетеротрофне окислення (конверсія) органічних речовин, нітрифікація азоту амонійного з подальшою денітрифікацією нітратів. Згідно цьому відбувалось управління процесом біологічної очистки, виділення функціональних зон та визначення параметрів технологічного режиму. Коридори в аеротенках представляють наступні функціональні зони: коридор I - регенератор, коридор II - зона аеробного окислення органіки і амонійного азоту, коридор III –аноксидна зона денітрифікації і коридор IV - аеробна зона доочистки залишкових забруднень.

Перший коридор аеротенків виконує роль регенератора (Рис.1), в який потрапляє зворотній мул. Регенератор служить для збільшення фізіологічної активності бактерій, обумовленою аерацією.

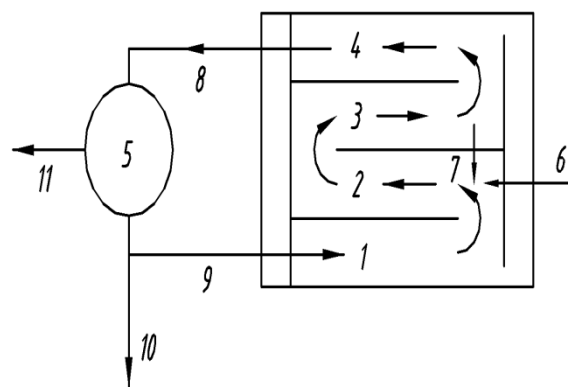


Рис.1 Схема біологічної очистки стічних вод з рециркуляцією нітратного стоку:

1,2,3,4 – коридори аеротенка; 5 – відстійник;
6 – забруднені стічні води, 7 – рециркуляція нітратного стоку; 8 – очищені стічні води;
- зворотній активний мул; 9 – надлишковий активний мул; 11 – очищені і освітлені стічні води

У другому коридорі спочатку відбувається так звана аеробна конверсія (окислення) здебільшою кількістю органічних речовин і, тільки після цього, починається процес нітрифікації. Як було зазначено вище, нітрифікуючі бактерії автотрофні, тобто в якості джерела вуглецю вони використовують вуглецю діоксид, а органічні речовини стічних вод, що вміщують вуглець пригнічують їх ріст і розвиток. Поява в аеротенках нітритів і нітратів свідчить про те, що основна частина органіки піддалася деструкції. Наявність біогенних елементів азоту та фосфору, необхідних для життєдіяльності мікроорганізмів, не тільки є достатнім, а й перевищує необхідне вагове співвідношення 100БСК_{повн} : 5N : 1P [5,6]. Перший та другий коридори є зонами аеробіозу, в яких підтримується концентрація розчинного кисню 2 – 2,5 мг/ дм³ (табл.3).

В третьому коридорі відбувається денітрифікація нітратів. Мікроорганізми денітрифікатори є гетеротрофами по типу вуглецевого живлення, та факультативними анаеробами по типу біологічного окислення. Вони використовують для окислення органічних сполук в якості кінцевого акцептора електронів нітрати. При цьому кількість органічного субстрату для денітрифікації визначається згідно до співвідношення 4- 6БСК_{повн} : N-NO₃⁻. Відповідно до характеристики стічних вод, що потрапляють на очистку, наявність речовин за показником БСК достатня для денітрифікації і складає - 4,3БСК_{повн} : N_{заг} (з урахуванням використаного біогенного азоту та за умови повної денітрифікації, табл.3). Але, як ми визначили вище, значна частина (до 70%) органічних речовин окислюється в першому коридорі, що виключає їх використання для денітрифікації окислених форм азоту. В такому випадку в очищених стічних водах відбувалося

перевищення нормованої величини з нітратів за ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($9,1 \text{ мг/дм}^3$). Це значення могло досягати 25 мг/дм^3 , а ефективність вилучення азотних забруднень по азоту загальному ($N_{\text{заг}}$) складала лише 47% (табл. 2). Для можливості використання забруднень, що потрапляють зі стічними водами за показником БСК в якості органічного субстрату для денітрифікації організовано рециркуляцію стоку з нітратами з кінця третього в початок другого коридору аеротенку (рис.1). Так, в другому коридорі відбувається змішаний процес нітри-денітрифікації. Це призвело до того, що вилучення загального азоту зросло з 47% до 76,8% і суттєво знизився вміст азоту нітратів на виході – з 24,4 до $9,1 \text{ мг/дм}^3$.

В четвертому коридорі відбувається доочищення залишкової кількості забруднень в аеробних умовах. Технологічні параметри процесу біологічного очищення комунальних стічних вод з використанням нітри-денітрифікації вказані в таблиці 3.

Нами було також проведено дослідження стану активного мулу з аеротенків за допомогою мікроскопіювання методом «живої» краплі. В результаті візуальних досліджень визначено, що активний мул має чітко сформовані щільні флокули світло-коричневого кольору із середнім розміром 1-2 мм. Запах слабо виражений, характерний для очищення комунальних стоків. Швидкість осідання пластівців мулу досить велика, надосадова рідина

прозора. За стандартною методикою ми визначили концентрацію мулу по сухої вазі, динаміку осадження та муловий індекс. Величина мулового індексу дорівнювала близько 110 мл/г, що характерно для щільного, добре осаджуваного мулу. При мікроскопіюванні в складі активного мулу виявлено багате видове різноманіття індикаторних найпростіших (Рис.2). За п'ятибальною шкалою частота зустрічальності організмів складає 4 бали. Переважаючими групами організмів були рухомі форми війкових інфузорій Colpoda, прикріплені види родів Epistylis, Opercularia, Vorticella, раковини амеби роду Arcella, а так само коловертки роду Rotifer (Rotatoria). Велика частина перерахованих найпростіших (амеб та інфузорій) є індикаторами хорошого стану мулу, середнього і низького навантаження по органічним речовинам, ефективної нітрифікації. Коловертки – це постійний компонент екосистеми, який частіше зустрічається у зрілому мулі з повною очисткою. Фізіологічний стан організмів хороший - форма тіла чітка, розміри середні. Рухливі види війкових інфузорій активно рухалися в полі зору, у прикріплених видів частіше спостерігали відкритий війковий диск.

Біоіндикація складу мікроорганізмів активного мулу дозволила зробити висновок про задовільний стан біоценозів та успішний хід процесу очищення стічних вод.

Таблиця 2

Характеристика забруднених та очищених стічних вод за основними забруднюючими компонентами

Вхід, мг/дм ³			Вихід, мг/дм ³			Ступінь очистки, %		
ХСК	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	ХСК	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	ХСК	N-NH ₄ ⁺	N _{заг}
235,4	45,9	5,5	До впровадження заходу					
			28,7	2,9	24,4	87,8	93,4	47
Після впровадження заходу								
			24,5	2,8	9,1	90,1	94,4	76,8

Таблиця 3

Технологічні параметри процесу біологічної очистки стічних вод

№п/п	Параметр	Значення
1	Температура, °С	15-30
2	pH	6,5-8,5
3	Період аерації, год	17
4	Концентрація активного мулу за сухою вагою, г/дм ³	3
5	Рециркуляція активного мулу, % від стоку	30-50
6	Муловий індекс, мл/г	110
7	Концентрація розчинного кисню, мг/дм ³	В аеробних зонах – 2-2,5 В анаеробній зоні – 1-1,5
8	Навантаження на мул за ХСК, мг/г год	5,9
9	Окислювальна потужність за ХСК, г/м ³ доб	288
10	Співвідношення для денітрифікації БСК _{повн} : N-NO ₃ ⁻	4,3БСК _{повн} : N
11	Питома витрата повітря q _{air} , м ³ /м ³	16
12	Рециркуляція нітратного стоку, % від стоку	50

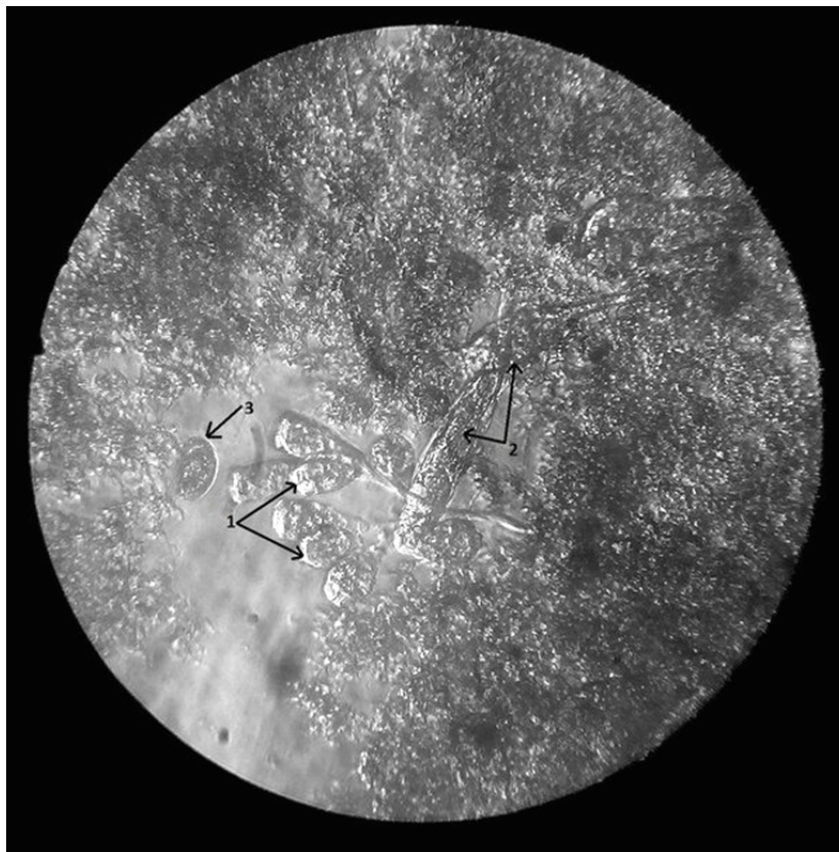


Рис. 2. Препарат активного мулу. Збільшення 10x10:

1 – прикріплені інфузорії роду *Epistylis*; 2 – коловертки роду *Rotifer*; 3 – війкові інфузорії роду *Colpoda*

Слід зазначити, що застосований захід рециркуляції нітратного стоку між коридорами аеротенку практично не впливав на процеси, пов'язані з вилученням сполук фосфору. Тому, необхідні подальші дослідження для вдосконалення процесів біологічної очистки по вилученню фосфатів. В даний час в Україні вже накопичено достатній досвід розрахунку і проектування споруд біологічного видалення азоту, і в меншій мірі фосфору.

5. Висновки.

Таким чином, в ході проведення досліджень ми прийшли до наступних висновків:

1. При зниженні загальної потужності виробництва досліджувані стічні води за показниками ХСК, БСК можна віднести до категорії дуже розбавлених комунальних стоків, а за вмістом азоту амонійного, фосфатів до середньо- і, навіть, висококонцентрованих.

2. Для вдосконалення процесу нітриденітрифікації і підвищення ефективності вилучення нітратів організовано внутрішню рециркуляцію нітратного стоку з кінця 3 коридору в початок другого, що призвело до збільшення ефекту очищення по $N_{\text{заг}}$ з 47% до 76,8%.

3. Рециркуляція стічних вод, що очищуються дозволила використовувати в якості органічного субстрату для мікроорганізмів речовини, які

містяться в забруднених стічних водах, а не водно-метанольну суміш, як відбувалося раніше.

4. Біоіндикація складу мікроорганізмів активного мулу дозволила зробити висновок про задовільний стан біоценозів та успішний хід процесу очищення стічних вод.

Література

1. Орловский З.А. Очистка сточных вод за рубежом. – М. Стройиздат, 1974. -192с.
2. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990. -107с.
3. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. – М: Стройиздат, 1967. – 140с.
4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям / Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. - М: Бюро НТД. – 2016. – 377С.
5. Строительные нормы и правила СНиП 2.04.03 – 85 «Канализация. Наружные сети и сооружения.» - М.: Стройиздат, 1985. –89с.
6. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – Київ, 2012. – 206с.
7. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984.- 448с.

8. Ротмистров М.Н., Гвоздяк П.И., Ставская С.С. Микробиология очистки воды. – К: «Наукова думка», 1978. – 268с.
9. Хенце М. и др. Очистка сточных вод.- М: Мир, 2006. – 480с.
10. Гогина Е.С. Удаление биогенных элементов из сточных вод. – М : МГСУ, 2010. – 120с.
11. Долина Л.Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов. – Днепропетровск: Континент, 2011. – 198с.

References

1. Orlovskiy Z.A. Ochistka stochnyih vod za rubezhom. – M. Stroyizdat, 1974. -192s.
2. Yakovlev S.V., Karyuhina T.A. Biohimicheskie protsessy v ochistke stochnyih vod. – M.: Stroyizdat, 1990. -107s.
3. Rogovskaya Ts.I. Biohimicheskiy metod ochistki proizvodstvennyih stochnyih vod. – M: Stroyizdat, 1967. – 140s.
4. Informatsionno-tehnicheskiy spravochnik po nailuchshim dostupnyim tehnologiyam / Ochistka stochnyih vod s ispolzovaniem tsentralizovannyih sistem vodootvedeniya poseleniy, gorodskih okrugov. - M: Byuro NTD. – 2016. – 377S.
5. Stroitelnyie normyi i pravila SNiP 2.04.03 – 85 «Kanalizatsiya. Naruzhnyie seti i sooruzheniya.» - M.: Stroyizdat, 1985. -89s.
6. DBN V.2.5-75:2013 «Kanalizatsiya. Zovnishni merezhi ta sporudi. Osnovni polozhennya proektuvannya». – Kiyiv, 2012. - 206 s.
7. Lure Yu.Yu. Analiticheskaya himiya promyshlennyih stochnyih vod. – M.: Himiya, 1984.- 448s.
8. Rotmistrov M.N., Gvozdyak P.I., Stavskaya S.S. Mikrobiologiya ochistki vodyi. – K: «Naukova dumka», 1978. – 268
9. Hentse M. i dr. Ochistka stochnyih vod.- M: Mir, 2006. – 480s.
10. Gogina E.S. Udalenie biogennyih elementov iz stochnyih vod. – M : MGSU, 2010. – 120s.
11. Dolina L.F. Ochistka stochnyih vod ot biogennyih elementov. – Dnepropetrovsk: Kontinent, 2011. – 198s.

Блинова Н. К., Кравченко А. В. Современные проблемы биологической очистки сточных вод и пути их решения

Проанализированы современные проблемы биологической очистки промышленных и бытовых сточных вод в Украине. Предложено технологическое мероприятие по рециркуляции очищаемых стоков, которое позволяет повысить эффективность извлечения биогенных элементов, прежде всего азотных компонентов, методом микробиологической нитриденитрификации.

Ключевые слова: сточные воды, аэротенки, активный ил, биологическая очистка, биогенные элементы, нитри- денитрификация.

Blinova N. K., Kravchenko A. V. Modern problems of biological wastewater treatment and ways to solve them

The modern problems of biological treatment of industrial and domestic wastewater in Ukraine are analyzed. A technological measure for the recirculation of purified effluents is proposed, which makes it possible to increase the efficiency of extraction of nutrients, especially nitrogen components, by the method of microbiological nitrification.

Key words: sewage, aerotanks, activated sludge, biological purification, biogenic elements, nitrification.

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

Кравченко Олексій Вікторович – начальник цеху НОПС ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот». chuev@azot.lg.ua

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 10.05.2018

УДК: 51:378.147

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИМЕРОВ И КОНТРИМЕРОВ В ПРЕПОДАВАНИИ МАТЕМАТИКИ

Бродский А.Л.

THE USE OF EXAMPLES AND COUNTEREXAMPLES IN THE TEACHING OF MATHEMATICS

Brodskiy A.L.

Рассматривается одна из главных проблем преподавания математики в ВУЗах- необходимость доступности изложения при сохранении достаточной строгости и точности. Обсуждается возможность использования в разных темах соответствующих примеров и контрпримеров. Приведены конкретные результаты для шести разделов курса высшей математики.

Ключевые слова: математика, доказательство, пример, контрпример

1. Введение. Математика является базовой дисциплиной современного инженерно-технического образования. Более того, потребности многих гуманитарных специальностей привели к необходимости изучения отдельных математических дисциплин (разделов, тем).

Проблемы методики преподавания математики, по-видимому, так же стары, как и сама математика. Вопросам математического образования студентов в последнее время уделяли внимание ведущие математики-методисты, в том числе Т.С.Максимова, В.А.Петрук, З.И.Слепкань и др. Следует отметить также серьезные исследования [1],[2],[3]. Появление новых компьютерных, информационных технологий не может полностью решить эти проблемы, потому что их сутью является, в основном, вопросы содержания изучаемого материала и методов его рассмотрения, а не реализация того и другого в соответствующих формах.

Неоднократная попытка организовать изучение математики в ВУЗах для нематематических специальностей по проблемно-ориентированному принципу, эксперименты по решению конкретных задач экономики, социологии, инженерных дисциплин вместо(или вместе) с математической теорией можно считать успешно провалившимися. Подтверждением этого является, например, исчезновение таких учебных дисциплин, как «Математика для экономистов» и др.

Таким образом, в очередной раз жизнью подтвержден главный принцип математического образования: сначала теория (определения, теоремы, свойства, следствия), а потом приложения- решение конкретных примеров и задач. И адаптация общей математической теории для соответствующей специальности может быть реализована только в упрощении теоретического материала, а не в его исключении или «переводе» с абстрактного математического языка на язык конкретной задачи.

2. Формулировка проблемы. Главным элементом математической теории является теорема: логическая конструкция, состоящая из условия (условий) и утверждения. Истинность теоремы устанавливается ее доказательством. «Доказательства...представляют собой цепочки умозаключений, ведущих от истинных посылок (исходных для данного доказательства суждений) к доказываемым (заключительным) тезисам».[4]

«Математическое доказательство - рассуждение с целью обоснования истинности какого-либо утверждения (теоремы), цепочка логических умозаключений, показывающая, что при условии истинности некоторого набора аксиом и правил вывода утверждение верно».[5]

Значительное уменьшение доказательств в курсе «Высшая математика» для студентов инженерных специальностей вызвано двумя главными причинами. Первая из них -«внешняя»: сокращение количества аудиторных (в том числе, лекционных) часов, что, в свою очередь, имеет ряд причин. Вторая - «внутренняя» - это изменение уровня и содержания математической подготовки поступающих в ВУЗы на соответствующие специальности. Ориентация на тесты, на «ответ» без обязательного объяснения, решения, доказательства делает выпускников средних школ слабо подготовленными (или практически неподготовленными) как для понимания

содержания математических доказательств, так и для осознания их важности и необходимости.

Поэтому перед преподавателем математики в ВУЗе возникает проблема: совместить в сложившихся условиях простоту и доступность с необходимой строгостью и точностью, заменить доказательства теорем (признаков, свойств) чем-то другим, менее сложным и затратным по времени.

Чаще всего для такой замены используются специально разработанные (подобранные) примеры и контрпримеры.

3. Результаты работы. Как известно, никакой пример (или несколько примеров) в математике не равносильны доказательству теоремы или признака. Контрпример может быть доказательством неверности обратного утверждения или, в общем случае, обязательности одного или нескольких условий теоремы.

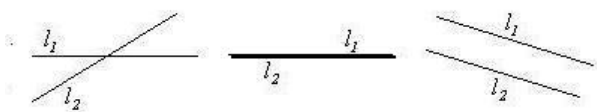
Сочетание примеров и контрпримеров и является хорошим методическим приемом для достижения поставленной цели: доступно и наглядно пояснить некоторый математический результат без приведения полного формального доказательства. Рассмотрим иллюстрацию изложенного принципа на конкретных примерах из различных разделов курса «Высшая математика».

I. Раздел «Линейная алгебра и аналитическая геометрия»

Формулируется теорема Кронекера-Капелли, затем – ее более доступный вариант.

Теорема. Если определитель системы трех уравнений с тремя неизвестными не равен нулю, система имеет единственное решение. Если определитель системы равен нулю и все определители неизвестных также равны нулю – система имеет множество решений. Если в последнем случае хотя бы один из определителей неизвестных не равен нулю, система не имеет решений (несовместна).

Далее достаточно показать три картинки,



которые являются иллюстрацией теоремы для двумерного случая и решить три системы уравнений

$$a) \begin{cases} 2x + 3y = 12 \\ x - y = 1 \end{cases} \quad б) \begin{cases} 4x - 2y = 5 \\ 8x - 4y = 10 \end{cases} \quad в) \begin{cases} x + 2y = 1 \\ 2x + 4y = 0 \end{cases}$$

II. Раздел «Введение в математический анализ»

Утверждение. Если существует предел последовательности $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = a$, то

последовательность $\{x_n\}$ ограничена.

Контрпример (доказательство необходимости ограниченности последовательности для существования предела):

$$x_n = n; \quad \lim_{n \rightarrow \infty} x_n = \infty, \text{ т.е. не существует в}$$

первичном смысле (конечный предел)

Пример недостаточности ограниченности последовательности для существования ее предела:

$$x_n = (-1)^n; \quad \lim_{n \rightarrow \infty} x_n \neq \dots \text{ Предел не существует,}$$

хотя $|x_n| = 1, n \in N$.

III. Раздел «Производная и ее приложения»

Теорема. Если функция $y = f(x)$ дифференцируема в точке x_0 , то она непрерывна в этой точке.

Контрпример. $y = |x|, x_0 = 0$. Отсутствие производной в точке непрерывности показывает необходимость непрерывности в данной точке для существования производной в этой точке.

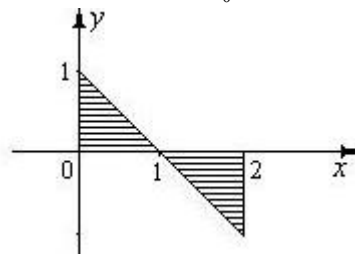
Теорема. Если $y = f(x)$ имеет экстремум в точке x_0 , то производная $f'(x_0) = 0$ или не существует.

Примером является та же функция $y = |x|$ с минимумом в точке $x_0 = 0$ при отсутствии производной в этой точке.

IV. Раздел «Определенный интеграл»

Свойство. $\int_a^b f(x)dx = S_{mp}$, если $f(x) > 0$.

Контрпример. $\int_0^2 (1-x)dx = 0$



- обязательность условия $f(x) > 0$.

Теорема. Для сходимости несобственного интеграла $\int_a^{\infty} f(x)dx$ необходимо условие

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 0.$$

Контрпример (недостаточность условия $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = 0$):

$$\int_1^{\infty} \frac{1}{x} dx = \infty \text{ - расходящийся интеграл.}$$

V. Раздел «Числовые ряды»

Теорема. Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} u_n$ сходится, то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0.$$

Это необходимый признак сходимости числового ряда.

Пример. $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2^n} = 1$.

Пример. $\sum_{n=1}^{\infty} n^2 = \infty$ - не выполнено условие

$$\lim_{n \rightarrow \infty} u_n = 0.$$

Контрпример (недостаточность необходимого признака):

гармонический ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n}$ расходится, хотя

условие $\lim_{n \rightarrow \infty} u_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} = 0$ выполнено.

VI. Раздел «Теория вероятностей»

Свойство. Если X - дискретная случайная величина с набором значений x_1, x_2, \dots, x_n ($\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$), то сумма соответствующих вероятностей равна единице $\sum_{k=1}^n p_k = 1$ (или $\sum_{n=1}^{\infty} p_n = 1$).

Пример. Стрелок производит выстрелы по мишени до первого попадания. Составить закон распределения случайной величины X - количества сделанных выстрелов, если вероятность попадания в каждом выстреле равна p , $p \in (0, 1)$.

Получаем следующий результат,

X	1	2	3	...	n	...
P	q	qp	qp^2	...	qp^{n-1}	...

где $q = 1 - p$ - дополнительная вероятность (вероятность промаха).

Следовательно,

$$q + qp + qp^2 + \dots + qp^{n-1} + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} qp^{n-1} = q \sum_{n=1}^{\infty} p^{n-1} = q \frac{1}{1-p} = 1, \text{ что и утверждается в данном свойстве.}$$

4. Выводы. Использование примеров и контрпримеров в курсе «Высшая математика» дает возможность увеличить доступность изложения теоретического материала с достаточной экономией времени.

Л и т е р а т у р а

1. Крилова Т.В., Стеблянок П.О. Професійно орієнтоване навчання математики в технічному вузі – першочергова задача сьогодні / Т.В. Крилова, П.О. Стеблянок // Вісник Черкаського університету. Науковий журнал. Педагогічні науки. – 2008. - №127. – С. 98-101.
2. Амброзьяк О.В. Компоненти методичної системи евристичного формування геометричних понять / О.В. Амброзьяк // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск XI : в 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ КМІ, 2013. – Т. 1: Теорія та методика навчання математики - С. 3-12.

3. Рендюк С. П. Особливості викладання математичних дисциплін у вищих технічних навчальних закладах [Електронний ресурс] / С. П. Рендюк // Науковий вісник Донбасу : електронне наук. фахове вид. – 2013.– № 1 (21).
4. Большая Советская Энциклопедия, т.8, стр.399.
5. Математический энциклопедический словарь. Mathematical-Encyclopedia-cover / Гл. ред. Ю. В. Прохоров.— М.: Сов. энциклопедия, 1988. -С.211.

References

1. Krilova T.V., Stebljanko P.O. Profesijno orientovane navchannja matematiki v tehničnomu vuзі – pershočergova zadacha s'ogodennja / T.V. Krilova, P.O. Stebljanko // Visnik Cherkas'kogo universitetu. Naukovij zhurnal. Pedagogični nauki. – 2008. - №127. – С. 98-101.
2. Ambrozjak O.V. Komponenti metodichnoї sistemi evrističnogo formuvannja geometričnih ponjat'/O.V. Ambrozjak // Teorija ta metodika navchannja matematiki, fiziki, informatiki : zbirnik naukovih prac'. Vipusk XI : v 3-h tomah. – Krivij Rig : Vidavničij vidдіl KMI, 2013. – Т. 1: Teorija ta metodika navchannja matematiki - S. 3-12.
3. Rendjuk S. P. Osoblivosti vkladannja matematichnih disciplin u vishih tehnicnih navchal'nih zakladah [Elektronnij resurs] / S. P. Rendjuk // Naukovij visnik Donbasu : elektronne nauk. fahove vid. – 2013.– № 1 (21).
4. Bol'shaja Sovetskaja Jenciklopedija, t.8, str.399.
5. Matematicheskij jenciklopedičeskij slovar'. Mathematical-Encyclopedia-cover /Gl. red. Ju. V. Prohorov.— M.: Sov. jenciklopedija, 1988. -S.211.

Бродський О.Л. Використання прикладів та контрприкладів при викладанні математики

Розглядається одна з головних проблем викладання математики у ВНЗ – необхідність доступності при збереженні строгості та точності. Обговорюється можливість використання відповідних прикладів та контрприкладів в різних темах. Наведені конкретні результати для шістьох розділів курсу вищої математики.

Ключові слова: математика, доказ, приклад, контрприклад

Brodskiy A.L. The use of examples and counterexamples in the teaching of mathematics

We consider one of the main problems in the teaching of mathematics in University – the need for accessibility while maintaining rigor and accuracy. The possibility of some examples and counterexamples using is discussed. Real results for six parts of the course of mathematics are given.

Keywords: mathematics, proof, example, counterexample

Бродський Олександр Львович – к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри математики та програмування Східноукраїнського Національного університету імені В. Даля, brai@list.ru

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Статья подана 1.04.2018

УДК 004.9

ТЕХНОЛОГІЯ ТА МЕТОДИ РОЗРОБКИ 3D-ТУРІВ СОЦІАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ МІСТА БАХМУТ

Булгакова І.В.

TECHNOLOGY AND METHODS OF DEVELOPMENT OF 3D-TOURS OF SOCIAL OBJECTS THE TOWN IS BAKHMUT

Bulhakova I.

У статті розглянуто питання щодо актуальності створення 3D-турів для сервісу Google Карти. Наведені попередні дослідження у даному напрямку. Викладено алгоритм створення 3D-турів для сервісу Google Карти, та наведено приклади створених віртуальних турів.

Ключові слова: сферичні панорами, 3D-тури, Google карти, сферична камера, користувачі Google, віртуальні тури

Вступ. Віртуальні 3D-тури, які з кожним днем набувають популярності, дозволяють будь-якій людині потрапити в місце, яке її зацікавило, в інтерактивному режимі. На сьогодні, це не тільки актуальний рекламний продукт, що дає змогу в повному масштабі показати клієнту товар або послугу реалістичніше, ніж при перегляді фотографій і відеороликів, читання опису товару, але й можливість приймати активну участь у перегляді, прогулянки або подорожі, що набагато цікавіше пасивного спостереження.

Сферичні панорами дають яскраві враження і чітке представлення про те, з чим маєш справу, тому 3D-фото можна використовувати у різних сферах діяльності.

Віртуальний тур – це унікальний дизайн, що складається з ряду сферичних панорам, які мають перехід із однієї кімнати до іншої, із парку до скверу, із номера готелю до холу ...

Завдяки віртуальним турам можна продемонструвати наочно глядачу зовнішній вигляд будь-якого об'єкту, ознайомити його з інтер'єром, з туристичними та історичними пам'ятками, дозволить прогулятися по музеям або виставковим залам тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що дана тематика раніше

висвітлювалась тільки у рекламній та туристичній сфері. Завдяки Google опитуванню ми побачили, що Користувачі Google хочуть більше 3D-турів, про це свідчить статистика: більше 65% всіх опитаних користувачів пошукової системи вважають, що віртуальних турів має бути більше, 26% ставляться до них нейтрально і лише 7% респондентів назвали їх непотрібними [2].

Об'єктом дослідження є 3D-тури для сервісу Google Карти.

Метою роботи є значне скорочення дистанції між закладом та цільовою аудиторією, також надання швидкого доступу до пам'яток культури та архітектури (музеї, виставки, бібліотеки, театри тощо), зацікавлення та долучення молоді до культурної спадщини країни, підвищення культурно-освітньої складової населення міста та країни в цілому.

Для яких соціальних об'єктів актуальні 3D-тури в Google: кафе, ресторани, готелі, мотелі, розважальні центри, медичні центри, торгівельні комплекси, фітнес-клуби, салони краси, навчальні заклади, санаторії та бази відпочинку, нерухомість, офіси компаній, виставкові зали, музеї, театри, площі, парки, сквери тощо.

Завдання роботи:

1) Логістика – пошук та аналіз соціальних об'єктів, який потребує 3D-зйомки та розробка віртуального туру.

2) Панорамна зйомка соціальних об'єктів.

3) Налаштування та верифікація Google+

4) Створення віртуального туру для соціальних об'єктів.

5) Розміщення 3D-туру соціальних об'єктів на Google Картах.

Для реалізації проекту використовуються наступні ресурси:

1) Сферична камера Samsung Gear 360 та смартфон з операційною системою android 4.2.2 та вище;

2) Штатив-монопод;

3) Програмне забезпечення для обробки сферичних панорам;

4) Google Сервіси (Street View та Google Maps).

Методи і технології роботи. Логістика – пошук та аналіз соціальних об'єктів, який потребує 3D-зйомки та розробка віртуального туру.

Пошук і аналіз соціальних об'єктів для 3D-зйомки проводиться за принципом обробки статистичних даних інтернет-запитів в пошуковій системі Google, які свідчать про зацікавленість користувачів мережі Інтернет цими закладами. Також деякі підприємства міста надсилали до нашого навчального закладу офіційні листи-прохання щодо проведення 3D-зйомки соціально важливих об'єктів.

Панорамна зйомка соціальних об'єктів відбувається за допомогою сферичної камери Samsung Gear 360 та смартфона з операційною системою android 4.2.2 та вище.

Підключення і настройка.

Для роботи з Samsung Gear 360 можна використовувати смартфон, камера підключається до нього через Wi-Fi Direct і Bluetooth 4.1, для цього знадобиться програма Gear 360.

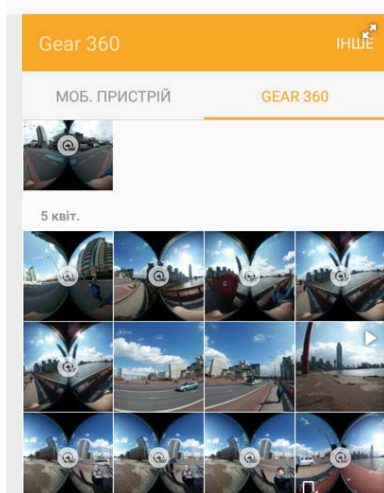


Рис. 1. Інтерфейс програми Gear 360

При цьому сам по собі пристрій є повністю автономним, змінювати налаштування, перемикаючись між режимами зйомки, а також робити фото та відео можна і без смартфона.

Налаштування в додатку Gear 360 (Рис. 2) дозволяють змінювати дозвіл фото і відео, керувати чутливістю ISO, включити автокорекцію кута і зменшення шуму вітру.

Налаштування та верифікація Google+.

Користувачі більш схильні підписуватися і рекомендувати справжні сторінки, які верифіковані, така сторінка викликає більше довіри у аудиторії, також відкриває деякі чудові можливості. Галочка у верхній частині сторінки свідчить, що сторінка верифікована. Існує 2 типу верифікації:

– Верифікація імені (надає можливість користувачам дізнаватися, що саме ваша + сторінка є підтвердженою і офіційною).

– Верифікація сайту (дозволяє покращити рекомендації в оголошеннях та пошуковий запит в Google. Прив'язка сайту до верифікованої Google+ сторінки дає можливість отримати персональний URL та пошукову соціальну карту).

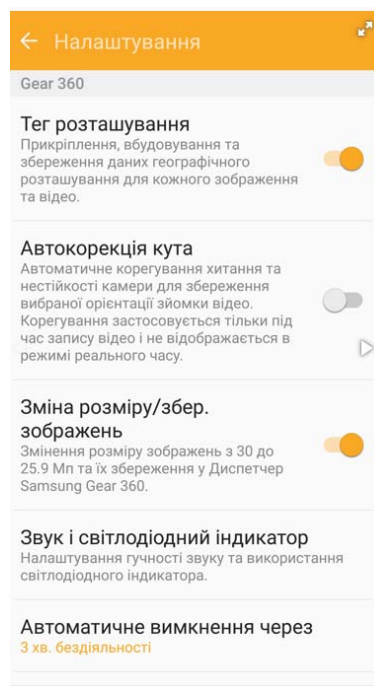


Рис. 2. Налаштування додатку Gear 360

Розробка віртуального туру для соціальних об'єктів.

Камера Gear 360 сумісна з додатком Google Перегляд вулиць, що дає можливість знімати сферичні панорами та відразу ж публікувати їх.

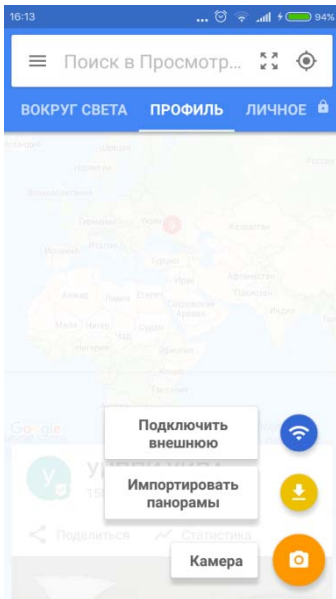


Рис. 3. Імпорт панорам

За допомогою додатку Google Перегляд вулиць імпортуємо сферичні панорамы (Рис. 3).

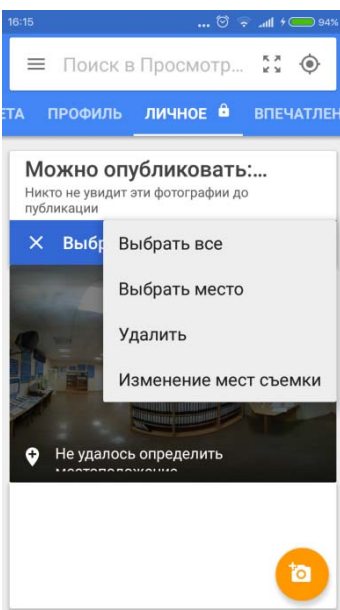


Рис. 4. Публікація та вибір місця розташування на картах Google

Після публікації та вибору місця розташування на картах Google переглядаємо вид профілю (Рис 4).

Розміщення та налаштування 3D-туру соціальних об'єктів на Google Картах зображено на рисунку 6.

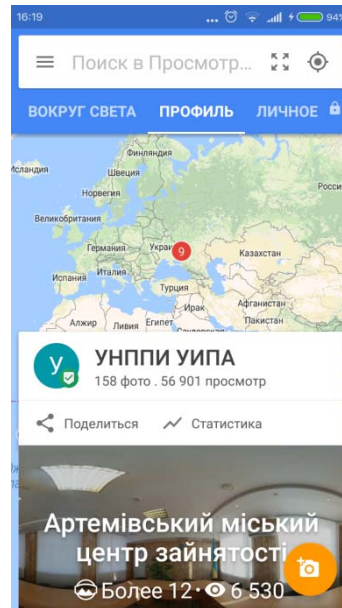


Рис. 5. Вид профілю після публікації

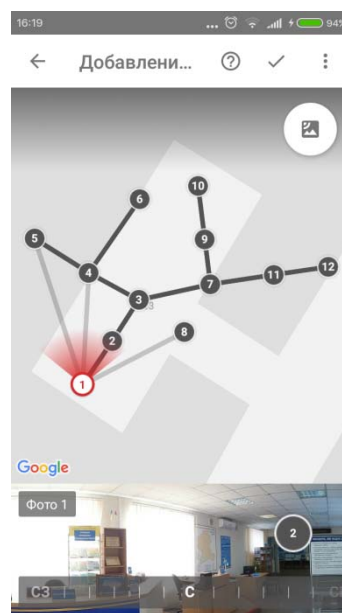


Рис. 6. Налаштування 3D-туру

Результатами роботи є: Проекту з 3D-візуалізації включає в себе розташування 3D-туру на Google Картах та звернення уваги цільової аудиторії.

У рамках проекту з 3D-візуалізації культурно та соціально важливих об'єктів створено та опубліковано на картах Google 3D-тури:

- Спортивного комплексу Металург (<https://goo.gl/maps/Kath611njAC2>);
- Міського центру культури та дозвілля імені Євгена Мартинова (<https://goo.gl/maps/86ASxxqXa4L2>);

– басейну ДЮК «Дельфін» (<https://goo.gl/maps/NNk2AbmJ4242>);

– Центральної міської Бібліотеки в місті Бахмут (<https://goo.gl/maps/fWUUui5JeZM2>);

– двох корпусів Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту Української інженерно-педагогічної академії м. Бахмут (<https://goo.gl/maps/pRaozXDPWkw>) (<https://goo.gl/maps/aFD7pNVu7C92>);

– Музею Історії міста Київ (<https://goo.gl/maps/e6Mhi9ou3BK2>).

У майбутньому планується продовження роботи над проектом з 3D-візуалізації, буде створено віртуальні тури громадських міст відпочинку, скверів, парків та пам'яток культури, а також розширення території дії проекту не тільки в межах міста, а й району та області.

Висновок. 3D-туру надають змогу значно зекономити час (переглянути об'єкти міста можливо в будь-який зручний момент для користувача); попереднього, досить детального перегляду всіх наявних у місті цікавих об'єктів; в ряді сфер віртуальний тур надає прекрасну допомогу у перегляді наявних пропозицій; оригінальності та привабливості в рекламуванні досить відмінним від багатьох конкурентів способом, викликаючи значно більше зацікавленості, ніж звичайний текст чи фотографії; скоротити час між розробкою віртуального туру та знайомством з ним користувача (на створення та поширення рекламного буклету серед аудиторії витрачається значна кількість часу, а віртуальний тур буде доступним мільйонам користувачів Інтернет-мережі відразу після його розробки та опублікування в мережі); цілодобової доступності (сферичні панорами, які розміщені на сайтах, доступні в будь-який час доби для перегляду); різноманітного використання одних і тих самих турів, як в Інтернет-мережі, так і у вигляді презентацій, для демонстрування на виставці.

Все перелічене вище дозволяє:

– розширити охоплення аудиторії користувачів;

– підвищити імідж міста, як високотехнологічного та інноваційного;

– підвищити відвідуваності сайтів, на яких розміщені тури;

– проводити віртуальні екскурсії для відвідувачів.

Л і т е р а т у р а

1. Google панорами інтер'єрів більше, ніж просто 3D-тури. URL: <https://g360.com.ua>
2. Сервіс Гугл Карти. URL: <https://www.google.com.ua/maps>
3. Сайт Samsung. URL: http://www.samsung.com/ua_ru/wearables/gear-360-c200

R e f e r e n c e s

1. Google's panorama of interiors is more than just 3D tours. URL: <https://g360.com.ua>
2. Google Maps Service. URL: <https://www.google.com/maps>
3. Samsung website. URL: <http://www.samsung.com/ru/wearables/gear-360-c200>

Булгакова И.В. Технология и методы разработки 3D-туров социальных объектов города Бахмут

В статье рассматриваются вопросы актуальности создания 3D-туров для сервиса Google Карты. Приведены исследования в данном направлении. Представлен алгоритм создания и опубликования 3D-туров для сервиса Google Карты, приведены примеры созданных и опубликованных виртуальных туров.

Ключевые слова: сферические панорамы, 3D-туры, Google карты, сферическая камера, пользователи Google, виртуальные туры

Bulhakova I. Technology and methods of development of 3D-tours of social objects the town is Bakhmut

The article deals with the relevance of the creation of 3D tours for the Google Maps service. The following research is carried out in this direction. The algorithm of creating 3D tours for the Google Maps service is presented, and examples of created virtual tours are given.

Keywords: spherical panoramas, 3D tours, google maps, spherical camera, Google users, virtual tours

Булгакова І.В. – старший викладач кафедри електроніки та комп'ютерних технологій систем управління, Навчально-наукового професійно-педагогічного інституту УПА м. Бахмут, т.:050-169-80-46, e-mail: pokataeva2@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 25.05.2018

УДК 661.9:311.2

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ УГЛЯ

Гликина И.М., Гликин М.А., Кудрявцев С.А.

METHOD OF CREATION OF THE COMPUTER'S MODEL OF CARRYING OUT THE CATALYTIC PROCESS OF STEAM COAL CONVERSION

Glikina Irene M., Glikin Marat A., Kudryavtsev Sergey A.

В статье показано построение математической модели процесса паровой конверсии угля в системе моделирования ChemCad. Рассмотрено влияние основных параметров процесса: температура, расход угля и расход воды на выход газовых продуктов реакции. Проанализирована возможная скорость реакции осуществления процесса и обсуждены условия протекания процесса по технологии аэрозольного нанокатализа.

Ключевые слова: паровая конверсия угля, компьютерная модель, ChemCad, аэрозольный нанокатализ

1. Введение

Для построения компьютерной модели мы выбрали программный комплекс ChemCad.

Программа ChemCad математически моделирует химико-технологических процессы для решения задач исследования и проектирования.

ChemCad имеет модульную структуру. Это позволяет составить химико-технологическую схему и осуществить ее расчет.

Одним из многочисленных сырьевых источников в Украине является каменный уголь.

Угольная промышленность Украины представлена главным образом предприятиями Донецкого, Львовско-Волинского каменноугольных и Днепровского бурогоугольного бассейна. Основной базой каменного угля Украины является Донецкий каменноугольный бассейн. Кризис осени 2013—2014 гг. оказал отрицательное влияние на состояние экономики страны. В 2015 году объём добычи коксующихся углей снизился на 1,6% — до уровня 39,76 млн т [1]. Газификацию твердого топлива можно представить как совокупность гетерогенных и гомогенных реакций. Наиболее желательными есть продукты реакции: CO, H₂ и CH₄. Известно, что газообразную смесь синтез-газа (CO+H₂) широко используют как сырье для многих синтезов. Природный каменный уголь имеет небольшие примеси, что зависит от месторождений.

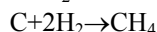
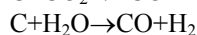
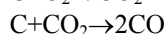
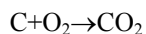
Представим усредненный состав каменного угля в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный состав каменного угля Украины [2]

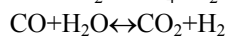
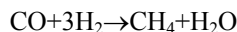
компонент	состав, %	удельная теплота сгорания, ккал/кг
С	72-96	6900 - 8600
S	до 1,6	
H	1,5-5,9	
O	1,4-16	
зола	2-45	
влага	3-15	

Если допустить, что твердое топливо состоит только из углерода, то можно предположить такие уравнения:



Эти уравнения описывают гетерогенную часть от процесса газификации углерода с образованием газообразных соединений. Следует учитывать, что из твердого топлива также получают продукты его термического разложения: диоксид углерода, вода, водород и продукты полукоксования (углеводороды), которые могут реагировать с раскаленным углеродом.

Гомогенную же составляющую процесса газификации можно описать следующими уравнениями:



И гомогенные, и гетерогенные реакции протекают при существенном изменении энергии системы. Основные из них, близкие к паровой конверсии угля, представим таблице 2.

Таблица 2

**Энтальпия некоторых реакций,
протекающих при газификации топлив**

№	Реакция	ΔH , кДж/кмоль
1	$C+H_2O=CO+H_2$	+118577
2	$C+2H_2O=CO_2+2H_2$	+16258
3	$CO+H_2O=CO_2+H_2$	-42361
4	$C+2H_2=CH_4$	-83800

Способы и методы газификации твердого топлива, их преимущества и недостатки рассмотрим в таблице 3 [3].

При паровой конверсии метана активными катализаторами являются металлы VIII группы. Их ряд активностей выглядит следующим образом: $Rh>Ru>Ni>Ir>Pt, Pd>>Co>Fe$.

Типичным носителем для никелевых катализаторов является оксидная керамика: $\alpha-Al_2O_3$, MgO , $MgAl_2O_4$, ZrO_2 . Для повышения прочности применяют цементные связки, не содержащие SiO_2 , чаще всего $CaAl_2O_4$. Оксид магния менее подвержен закоксовыванию, чем Al_2O_3 .

В таблице 4 приведены условия протекания процесса газификации угля и встречаемые на пути трудности осуществления процесса.

Мы рассмотрели преимущества и недостатки процесса газификации угля и это позволило предположить возможность проведения процесса паровой конверсии угля в условиях технологии аэрозольного нанокатализа.

2. Цель исследования

Составить компьютерную модель при помощи комплекса ChemCad для осуществления каталитического процесса паровой конверсии угля при атмосферном давлении.

Рассмотреть влияние соотношения исходных реагентов на возможность протекания целевой реакции.

Для осуществления цели поставим перед собой следующие задачи исследования:

1. определить компьютерные модули программы, которые смогут описать исследуемый процесс;
2. составить схему в программном комплексе ChemCad;
3. осуществить расчет при различных входящих параметрах и провести анализ.

3. Методика и построение схемы модели

Перед началом работы установим единицы измерения. Для этого воспользуемся командой $Format \Rightarrow Engineering Units$, открываем панель единиц измерения и устанавливаем модифицированную систему единиц СИ (Alt Si).

Для исследования нашего процесса установим следующие единицы измерения: время, сек; масс/моль, кг; температура, С; давление, кПа; объемные величины, m^3 .

Таблица 3

Различные способы газификации угля

Фактор, который влияет на процесс	Способ	Преимущества	Недостатки
размер частиц угля - кусковой уголь	стационарный: кусковой уголь медленно опускается, газифицирующие агенты вводят снизу	хорошая теплопередача; снижаются расходные показатели; повышается общая эффективность процессов	протекает полукоксование угля с образованием продуктов (масло, смола, фенолы), загрязняющих газ
тип угля - спекающиеся угли	создают специальные устройства, которые находятся в движении, и вращающиеся решетки	возможность удаления золы из реакционного объема в твердом состоянии	изнашиваемость вращающейся решетки; большое время простоя; большая стоимость ремонтных работ
размер частиц угля – мелкий (пылевидный) уголь	уголь и газообразный газифицирующий агент подают в газификатор в одном направлении	небольшая стоимость угля; применение угля различной углефикации; не образуется побочных продуктов; возможность применения др. жидкого и газообразного углеородного топлива; осуществление газификации при повышенном давлении позволяет: повысить производительность газогенератора; снижение расходов на компримирование синтез-газа; повышается КПД газификации	для углей с высокой температурой плавления золы затруднен выбор материала для футеровки реакционной камеры; для газификации с жидким шлакоудалением: резкое снижение КПД при большом содержании золы и проведении процесса при высоких температурах; проблемы с непрерывным подводом пылевидного топлива, выгрузки шлака через шлюз и достижение полного превращения топлива

Таблица 4

Условия протекания процесса конверсии ископаемого сырья [4]

Процесс	Условия	Трудности
паровая конверсия метана (паровой риформинг)	сильноэзотермический процесс; никелевый катализатор, 900-1000 °С, объемная скорость ≈1000 ч ⁻¹ ; при паровой конверсии высших углеводородов проводят предконверсию на никелевом катализаторе при 350-550 °С.	высокая стоимость перегретого водяного пара; образование избыточных количеств CO ₂ ; получаемый состав синтез-газа пригоден для синтеза аммиака, а не для синтеза метанола, диметилового эфира или углеводородов.
паровая конверсия СО (реакция водяного газа)	эндотермический процесс; 370-440 °С – высокотемпературная, 230-260 °С – низкотемпературная; железо-хромовооксидный катализатор, давление может достигать 3 МПа и выше, время контакта 3-9 с (с ростом давления до снижается 1 с); цинк-медный катализатор, температура до 250 С, давление до 1,3 МПа, время контакта около 1 с; одностадийная среднетемпературная конверсия СО (320-350 С) на медьсодержащем катализаторе на носителе.	железо-хромовооксидный катализатор чувствителен к сере; медьсодержащий катализатор более чувствителен к ядам и имеет меньшую термостабильность.
парциальное окисление метана, кислородный риформинг)	сильноэзотермический процесс; гомогенный некаталитический – при 1100-1300 °С наступает термодинамическое равновесие; при 750 °С, 1 атм и соотношении CH ₄ :O ₂ =2:1 получаем состав газа H ₂ :CO=2:1. При снижении температуры получаемое соотношение выше двух. гетерогенный каталитический – 1 атм и выше 750 °С достигается равновесие системы. На практике процесс протекает при 3 МПа и 1000 °С без добавления пара. При введении пара конверсия метана увеличивается, снижается температура до 950 °С. При этом объемная скорость ≈10000 ч ⁻¹ .	высокая стоимость кислорода (около 50% общей стоимости получения синтез-газа); взрывоопасность смеси; возможность разрушения катализатора за счет локальных перегревов; возможность образования углерода за счет газофазных реакций.
углекислотная конверсия метана (сухой риформинг)	сильно эндотермический процесс; никелевый катализатор на носителе; катализатор К. Фудзимото Ni _{0,03} Mg _{0,97} O работает при 700-900 °С и активен в течение 3000 ч (никель восстанавливается до металла); активный стабильный и селективный катализатор Ni или Co нанесенный на α-Al ₂ O ₃ работает при 650-750 °С при равновесной конверсии; катализатор Ni/MgO-Cr ₂ O ₃ составом 6% Ni-1% Cr ₂ O ₃ /MgO наиболее активен и обеспечивает равновесную конверсию при 700 °С; оксидно-марганцевая система 5% CaO-12% MnO/Al ₂ O ₃ оказалась лучшей при 900-950 °С и не заакоксывается.	потеря активности при закоксовывании катализатора; при использовании катализатора К. Фудзимото дезактивация катализатора вызвана реокислением Ni до NiO; добавление даже незначительных количеств металлов платиновой группы к никелевому катализатору увеличивает его стоимость; получаемый состав синтез-газа пригоден для синтеза диметилового эфира или поликарбонатов.

Для модели необходимо выбрать из списка используемые компоненты. Сделать это можем командой ThermoPhysical ⇒ Component List, открывается панель «Выбор компонентов». У нас в процессе участвуют следующие компоненты: 48 Carbon Monoxide, 49 Carbon Dioxide, 64 Carbon, 1 Hydrogen, 62 Water.

В процессе присутствует твердая фаза, поэтому ее необходимо указать в ThermoPhysical ⇒ Pick Solids и выбрать компонент, который находится в твердом состоянии в системе.

Схема всегда начинается с входных и выходных потоков. Для этого в ChemCad предусмотрены модули: Feed (Питание) и Product (Продукт) соответственно. В нашем процессе входных потоков два: уголь (твердое вещество) и вода (жидкость переходящая в пар). Поэтому мы используем два потока Питание. Однако теплообменный модуль имеет один входящий поток, следовательно, чтобы организовать вход двух потоков в модуль Heat Exchanger #3 (Теплообменник), используем модуль MIXE (Смеситель).

Для исследования процесса, использующего гетерогенные фазы, применяют модуль GIBS (Реактор Гиббса) [5, 6].

На рис. 1 можно увидеть результат построения в ChemCad, согласно описанной методике.

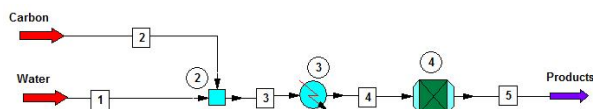


Рис. 1. Схема осуществления процесса паровой конверсии угля

Исследование будем проводить при атмосферном давлении изотермическом режиме. При этом изменяемыми параметрами возьмем температуру 600-800 °С, расход угля 5-60 кг/с, расход воды 5-60 кмоль/с.

4. Результаты исследований и их обсуждение

При 800 °С были изучены режимы с различным соотношением C:H₂O. Рассмотрены зависимости выхода газообразных продуктов реакции от массы подаваемого сырья (угля) (Рис. 2). Зависимость

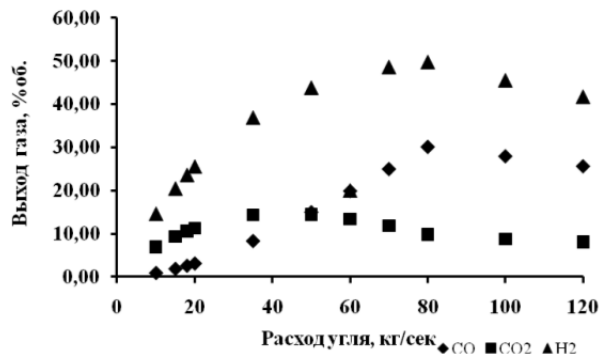


Рис. 2. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода угля ($T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{H}_2\text{O}}=10\text{ кмоль/с}$)

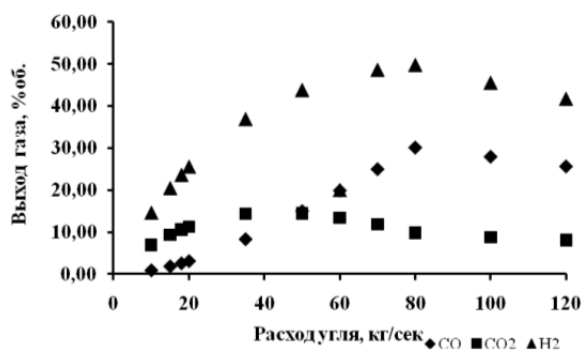


Рис. 4. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода угля ($T=700\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{H}_2\text{O}}=10\text{ кмоль/с}$)

выхода газообразных продуктов реакции от расхода подаваемого сырья (воды) показана на Рис. 3.

Отмечено, что в данных условиях можно предположить режим получения синтез-газа (CO+H₂) с минимальным выходом CO₂ происходит с расходом угля 110 кг/сек. Это соответствует соотношению C:H₂O=1:1,2. Однако при расходе угля в 120 кг/с уголь не полностью превращается в газообразные продукты. Поэтому этот расход принимаем за максимальную граничную величину расхода угля.

При 700 °С зависимость выхода газообразных продуктов реакции от массы подаваемого сырья (угля) предстала на Рис. 4, а зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода подаваемого сырья (воды) показана на Рис. 5. В данных условиях процесс каталитической паровой конверсии угля вероятен с расходом угля около 80 кг/с, и расходом воды 10 кмоль/с. Данные значения можно считать как оптимальные.

При 600 °С зависимость выхода газообразных продуктов реакции от массы подаваемого сырья (угля) предстала на Рис. 6, а зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода подаваемого сырья (воды) показана на Рис. 7. В данном случае процесс каталитической паровой конверсии угля вероятен с расходом угля около 50 кг/с, и расходом воды 10 кмоль/с.

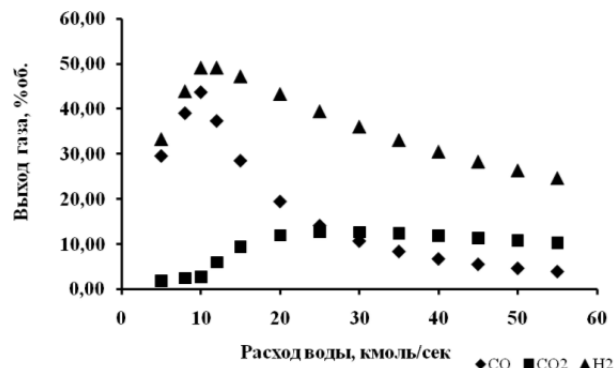


Рис. 3. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода воды ($T=800\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{C}}=110\text{ кг/с}$)

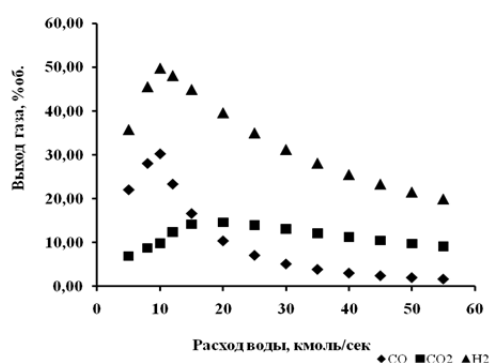


Рис. 5. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода воды ($T=700\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{C}}=80\text{ кг/с}$)

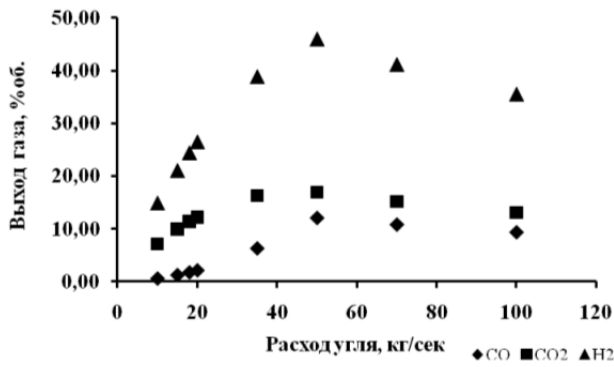


Рис. 6. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода угля ($T=600\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{H}_2\text{O}}=10\text{ кмоль/с}$)

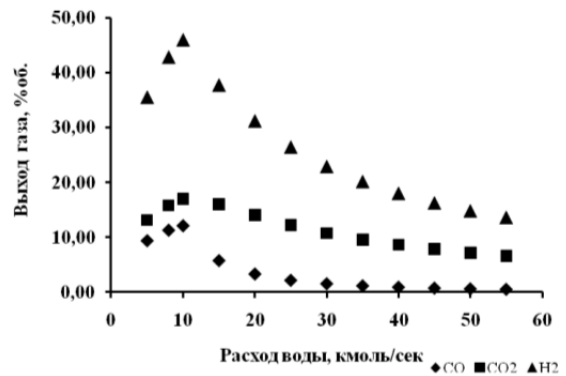


Рис. 7. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода воды ($T=600\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{C}}=50\text{ кг/с}$)

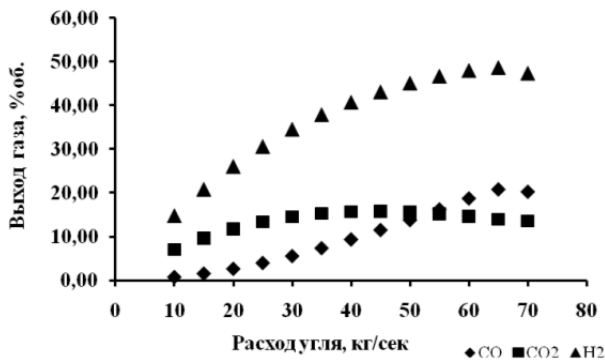


Рис. 8. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода угля ($T=650\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{H}_2\text{O}}=10\text{ кмоль/с}$)

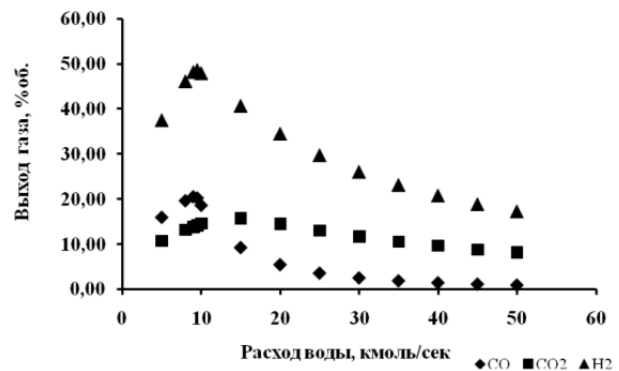


Рис. 9. Зависимость выхода газообразных продуктов реакции от расхода воды ($T=650\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V_{\text{C}}=60\text{ кг/с}$)

Анализируя полученные данные видим, что оптимальным расходом воды можно считать 10 кмоль/с. Расход же по основному компоненту (углю) зависит от выбранного нами температурного режима. Так как большинство процессов в условиях аэрозольного нанокатализа протекают при 600-700 °C, то следует рассмотреть влияние выхода продуктов реакции в этом интервале подробнее. Результаты исследований представлены на Рис. 8 и 9.

Проанализировав результаты можно предположить, что оптимальными являются следующие величины: расход угля 60 кг/с, расход воды 9,5 кмоль/с, температура 650 °C. В условиях технологии аэрозольного нанокатализа применим концентрацию катализатора 5 г/м³. Катализатор принимаем оксид железа Fe₂O₃.

Рассмотрим скорости образования продуктов реакции от количества подаваемого угля (Рис. 10 – 12).

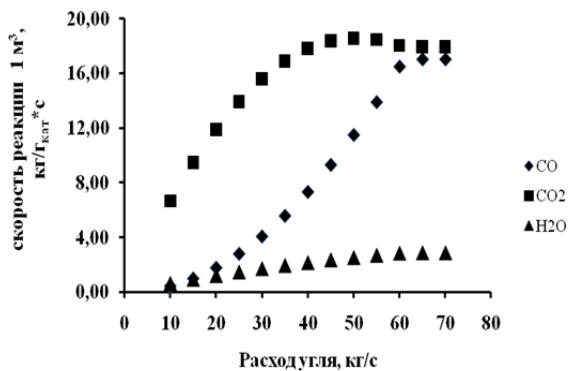


Рис. 10. Зависимость скорости реакции на массу катализатора в объеме реактора от количества угля

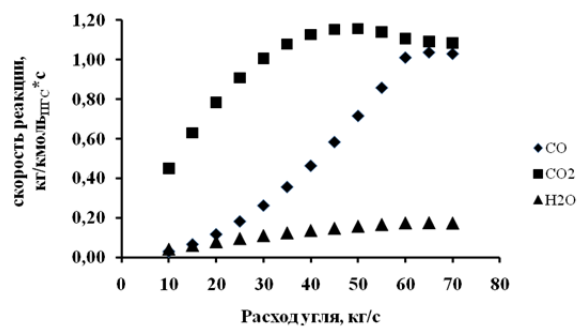


Рис. 11. Зависимость скорости реакции на объем парогазовой смеси от количества угля

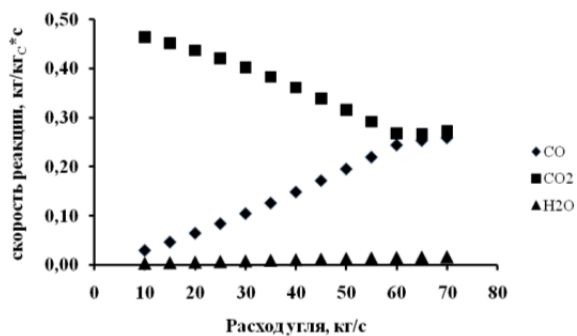


Рис. 12. Залежність швидкості реакції на масу вугля від подаваного його кількості реактор

Рис. 10 – 12 підтверджують, що оптимальними умовами може бути витрата вугля 60 кг/с, витрата води 9,5 кмоль/с, температура 650 °С. Після реактора необхідно ставити очищення від CO₂ з використанням його в інших синтезах.

Висновки

Визначено необхідні модулі для створення схеми процесу парової конверсії вугля.

Створено методика і схему при допомозі комплексу ChemCad для процесу парової конверсії вугля.

Проведено дослідження процесу в інтервалі температур 600-800 °С. Також розглянуто протікання процесу в інтервалі витрат вугля 5-70 кг/с і води 5-70 кмоль/с.

Виявлено оптимальні умови протікання процесу парової конверсії вугля: температура 650 °С, витрата вугля 60 кг/с і витрата води 9,5 кмоль/с. Розглянуто залежності швидкості реакції від кількості подаваного вугля.

Література

1. <https://economics.unian.net/energetics/1233151-dobyicha-uglya-v-ukraine-za-god-sokratilas-v-16-raza.html> - Добыча угля в Украине за год сократилась в 1,6 раза, 11 января 2016.
2. <http://www.uglya.net/kamennyiy-ugol-v-ukraine/> - Каменный уголь в Украине
3. Химические вещества из угля. Под ред. И.В. Калечица. – М.:Химия, 1980. – 616 с.
4. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. – М.:Академкнига, 2004. – 679 с.
5. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad: Учебно-методическое пособие / Казан. гос. технол. ун-т. Сост.: Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов. – Казань, 2008. – 160 с.
6. Савельев Н.И. Балансовые расчеты химико-технологических процессов: учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2014. – 136 с.

References

1. <https://economics.unian.net/energetics/1233151-dobyicha-uglya-v-ukraine-za-god-sokratilas-v-16-raza.html> - Dobycha uglya v Ukraine za god sokratilas' v 1.6 raza, 11 yanvarya 2016.
2. <http://www.uglya.net/kamennyiy-ugol-v-ukraine/> - Kamennyiy ugol' na Ukraine
3. Khimicheskie veshchestva iz uglya. Pod red. I.V. Kalechitsa. – M.:Khimiya, 1980. – 616 s.
4. Krylov O.V. Geterogeniy kataliza. – M.:Akademkniga, 2004. – 679 s.
5. Matematicheskoe modelirovanie khimiko-tekhnologicheskikh sistem s ispol'zovaniem programi ChemCad: Uchebno-metodicheskoe posobie / Kazan. Gos. Tekhnol. Univ. Sost. : N.N. Ziyatdinov, T.V. Lapteva, D.A. Ryzhov. – Kazan', 2008. – 160 s.
6. Savel'ev N.I. Balansovie raschety khimiko-tekhnologicheskikh protsesov : ucheb. posobie. – Cheboksary:Izd. Chuvash. Univ., 2014. – 136 s.

Глікіна І.М., Глікін М.А., Кудрявцев С.О. Методика створення комп'ютерної моделі здійснення каталітичного процесу парової конверсії вугілля

У статті показано побудову математичної моделі процесу парової конверсії вугілля в системі моделювання ChemCad. Розглянуто вплив основних параметрів процесу: температура, витрата вугілля і витрата води на вихід газових продуктів реакції. Проаналізовано можливі швидкості реакції здійснення процесу і обговорені умови протікання процесу за технологією аерозольного нанокаталізу.

Ключові слова: парова конверсія вугілля, комп'ютерна модель, ChemCad, аерозольний нанокаталіз

Glikina Irene M., Glikin Marat A., Kudryavtsev Sergey A. Method of creation of the computer's model of carrying out the catalytic process of steam coal conversion

The article shows the construction of a mathematical model for the process of steam coal conversion in the ChemCad simulation system. The influence of the main process parameters such as temperature, coal consumption and water flow on the yield of reaction gas products is considered. The possible rate of reaction of the process is analyzed and the conditions of the process proceeding are discussed using the technology of aerosol nanocatalysis.

Key-words: steam coal conversion, computer's model, ChemCad, aerosol nanocatalysis

Глікіна 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

Глікін Марат Аронович. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна.

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

Рецензент: д. т. н, проф. **Суворін О.В.**

УДК 658.28.2: 621.867

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕПНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Голубева С.М., Морнева М.О.

ANALYSIS OF INDICATORS FOR EVALUATION OF THE CONTROL SYSTEM FOR THE ACTUATORS OF INDUSTRIAL CHAIN CONVEYERS

Golubieva S.M., Morneva M.O.

Приведены показатели и аналитические соотношения, характеризующие систему управления приводов при пуске промышленных цепных конвейеров, на основании которых предложен принцип построения станции управления пуском асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором главного привода промышленного цепного конвейера.

Ключевые слова: конвейерная система, асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, цепной конвейер, регулирование скорости, пуск конвейера.

Введение. Подвесные грузонесущие конвейеры широко применяются в различных отраслях промышленности для механизации и автоматизации грузопотоков с применением автоматизированных погрузочно-разгрузочных устройств.

Основным требованием, определяющим выбор электрического привода конвейерных установок, является обеспечение приемлемых условий пуска и разгона тягового органа конвейера. Если пусковое усилие, приложенное к цепи цепного конвейера, нарастает очень быстро, то это вызовет рывок начального отрезка цепи, что будет сопровождаться значительными динамическими перегрузками в звеньях цепи. Перегрузки приведут к повышенному износу цепи или даже к ее обрыву [1]. Поэтому конструкция пускового устройства промышленного цепного конвейера (ЦПК) должна обеспечивать оптимальный плавный пуск.

Постановка проблемы. К настоящему времени рассмотрены показатели для оценки пусковых свойств приводов ленточных конвейеров [1,2,3]. Однако показатели промышленных цепных конвейеров систематизированы в недостаточной степени.

Применительно к ленточному конвейеру оптимальным считают пуск минимальной длительности при ограниченных коэффициентах динамического усилия ленты и трансмиссии, или наоборот, пуск с минимальными коэффициентами

динамичности при ограниченной длительности пуска [2], что остается актуальным и для ЦПК.

Для разработки показателей, характеризующих пусковые свойства систем управления приводов ЦПК, необходимо с учетом технологии решить следующие задачи:

1. Обеспечение заданного диапазона регулирования скорости $D \geq 5$ и изменения параметров технологического процесса.
2. Плавное трогание электропривода конвейера с ограничением ускорения.
3. Выбор кинематического зазора на низкой скорости $\omega_n = 0,2\omega_n$ [4].
4. Снижение динамического усилия на валу двигателя и приводной звездочке.
5. Повышение точности стабилизации скорости конвейеров в линии.

Цель статьи. В настоящей работе поставлена цель формирования системы показателей, характеризующих систему управления приводов при пуске промышленных цепных конвейеров.

Результаты исследований.

1. Определяющим показателем с учетом технологии является диаграмма пуска конвейера и функция регулирования скорости.

Диаграмма пуска конвейера состоит из четырех периодов:

– $t_0 \div t_1$ – время работы предварительной сигнализации. Выполнение данной функции необходимо обеспечить согласно требованиям техники безопасности;

– $t_1 \div t_2$ – плавное трогание двигателя и звездочки с места. При пуске цепных конвейеров средней и большой протяженности следует учитывать скорость распространения упругих колебаний вдоль тягового элемента [5]. Поэтому для того, чтобы ослабить упругий удар и ограничить начальное ускорение, в таких конвейерах целесообразно использовать плавное трогание на

пониженной скорости. Учитывая скорость распространения упругих колебаний, выбор $t_1 \div t_2$ в пределах 0,5-2с позволяет существенным образом ослабить упругий удар;

– $t_2 \div t_3$ – вытяжка конвейера на низкой ползучей скорости. Этот период обусловлен необходимостью выбора слабины органа и люфтов (зазоров) в редукторе и кинематической цепи с целью уменьшения динамических ударов в механической части конвейера. Длительность работы на низкой ползучей скорости зависит от длины конвейера и величин провисаний, её следует выбрать в пределах 4с;

– $t_3 \div t_4$ – разгон конвейера до номинальной скорости. С целью уменьшения износа механической части конвейера в этот период необходимо ограничить момент на валу двигателя, а следовательно, и величину ускорения.

Зная приведенный к валу двигателя момент инерции системы, можно определить время трогания и разгона привода конвейера, используя уравнения движения привода [3]

Следует подчеркнуть, что величина ползучей скорости и её продолжительность, а также величина ускорения в период разгона, существенным образом определяют срок службы конвейера: с уменьшением величины ползучей скорости и ускорения срок службы увеличивается за счет уменьшения перегрузок в механической части конвейера, но при этом снижается производительность и ухудшается тепловой режим двигателя. Поэтому при выборе конкретных значений необходимо принимать компромиссное решение, учитывающее режим работы двигателя. Величину ползучей скорости следует брать в пределах 15-25% от номинальной, а общее время пуска конвейера – в пределах 4–20с [4].

Длительность процесса трогания, вытяжки и разгона конвейера задаются программным устройством системы управления. Данное устройство изменяет задающее напряжение в соответствии с функцией, которую можно описать методом переключающих функций [4]:

$$f(\omega) = \frac{\omega_1}{t_2 - t_1} T_1^* + \omega_1 T_2^* + \frac{\omega_n - \omega_1}{t_4 - t_3} T_3^* + \omega_n T_4^*, \quad (1)$$

где T_i^* – переключающая функция, $T_i^* = 1, i = 1 - 4$.

2. Коэффициент динамического усилия κ_D .

Величина коэффициента динамического усилия определяет плавность трогания конвейера, срок службы цепи, шпонок, пальцев, особенно при пульсирующем режиме работы конвейера. Разработка нормативов по его выбору требует отдельных глубоких исследований. Однако ввиду того, что система будет настроена на оптимальный переходной процесс, то величину κ_D следует брать 1,2-1,4 [6]:

$$\kappa_D = \frac{F_{max}}{F_c}, \quad (2)$$

где F_{max} – максимальное усилие на звездочке; F_c – статическое усилие на звездочке.

3. Диапазон регулирования скорости D двигателя.

Характеризует пределы изменения средних значений переменной скорости (либо её значений, соответствующих конкретному уровню возмущающих воздействий), возможные при данном способе регулирования. Пределы регулирования переменной ограничиваются сверху максимально допустимыми или максимально реализуемыми значениями переменной, а снизу требуемой точностью или минимально реализуемыми значениями переменной при данном способе регулирования. Диапазон регулирования скорости определяется требованиями технологического процесса, условиями нагрева двигателя при минимальной скорости [7]:

$$D \geq \frac{\Delta\omega\beta\omega_n}{M_n\omega_{min}}, \quad (3)$$

где β – жесткость механической характеристики, $\Delta\omega = (\omega_{max} - \omega_{min})/2$ – абсолютная ошибка регулирования.

4. Время пуска конвейера.

Определяется наличием резонансных колебаний на повышенной частоте. Если период низкочастотных колебаний $T_2 = \frac{1}{2\pi\Omega_{p2}}$

превосходит время разгона привода до рабочей скорости, то на процессе пуска будут сказываться в основном только высокочастотные колебания [8]:

$$\Omega_{p1} \approx \sqrt{\frac{2\Omega_n^2 + \Omega_p^2 + \Omega_o^2}{2}}, \quad (4)$$

где $\Omega_n, \Omega_p, \Omega_o$ – собственные частоты свободных колебаний элементов системы

5. Жесткость механической характеристики привода конвейера β .

Цепным грузонесущим конвейерам часто требуется стабилизировать производительность, поэтому при разработке системы управления должны быть предусмотрены меры по увеличению жесткости механических характеристик. Жесткость механической характеристики определяет статизм двигателя в системе, погрешность скоростей в линии [6]:

$$\beta \geq \frac{2M_\kappa}{\omega_0 S_\kappa}, \quad (5)$$

где M_k и S_k - соответственно критический момент и скольжение.

6. Коэффициент несимметрии фазных напряжений.

Несимметрия фазных напряжений приводит к уменьшению полезной мощности двигателя и снижению момента двигателя. Преобразователь частоты имеет на выходе несимметрию напряжения, которая не должна превышать значения 2%.

7. Температура перегрева статора двигателя при минимальной скорости.

Расчет нагрева обмоток двигателя должен производиться с учетом того, что при изменении частоты вращения двигателя непрерывно изменяется теплоотдача A и, следовательно, постоянная времени нагрева T . Диапазон регулирования скорости определяет его температурный режим при минимальной скорости. Поэтому диапазон регулирования ограничивается нагревом [9]:

$$t_n = t_{доп} - t_{о.с.}, \tag{6}$$

где $t_{доп}$ - допустимая температура нагрева (в зависимости от класса изоляции), $t_{о.с.}$ - температура окружающей среды.

8. Точность регулирования скорости.

Определяется возможными отклонениями её от заданного значения под действием возмущающих факторов [6], например, изменения нагрузки при регулировании скорости, изменений скорости при регулировании момента двигателя, колебаний напряжения сети и т.п. Самая низкая точность регулирования будет при минимальной частоте. При установке тахогенератора точность возрастает.

9. Плавность регулирования.

Характеризует число дискретных значений регулируемого параметра, реализуемых при данном способе в диапазоне регулирования. Для повышения плавности регулирования целесообразно применить цифровое задающее устройство с 12-тиразрядной системой счисления. Тогда можно будет получить $2^{12} = 4096$ значений скорости.

Показатели для оценки системы управления ЦПК сведены в табл. 1.

Выводы. Наиболее важными показателями с точки зрения электромеханических процессов в приводе при пуске и регулировании скорости промышленных цепных конвейеров являются: диапазон регулирования скорости, функция регулирования скорости, величина коэффициента динамического усилия привода при пуске.

На определение диапазона регулирования скорости решающее влияние оказывают потери в двигателе при минимальной скорости в условиях пониженной теплоотдачи двигателя. Анализ теплового режима двигателя и является предметом дальнейших исследований.

Таблица 1
Показатели оценки системы управления приводом ЦПК

	Показатель	№ расчетной формулы	Значение
1	Коэффициент динамического усилия на приводной звездочке	1	1,2-1,4
2	Диапазон регулирования скорости	2	≥ 5
3	Функция регулирования скорости	3	
4	Время пуска электропривода	4	4÷20
5	Жесткость механической характеристики двигателя	5	$\rightarrow \infty$
6	Коэффициент несимметрии фазных напряжений преобразователя		0,02
7	Температура перегрева статора двигателя при минимальной скорости	6	90°С
8	Точность регулирования скорости при минимальном значении		0,2
9	Плавность регулирования при цифровом задающем устройстве		0,037

Л и т е р а т у р а

1. Соловьев А.С., Соловьев В.С. Автоматизированный электропривод конвейеров / А.С. Соловьев, В.С. Соловьев. - Л: Изд. ЛГИ, 1977. - 65с.
2. Пуха А.И., Лысенко Н.И., Тесля А.И., Дубовик Н.В. Показатели для оценки пусковых свойств приводов ленточных конвейеров / А.И. Пуха, Н.И. Лысенко, А.И. Тесля, Н.В. Дубовик // Конструирование и производство транспортных машин, Харьков. – 1984. - №16. - с. 74-78.
3. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В.И. Ключев, В.М. Терехов. - М.: Энергия, 1980. - 360с.
4. Бенхаддади Мохаммед. Разработка и исследование тиристорной станции управления цепным грузонесущим конвейером: Дис... канд. техн. наук: 05.09.03. – В., 1985. – 162с.
5. Спиваковский А.О., Дмитриева В.Г. Теория ленточных конвейеров / А.О. Спиваковский, В.Г. Дмитриева. - М.: Наука, 1982. – 192с.
6. Чиликин М.Г., Ключев В.И., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. - М.: Энергия, 1979. - 616с.
7. Ключев В.И. Теория элетропривода / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1985 - 560с.
8. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / В.И. Ключев, В.М. Терехов. - М.: Энергия, 1980. - 360с.
9. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник//А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. - М.: Энергоиздат, 1982. - 504с.

References

1. Solov'ev AS, Solov'ev VS Automated electric drive of conveyors / AS Soloviev, VS Soloviev - L: Izd. LGI, 1977. – 65p.
2. Pukha AI, Lysenko N.I., Teslya A.I., Dubovik N.V. Indicators for estimating the starting properties of belt conveyor drives / A.I. Pooh, NI Lysenko, AI Tesla N.V. Dubovik // Construction and production of transport vehicles, Kharkiv. - 1984 - №16. - pp. 74-78.
3. Klyuchev VI, Terekhov VM Electric drive and automation of general industrial mechanisms / VI Klyuchev, VM Terekhov - Moscow: Energy, 1980. – 360p.
4. Benhaddadi Mohammed. Development and research of a thyristor control station with a chain loader-conveyor: Dis ... Candidate. tech Sciences: 05.09.03. - V., 1985. – 162p.
5. Spivakovsky AO, Dmitrieva VG Theory of tape conveyors / A.O. Spivakovsky, VG Dmitrieva - Moscow: Nauka, 1982. – 192p.
6. Chilikin MG, Klyuchev VI, Sandler AS Theory of the automated electric drive / M.G. Chilikin, VI Klyuchev, AS Sandler - Moscow: Energy, 1979. – 616p.
7. Klyuchev VI The theory of electric drive / VI Key - Moscow: Energoatomizdat, 1985 – 560p.
8. Klyuchev VI, Terekhov VM Electric drive and automation of general industrial mechanisms / VI Klyuchev, VM Terekhov - Moscow: Energy, 1980. – 360p.
9. Asynchronous motors of series 4A: Directory / / A.E. Kravchik, MM Shlaf, VI Afonin, E.A. Sobolenskaya - Moscow: Energoizdat, 1982. – 504p.

Голубєва С.М., Морнева М.О. Аналіз показників для оцінки системи управління приводів промислових ланцюгових конвеєрів.

Приведено показники і аналітичні співвідношення, що характеризують систему управління приводів при пуску промислових ланцюгових конвеєрів, на підставі яких запропонований принцип побудови станції управління пуском асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором головного приводу промислового ланцюгового конвеєра.

Ключові слова: конвеєрна система, асинхронний двигун із короткозамкненим ротором, ланцюговий конвеєр, регулювання швидкості, пуск конвеєра.

Golubieva S.M, Morneva M.O. Analysis of indicators for the evaluation of the system of controlling the drives of industrial chain conveyers.

The indexes and analytical relations characterizing the drive control system for the production of industrial chain conveyers are presented, on the basis of which the principle of construction of the control station of the pulse of the asynchronous motor with a short-circuited rotor of the main drive of the industrial chain conveyer is proposed.

Keywords: conveyer system, asynchronous motor with short-circuited rotor, chain conveyer, speed control, conveyer start.

Голубєва С.М. - старший викладач кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: glbvnu@gmail.com

Морнева М.О. - доцент кафедри електричної інженерії ЧНУ ім. В. Даля, e-mail: morneva@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 17.05.2018

УДК 628.16:547.495.1:66.067.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ ГІДРАЗИНУ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ РЕАКТОРІ З КОНДЕНСАТІВ СОКОВОЇ ПАРИ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ

Демчук І.М., Столяренко Г.С.

STUDIES OF THE PROCESS OF SYNTHESIS OF HYDRAZINE IN AN ELECTROMAGNETIC REACTOR WITH CONDENSATES OF JUICE VAPOR PRODUCTION OF UREAS

Demchuk I.M., Stolyarenko G.S.

У статті коротко розглянуті методи синтезу гідразину, аргументовано доцільність створення нових утилізаційних технологій вторинної переробки конденсатів сокової пари до стадії десорбції та гідролізу в гідразин та його похідні. Представлені результати роботи установки синтезу гідразину з азотовмісної сировини в хвильовому реакторі, виведена крива залежності окислення основного продукту (гідразину) в процесі повного контактування новоутвореного гідразину з повітрям за нормальних умов.

Ключові слова: гідразин, карбамід, аміак, синтез, конденсат, електромагнітний реактор.

Вступ. Історія синтезу гідразину почалася з 1875 року, коли його органічні похідні були відкриті Фіширом. Далі синтезувати гідразин гідрат та його неорганічні солі вдалося Куріусу в 1887 році. За рахунок його фізико-хімічних властивостей і розвитку космонавтики гідразин почав використовуватися як один з основних складових ракетного палива [1]. Тоді питання синтезу гідразину набуло більш вагомого значення.

Гідразин або діамін - це азотоводень; сильно гігроскопічна рідина, що володіє помітною здатністю поглинати з повітря вуглекислоту і кисень. Температура замерзання - плюс 1,5°C, кипіння - 113,5°C (за нормальних умов). Гідразин добре розчиняється у воді, спиртах, аміаку, амінах; не розчинний у вуглеводнях. Водні розчини володіють основними властивостями. Гідразин є сильним відновником [2].

Гідразин має широкий спектр використання: застосовується в органічному та неорганічному синтезі, фармакології, аналітичній хімії. Гідразин використовують в якості консерванту та деаератора води для котельних установок. Він є основним компонентом у виробництві інсектицидів, а також з

його допомогою синтезують стимулятори росту рослин [3, 4, 5, 6].

В даний час, гідразинове паливо широко використовуються в ракетній техніці. Так, наприклад, несиметричний диметилгідразин (НДМГ, гептил) використовується на міжконтинентальних балістичних ракетах Р36М2 «Воєвода», ракетах-носіях «Космос», «Циклон», «Протон»; американських ракетах "Титан"; французьких - «Аріан»; в установках двигунів автопілотованих кораблів та автоматичних супутників орбітальних та міжпланетних станцій [7,8].

В 21-му столітті структура споживання гідразину розподіляється таким чином: на виробництво пестицидів відводиться 40% від загального обсягу споживання, на виробництво піноутворюючих агентів - 30%, на виробництво речовини для водопідготовки - 14%, в інші сфери застосування - 17% [9].

Основні виробництва гідразину та гідразин сульфату зосереджені в таких країнах, як: Франція, Німеччина, Японія («OTSUKA-MGC CHEMICAL COMPANY, INC», г. Осака), Південна Корея, США («Arch Hydrazine») та Китай% [10].

Постановка проблеми. В зв'язку високою вартістю основної сировини та складністю процесу виробництва гідразину та його похідних, пошук альтернативної сировини для виробництва гідразину, а також оптимізації існуючих способів виробництва є досить актуальним питанням.

Конденсати сокової пари виробництва карбаміду містять в своєму складі як аміак - основний компонент синтезу гідразину за методом Рашига так і карбамід - основний компонент синтезу гідразину за методом Хофмана, тому впровадження вторинної переробки даних стоків, котрі утворюються у великій кількості, дає можливість не тільки знизити собівартість гідразину, але й зменшити навантаження на установки нітри-денітри-

фікації та знизити собівартість самого карбаміду за рахунок ліквідації стадії десорбції та гідролізу конденсатів сокової пари.

Використання нових джерел енергії активації хімічних реакцій, таких як електромагнітне опромінення є ще однією перспективою напрямку розвитку такої науки як хімічна технологія, предметом вивчення якої є хімічне виробництво.

Аналіз основних досліджень та публікацій.

Основною сировиною для синтезу гідразину є аміак (синтез по методу Рашига з використанням гіпохлориту натрію), карбамід (синтез по методу Хофмана) та суміш аміаку, ацетону та перекису водню (синтез по методу Юджина-Кульмана) [11].

Наприкінці минулого століття був розроблений синтез гідразин сульфату за участі бензохіноназину. Гідразин сульфат утворюється шляхом гідролізу бензохіноназину в присутності розведеної сірчаної кислоти. Ця процедура дуже складна і вимагає випаровування великої кількості води та вилучення бензохінону шляхом випаровування ефірних сполук, що утворюються при взаємодії бензохінону з етиловим ефіром. Це значно ускладнює процес синтезу, так як концентрація гідразин сульфату в розчині коливається в межах 1-2% [12].

Також розроблена і запроваджена в Німеччині та Англії технологія синтезу гідразин сульфату та гідразин гідрату з використанням кетонів, котрі зв'язують новоутворений гідразин в діазоциклопропан, який зв'язують сірчаною кислотою, що призводить до утворення гідразин сульфату та кетазину (кетазиновий метод). Вихід продукту за даною технологією становить близько 90% (в перерахунку на хлор) [1].

Метод Рашига є більш дешевим, ніж метод Хофмана, але із-за введення в дію на початку двохтисячних років «Акта про забруднення навколишнього середовища, високого споживання енергоресурсів та інвестицій у обладнання», даний спосіб так і не введений у широкомасштабне виробництво, особливо в азіатських країнах, таких як Китай. [9]

Багато агрегатів синтезу гідразину з аміаку шляхом окислення останнього гіпохлоритом натрію, побудовані в минулому столітті працювали в таких країнах, як Німеччина, США, Англія та Японія [1]. Деякі потужності збереглися і до нашого часу.

Метод Юджина-Кульмана може бути економічним, порівнюючи з синтезом Рашига, але все залежить від середньої ринкової вартості на сировину на момент виробництва, ціна якої за останні роки суттєво підвищилася [9].

Кетазиновий метод має значні переваги, так як при виробництві кетазину можна уникнути розкладання гідразину. Однак для того, щоб уникнути стрімкого виділення солей в реакторі синтезу, потрібно затратити багато енергії. В енергетичному плані, даний метод знижує рентабельність виробництва. Даний спосіб синтезу гідразину застосовують здебільшого у Франції [9].

На даний момент, при постійному розвитку хімічної промисловості, попит на продукцію гідразину продовжує зростати, тому питання пошуку шляхів зниження собівартості даної продукції загострюється.

У попередніх дослідженнях встановлена можливість використання конденсатів сокової пари виробництва карбаміду, котрі в своєму складі містять суміш низькоконцентрованих розчинів амідного та амонійного азоту. В якості альтернативного джерела енергії активації системи використано хвильовий реактор та підтверджено утворення гідразину за даних умов [11, 13, 14].

Явище нагріву матеріалів мікрохвильовим опроміненням широко використовується для сушки, прокалювання, термічного розкладання, каталізу і передачі теплоти рідким або газоподібним реагентам. Відомо, що мікрохвильове опромінення добре поглинається багатьма речовинами, причому нагрів більш ефективний, ніж передача теплоти шляхом конвекції або теплопровідності. Трансформація електричної енергії в тепло відбувається за рахунок збудження мікрохвильовим полем процесів обертання або коливань молекул по всьому об'єму. Мікрохвильове опромінення дозволяє забезпечити практично миттєвий нагрів речовини до заданої температури. Акумулявання і передача теплоти до реагентів через тверде технологічне середовище, що бере участь в процесі, як у вигляді інертного середовища (реактор), так і у вигляді реакційного середовища (каталізатор), має велике значення для високотемпературних ендотермічних процесів. У процесах, що відбуваються у хімічній технології, мікрохвильове опромінення застосовують для інтенсифікації енергетичного і масового обміну при ректифікації, дегідруванні, термічному розкладанні карбонатів [15]. Для процесу синтезу гідразину реактори даного типу до сьогодні не використовувалися та не розглядалися в якості альтернативного джерела тепла та енергії активації.

Розглядався синтез гідразину за допомогою двофотонних поглинань шляхом активації молекули азоту або водню на поверхні каталізатора за рахунок розряду з використанням твердого каталізатора, як протилежного електрода [16]. Нажаль, собівартість кінцевого продукту в рази перевищувала ринкову вартість гідразину.

Мета роботи – дослідити процес синтезу гідразину з конденсатів сокової пари виробництва карбаміду, що відбувається під дією електромагнітного випромінювання.

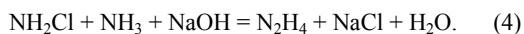
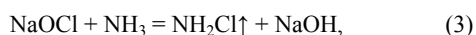
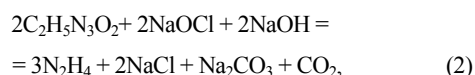
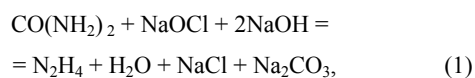
Виклад основного матеріалу дослідження. Основна частина стічних вод виробництва карбаміду утворюється у вузлі конденсації сокової пари, що виділяється при зневодненні розчину карбаміду. Неодноразово проведено аналіз конденсатів сокової пари карбаміду відібраних з цеху з виробництва карбаміду М-2 ПАТ «АЗОТ» та уста-новлено їх якісний та кількісний склад (таблиця 1).

Таблиця 1
Якісний та кількісний склад конденсатів
сокової пари цеху М-2 ПАТ «АЗОТ»

Найменування показника	Значення градієнта масової концентрації визначеного в ході роботи	Значення масової концентрації, згідно з нормативною документацією ц. М-2
CO(NH ₂) ₂ , %	0,80 – 2,00	не більше ніж 2,0
C ₂ H ₅ N ₃ O ₂ , %	0,01 – 0,03	не нормується
NH ₃ , %	1,50 – 5,00	не більше ніж 5,5
CO ₂ , %	1,20 – 3,00	не більше ніж 3,5
H ₂ O, %	96,49-94,97	не нормується
Завислі речовини, мг/дм ³	Відсутність	не нормується
Cl ⁻ , мг/дм ³	Відсутність	не нормується
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Відсутність	не нормується
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	Відсутність	не нормується
Cu, мг/дм ³	< 0,006 (факт. 0,0031)	не нормується
Cr, мг/дм ³	< 0,006 (факт. 0,0004)	не нормується
Ni, мг/дм ³	< 0,006 (факт. 0,0005)	не нормується
Fe, мг/дм ³	0,007	не нормується

Густина конденсатів сокової пари знаходиться в діапазоні 1,01±0,004г/см³, водневий показник рН – 10,2±0,2. Основною цінністю даних стоків у синтезу гідразину є низький вміст металів, котрі каналізують процес окислення новоутвореного гідразину.

В зв'язку з веденням процесу синтезу гідразину в електромагнітному реакторі, дослідити спінові моменти системи на початковій стадії роботи складно, тому, в даному випадку, рівняння реакцій синтезу гідразину з конденсатів сокової пари виробництва карбаміду до стадії десорбції та гідролізу в паро-рідинному потоці під дією електромагнітних хвиль описані з точки зору елементарної хімії (рівняння 1-4).

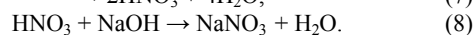
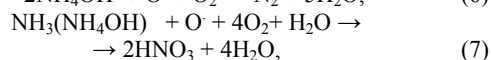
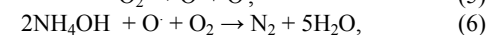


Побічні реакції синтезу гідразину з точки зору елементарної хімії більш повно описані в статті «Recuperation of bound nitrogen by processing into hydrazine sulfate in industrial wastewater» [11].

До сьогодні синтез гідразину з суміші аміаку та карбаміду не розглядалися. До того ж, в даних стоках міститься певна кількість (таблиця 1) розчиненого вуглекислого газу, кінетика впливу

якого на процес синтезу не досліджувалась. З урахуванням інертності вуглекислого газу в умовах ведення процесу, при моделюванні хімізму процесу синтезу гідразину з стічної води виробництва карбаміду вуглекислий газ не враховувався.

Не виключене і протікання атомарно-радикальних процесів (рівняння 5-8) під дією електромагнітного опромінення реакційного розчину, наприклад:



Для підтвердження процесу синтезу гідразину з стічної води виробництва карбаміду в лабораторних умовах було розроблено та спроектовано лабораторну установку синтезу гідразину з конденсатів сокової пари, утвореної в результаті концентрування плаву карбаміду. Створено аналітичну базу, з урахуванням всіх умов ведення процесу. Розроблено програму розрахунків складу вхідної сировини з урахуванням концентрацій вхідних компонентів у вхідній сировині. До початку синтезу гідразину проводилося визначення якісного та кількісного складу вхідної сировини.

На підставі попереднього огляду літератури [1,11,14] розроблена методика проведення синтезу гідразину, відповідно до якої: стічні води до стадії десорбції та гідролізу піддають обробці активним хлором (NaClO) в кількості 1 моль гіпохлориту натрію на 1 моль карбаміду з додаванням 1/78 молів гіпохлориту натрію на 1 моль аміаку, з додаванням 2 моля гіпохлориту натрію на 2 моля біурету, з додаванням їдкою натрію NaOH (98,5%) в кількості 2 моля гідроксиду натрію на 1 моль карбаміду, з додаванням 1 моля гідроксиду натрію на 1 моль біурету.

На рисунку 1 представлена блок-схема процесу синтезу гідразину з стічної води виробництва карбаміду.

Опис порядку проведення синтезу. Із збірника стічної води виробництва карбаміду (1) азотовмісні стоки через дозатор (3), змішуючись з сумішшю гіпохлориту та гідроксиду натрію (NaOCl + NaOH), що надходить зі збірника розчину суміші (NaOCl + NaOH) (2), направляються через дозатор (4) в реактор перетворення стоків в гідразин (5). Реактор перетворення стоків в гідразин (5) піддається дії електромагнітних хвиль довжиною від 1мм до 1 м ($\nu > 300$ МГц). Високочастотне випромінювання забезпечує безконтактний нагрів реакційної суміші. В даному процесі, нагрів відбувається по всьому об'єму реакційної суміші, так як вона містить полярні молекули. Це явище дає змогу забезпечити рівномірний розподіл температури в реакційному середовищі, а також інтенсифікує процес контакту компонентів реакційної суміші (перемішування), що обумовлюється

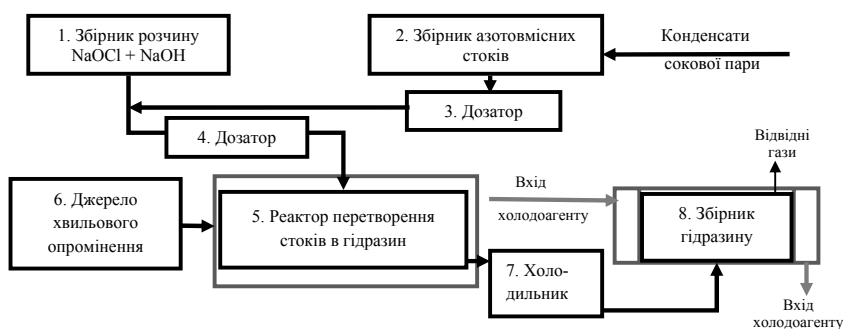


Рис. 1. Блок-схема синтезу гідразину

Таблиця 2

Результати дослідження процесу синтезу гідразину

Вміст N амідного у конденсатах сокової пари, % мас.	Вміст N амонійного у конденсатах сокової пари, % мас.	Вміст N загального у конденсатах сокової пари, % мас.	Температура конденсатів сокової пари до початку синтезу N ₂ H ₄ , °C	Температура розчину NaOCl з NaOH до початку синтезу N ₂ H ₄ , °C	Швидкість потоку реакційної суміші, см ³ /с	Коефіцієнт приведення виходу N ₂ H ₄ з урахуванням швидкості потоку реакційної суміші	Фактичний вміст N ₂ H ₄ , встановлений експериментально, % мас.	Вміст N ₂ H ₄ приведенний до спільного знаменника з урахуванням швидкості потоку реакційної суміші, % мас.	Ступінь перетворення N загального в N ₂ H ₄ , %
0,675	3,261	3,936	20	-10	0,78	1,28	0,106	0,083	4,26
			22	-8	0,87	1,15	0,097	0,084	4,27
			22	-8	1,00	1,00	0,082	0,082	4,17
			20	-9	0,96	1,04	0,085	0,082	4,19
0,699	3,558	4,257	19	-8	0,94	1,06	0,085	0,080	3,75
			20	-8	0,81	1,23	0,105	0,085	3,99
			20	-10	0,70	1,43	0,120	0,084	3,94
0,699	3,557	4,256	22	-8	0,95	1,05	0,088	0,084	3,95
0,755	3,591	4,346	21	-9	0,57	1,75	0,152	0,087	3,96
			21	-10	0,57	1,75	0,156	0,089	4,14
			21	-9	0,52	1,92	0,174	0,091	4,18
			20	-8	0,58	1,72	0,155	0,090	4,05
			20	-3	0,78	1,28	0,111	0,087	3,95
			21	-6	1,06	0,94	0,080	0,085	3,93

пришвидшенням руху молекул. Реактор перетворення стоків в гідразин (5) поміщено в захисний корпус, в якому мікрохвилі, відбиваючись від стінок, розігрівають реакційну суміш до температури 85÷96°C.

Після синтезу гідразину реакційна суміш, за рахунок капілярного ефекту підсиленого різницею температур за рахунок холодильника (7), самовільно надходить в збірник (8). Збірник (8) оснащено мішалкою, температура у збірнику підтримується за рахунок теплообміну між стінкою збірника та холодоагентом. Збірник (8) є ускладненою моделлю теплообмінника «труба в трубі».

Результати досліджень. Проведено низку дослідів синтезу гідразину з конденсатів сокової пари виробництва карбаміду до стадії десорбції та гідролізу. Деякі результати наведено в таблиці 2.

Усереднені параметри синтезу гідразину наведено нижче :

- співвідношення гіпохлориту натрію (в перерахунку на Cl₂) до вмісту азоту загального в реакційній суміші до початку синтезу гідразину рівне 0,58 вагових частин Cl₂ до 1 вагової частини азоту;

- в'язкість реакційної суміші до початку синтезу гідразину ~1,8 м²/с;

- температура реакційної суміші на виході з реактора синтезу гідразину – (93÷95)⁰C;

- температура холодоагенту (води), що надходить в теплообмінники агрегату синтезу – 9⁰C;

Основним сталим параметром при відборі проби для визначення кількісного вмісту гідразину є досягнення температури суміші в збірнику (8) 20±2⁰C. Відбір проб та проведення аналізів відбувалося за нормальних умов.

В ході експерименту встановлена можливість синтезу гідразину з низькоконцентрованих розчинів амідного та амонійного азоту в присутності

розчиненого вуглекислого газу в кількості від 1 до 3% масових. Середня ступінь перетворення азоту загального в гідразин становила $4 \pm 0,3\%$.

В процесі визначення гідразину в реакційному розчині зі збірника (8) спостерігалось пришвидшення процесу окислення гідразину після розгерметизації збірника. Даний процес необхідний для відбору проби на визначення вмісту гідразину та залишкового вмісту непрореагованих компонентів реакційної суміші.

Так як гідразин - сильний відновник, він окислюється киснем повітря та багатьма сполуками, котрі містять метали. Виходячи з цього, в лабораторних умовах синтез гідразину додатково ускладнюється його подальшою стабілізацією та виведенням з процесу.

Для суміші, утвореної в результаті синтезу гідразину з азотовмісних конденсатів сокової пари виробництва карбаміду, встановлено залежність розкладання гідразину за нормальних умов в атмосфері від часу контакту реакційної суміші з повітрям (рисунок 2). Такі параметри, як: початкова температура вхідної сировини; концентрація амідного та амонійного азоту в конденсатах сокової пари; концентрація розчиненої вуглекислоти та домішок у вхідній сировині та мольне співвідношення усіх компонентів під час проведення даної серії дослідів були стабілізовані.

Параметри відбору проби для визначення кількісного вмісту синтезованого гідразину:

- зниження температури суміші в збірнику (8) до $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- тиск – атмосферний.

Проведення аналізів відбувалося за нормальних умов за спеціально розробленою методикою визначення вмісту гідразину в лужному середовищі тетрометричним методом (в інтервалі 0,05-2,5% масових) або фотометричним методом (в інтервалі до 0,05% масових).

Після розгерметизації установки синтезу, а саме збірника гідразину (8), час контактування реакційної суміші з повітрям приймаємо за фактично 0,1 секунди.

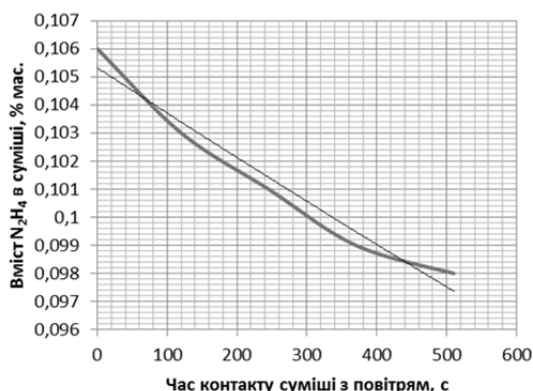


Рис. 2. Залежність окиснення новоутвореного гідразину киснем повітря в залежності від часу контакту реакційної суміші з повітрям

Проведено математичний аналіз результатів дослідження для виведення експоненціальної функції залежності концентрації гідразину в суміші після синтезу зі збірника (8) від часу контактування суміші після синтезу з повітрям за нормальних умов (рівняння 9):

$$C_{\text{N}_2\text{H}_4} = 0,1053 \cdot e^{-2E-0,4\tau}, \quad (9)$$

де $C_{\text{N}_2\text{H}_4}$ – значення масової концентрації гідразину в розчині після синтезу останнього, що окислюється на повітрі за нормальних умов, %;

τ – час контактування гідразину, який міститься в реакційній суміші з повітрям за нормальних умов, секунди.

За даними математичного аналізу результатів дослідження залежності окиснення новоутвореного гідразину в суміші киснем повітря від часу контакту реакційної суміші з повітрям, можна зробити наступний висновок: новоутворений гідразин в розчині зі збірника гідразину (8), водневий показник (рН) якого становить $10,5(\pm 0,1)$, за умови контактування з повітрям дуже швидко окислюється. Ступінь окислення за перші 2 хвилини в середньому становить 2,5% в 1 хвилину, далі знижується до 1% в хвилину, що за даних концентрацій новоутвореного гідразину – недопустимо, так як можна суттєво знизити загальну ступінь перетворення азоту загального в гідразин.

Дане явище пояснюється тим, що у молекулі гідразину між *p*-орбіталами азотної системи ($>\text{N}-\text{N}<$) існує відштовхування, котре робить зв'язок $\text{N}-\text{N}$ більш довгим ($1,40\text{\AA}$), ніж сума радіусів двох атомів азоту $\text{N}\equiv\text{N}$ ($0,53\text{\AA}$). Тому процес синтезу гідразину досить енергоємний та складний, так як система прагне до зменшення енергії, за рахунок утворення елементарного азоту. В елементарному азоті (N_2) *p*-орбіталі взаємно притягуються, що додатково стабілізує зв'язок між атомами, саме тому система прагне до утворення азоту [11].

Виходячи з цього, синтез гідразину додатково ускладнюється його подальшою стабілізацією та виведенням з процесу.

Для встановлення доцільності продовження роботи в даному напрямку у попередніх дослідженнях проведена економічна оцінка ефективності впровадження технології вторинної переробки відходів (конденсату сокової пари виробництва карбаміду) з метою встановлення відсотку заощадження на собівартості карбаміду при ліквідації стадії десорбції та гідролізу [17]. З урахуванням технологічної схеми синтезу карбаміду за проектом фірми «Уреа Казале», для коригування собівартості продукції шляхом впровадження утилізаційної технології переробки азотовмісних стічних вод, проведено розрахунок витрат електроенергії та пари, що використовуються на стадії десорбції та гідролізу конденсатів сокової пари, транспортування стоків на установки нитриденітрифікації (НДФ) та їх подальша очистка. Для цеху з виробництва карбаміду продуктивністю

330000т/рік при ліквідації стадії десорбції та гідролізу в середньому відсоток заощадження становить 2,2 %, що в грошовому еквіваленті дорівнює 130 грн з 1 тонни карбаміду або 4901 грн/годину роботи агрегату станом на останній квартал 2017 року.

До того ж, запропонований метод переробки конденсатів стічної води в виробництво карбаміду дає можливість зменшити навантаження на установки НДФ, в зв'язку з тим що процес забезпечення оптимальних умов функціонування останніх енергоємний та затратний. Потрібно враховувати той факт, що ефективність очищення стічних вод на каналізаційних очисних спорудах від амонійного азоту в середньому по Україні, складає 77%, при середній концентрації амонійного азоту на вході на рівні 30 мг/дм³. Таким чином, щороку в поверхневі водні об'єкти України потрапляє близько 20 тис. тонн зв'язаного азоту. Тому запропонований спосіб переробки низько концентрованих відходів, що містять в своєму складі амідний та амонійний азот (конденсатів сокової пари виробництва карбаміду) є актуальним.

Висновки:

1. Встановлена та підтверджена можливість використання конденсатів сокової пари, утворених в процесі концентрування розчину карбаміду, в якості вторинної сировини в процесі синтезу гідразину.

2. Встановлена можливість синтезу гідразину з суміші амідного та амонійного азоту низьких концентрацій у хвильовому реакторі.

3. Економічно доведено зменшення собівартості карбаміду, за рахунок ліквідації стадії очищення конденсатів сокової пари, на 2,2%, що відбудеться при переробці стоків в гідразин.

4. В результаті створення утилізаційної технології синтезу гідразину з конденсатів сокової пари азавтоматично знизиться навантаження на установки НДФ.

Література

1. Коровин Н.В. Гидразин. М. Москва: Химия, 1980. 272 с.
2. Багал Л.И. Химия и технология инициирующих взрывчатых веществ. М. Москва: Химия, 1975. 362 с.
3. Audrieth L.F., В.А. Ogg. The chemistry of hydrazine. New York: Research Associate University of Illinois, 1951. 237 p.
4. Куценко С.А., Бутомо Н.В., Гребенюк А.Н. Военная токсикология, радиобиология и медицинская защита СПб.: Фолиант, 2004. 525 с.
5. Богданов Н.А. Вопросы токсикологии ракетного топлива. Л.: Изд. ВМА им. С.М. Кирова, 1961. 132 с.
6. Абдурахманов Э.И., Сагтарова М. Д. Полупроводниковый сенсор гидразина. Вестник науки и образования 2015. Серия: Научно-методический журнал. 2015. Вып. 2. С. 9-13.
7. Иванова Л.А. Влияние ракетного топлива на организм человека на объектах его использования, хранения и утилизации. Россия молодая 2015. Серия: Передовые технологии в промышленности. Вып. 3. С. 153-158.
8. Сергеев С.А. Жидкие ракетные топлива [Электронный ресурс]: Сергеев С.А. Жидкие ракетные топлива.

Информационный бюллетень пресс-центра космодрома. Плесецк, 1991. Вып. 4. Режим доступа: <http://www.plesetzk.ru/index.php?d=doc%2Finf&p=inf004>. – Название с экрана (дата обращения: 10.05.2018).

9. TongJiu Hydrazine Hydrate Industry Co., Ltd. News. Current technology for the production of hydrazine hydrate. [Electronic resource]: TongJiu Hydrazine Hydrate Industry Co., Ltd. News. Current technology for the production of hydrazine hydrate. 2008. Access mode: <http://ru.hydrazine-hydrate.org/profile/News131030.html>. – The name of the screen (reference date: 03.07.2018).
10. Агентство промышленных новостей. Экспресс анализ рынка «производные гидразина или гидроксилamina органические». [Электронный ресурс]: Агентство промышленных новостей. Исследование рынков & Бизнес аналитика. Номенклатура и классификаторы продукции. Экспресс анализ рынка «производные гидразина или гидроксилamina органические» М. 2001-2016. Режим доступа: <http://www.apn-ua.com/dkpp/21584>. – Название с экрана (дата обращения: 01.08.2018).
11. Demchuk I.M., Stolyarenko G.S., Tupytska N.I. Recuperation of bound nitrogen by processing into hydrazine sulfate in industrial wastewater. Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2016. Вип. 4. С. 114–120.
12. Patent №4239741 Process for producing hydrazine sulfate. Tomiya Isshiki, Tetsuo Tomita, Toshiaki Kozaki, Osamu Aoki, Mitsuo Abe, Norio Takeda, Mitsuo Miura, Yoshiyuki Aoki, Takao Kondo, Kaoru Tsuyuki Process for producing hydrazine sulfate. USA. Date 16.11.1980.
13. Демчук І.М., Демчук Б.Д., Столяренко Г.С. Реутилізація атвмісних конденсатів виробництва карбаміду шляхом переробки в гідразин-сульфат. Хімічна технологія: тези доп. VI міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених. Том I, 13-15 квітня 2013. Дніпропетровськ: УДХТУ, 2013. С. 91-92.
14. Демчук І.М., Демчук Б.Д., Столяренко Г.С. Реутилізація азотсодержащих конденсатов производства карбамида путем переработки в гидразин сульфат. Интеграция результатов Международного проекта «Водная гармония» в евразийское образование. Сборник статей Международного научно-практического семинара, апрель 2013. Черкаси: Вертикаль 2013. С 135-141.
15. Джандосова Ф.С., Забияк В.Г., Шаехов М.Ф., Цой А.Н., Цой Л.А. Использование СВЧ-излучения в процессе глубокой переработки нефти и нефтепродуктов на основе технологии радиационно-волнового крекинга. Сборка научных работ. Вестник Казанского технологического университета. Серия: Физика. 2013. Т. 16. Вып. 10. С. 179–182.
16. Patent №7118655 Direct synthesis of hydrazine through nitrogen fixation by means of two-photon absorptions, Takao Kondo, Kaoru Tsuyuki. Issue. Date 10.10.2006.
17. Демчук І.М., Столяренко Г.С. Економічна оцінка ефективності впровадження технологій вторинної переробки відходів виробництв на прикладі утилізації азотовмісних стоків агрегату синтезу карбаміду. Збірник наукових праць Вісник ЧДТУ. Серія: Економічні науки. 2017. Україна, Черкаси, Вип. 48. С. 37 – 44.

References

1. Korovyn N.V. (1980) Hidrazine. Moscow: Chemistry, 272 p. [in Russian].
2. Bahal L.Y. (1975) Chemistry and technology of initiating explosives. Moscow: Chemistry, 362 p. [in Russian].

3. Audrieth L.F., B.A. Ogg. (1951) The chemistry of hydrazine. New York: Research Associate University of Illinois, 237 p.
 4. Kutsenko S.A., Butomo N.V., Hrebenuk A.N. (2004) Military toxicology, radiobiology and medical protection: Foliant, 525 p. [in Russian].
 5. Bohdanov N.A. (1961) Issues of toxicology of rocket fuel. Leningrad: Publishing House. The SMA named after S.M. Kirova, 132 p. [in Russian].
 6. Abdurakhmanov E.Y., Sattarova M. D. (2015) Semiconductor sensor of hydrazine. Bulletin of Science and Education Series: Scientific and methodical journal (2), pp. 9-13 [in Russian].
 7. Yvanova L.A. (2015) Influence of rocket fuel on the human body on the objects of its use, storage and utilization. Russia young Series: Advanced technology in the industry (3), pp. 153-158 [in Russian].
 8. Sergeyev S.A. (1991) Liquid rocket fuels [Electronic resource]: Sergeyev S.A. Liquid rocket fuel. Information bulletin of the press center of the cosmodrome. Plesetsk (4). URL: <http://www.plesetzk.ru/index.php?d=doc%2Finf&p=inf004> (10.05.2018) [in Russian].
 9. TongJiu Hydrazine Hydrate Industry Co., Ltd. News. Current technology for the production of hydrazine hydrate (2008) [Electronic resource]: TongJiu Hydrazine Hydrate Industry Co., Ltd. News. Current technology for the production of hydrazine hydrate. URL: <http://ru.hydrazine-hydrate.org/profile/News131030.html> (03.07.2018).
 10. Industrial News Agency (2001-2016) Express market analysis "derivatives of hydrazine or hydroxylamine organic". [Electronic resource]: Industrial News Agency. Market Research & Business Analytics. Nomenclature and classifiers of products. Express market analysis "derivatives of hydrazine or hydroxylamine organic" URL: <http://www.apn-ua.com/dkpp/21584>. - Name from the screen (01.08.2018) [in Russian].
 11. Demchuk I.M., Stolyarenko G.S., Tupytska N.I. (2016) Recuperation of bound nitrogen by processing into hydrazine sulfate in industrial wastewater. Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky, (4), pp. 114–120.
 12. Patent №4239741 Process for producing hydrazine sulfate. Tomiya Isshiki, Tetsuo Tomita, Toshiaki Kozaki, Osamu Aoki, Mitsuo Abe, Norio Takeda, Mitsuo Miura, Yoshiyuki Aoki, Takao Kondo, Kaoru Tsuyuki Process for producing hydrazine sulfate. USA. Date 16.11.1980.
 13. Demchuk I.M., Demchuk B.D., Stolyarenko G.S. (2013) Re-utilization of the open-cell condensates of urea production by processing into hydrazine sulfate. Khimichna tekhnolohiia: tezy dop. VI mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsiia studentiv, aspirantiv ta molodykh vchenykh. (I), Dnipropetrovsk: UDKhTU, pp. 91-92 [in Ukrainian].
 14. Demchuk I.M., Demchuk B.D., Stolyarenko G.S. (2013) Reutilization of nitrogen-containing condensates of carbamide production by processing into hydrazine sulfate. Integration of the results of the International Project "Water Harmony" into Eurasian Education. Collection of articles of the International Scientific and Practical Seminar, Cherkasy: Vertical, pp. 135-141 [in Russian].
 15. Dzhandosova F.S., Zabyniak V.H., Shaekhov M.F., Tsoi A.N., Tsoi L.A. (2013) Use of microwave radiation in the process of deep processing of oil and petroleum products on the basis of radiation-wave cracking technology. Sbornka nauchnykh rabot. Vestnyk Kazanskogo tekhnolohycheskoho unyversyteta. Seryia: Fyzyka. T. 16. (10), pp. 179–182 [in Russian].
 16. Patent №7118655 Direct synthesis of hydrazine through nitrogen fixation by means of two-photon absorptions, Takao Kondo, Kaoru Tsuyuki. Issue. Date 10.10.2006.
 17. Demchuk I.M., Demchuk B.D., Stolyarenko G.S. (2013) Economic appraisal of the efficiency of introduction of technologies of recycling of wastes production on the example of utilization of nitrogen-containing effluents of carbamide synthesis unit Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Ekonomichni nauky (48), pp. 37 – 44 [in Ukrainian].
- Демчук І.М., Столяренко Г.С. Исследования процесса синтеза гидразина в электромагнитном реактора с конденсатов сокового пара производство карбамида.**
- В статье кратко рассмотрены методы синтеза гидразина, аргументированно целесообразность создания новых утилизационных технологий вторичной переработки конденсата сокового пара до стадии десорбции и гидролиза в гидразин и его производные. Представлены результаты работы установки синтеза гидразина с азотсодержащего сырья в волновом реакторе, выведена кривая зависимости окисления основного продукта (гидразина) в процессе полного контакта новообразованного гидразина с воздухом при нормальных условиях.*
- Ключевые слова:** гидразин, карбамид, аммиак, синтез, конденсат, электромагнитный реактор.
- Demchuk I.M., Stolyarenko G.S. Studies of the process of synthesis of hydrazine in an electromagnetic reactor with condensates of juice vapor production of urea.**
- The article briefly examines the existing methods for the synthesis of hydrazine. Agumentation is the expediency of creating new recycling technologies for the secondary processing of the condensate of juice vapor up to the desorption and hydrolysis stage. The possibility of using sewage as a raw material for the production of hydrazine and its derivatives has been established. The results of the operation of the hydrazine synthesis plant with a nitrogen-containing feedstock in a wave reactor are presented. The degree of conversion of total nitrogen to hydrazine was determined, which amounted to about 4%. A curve showing the dependence of the oxidation of the main product (hydrazine) during the complete contact of the newly formed hydrazine with air under normal conditions is derived. The necessity of conducting the process of hydrazine synthesis in a wave reactor in isolated space is established.*
- Key words:** hydrazine, urea, ammonia, synthesis, condensate, electromagnetic reactor.
- Демчук І.М.** – аспірант Черкаського державного технологічного університету; пров. інженер центральної лабораторії ПАТ «АЗОТ», м. Черкаси, Україна. e-mail: ivannademcuk19@gmail.com
- Столяренко Г.С.** – д.т.н., професор, завідувач кафедри хімічних технологій та водоочищення Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси, Україна. e-mail: radikal@ukr.net
- Рецензент:* д. т. н, проф. **Суворін О.В.**

УДК 629.4.027.2:629.45

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ШВИДКІСНОГО ВАГОНА

Дьомін Р.Ю.

CALCULATED ESTIMATION OF DYNAMIC INDICATORS OF A HIGH-SPEED WAGON

Domin R.

В статті представлено результати комп'ютерного моделювання динаміки швидкісного вагона локомотивної тяги типу «Мета». Досліджено залежність показників динаміки руху вагона від характеристик системи демпфірування коливань. Здійснено оцінку впливу на визначені динамічні показники вагона гасителів коливань виляння візків, а також параметрів геометричної взаємодії коліс і рейок.

Ключові слова: швидкісний вагон, динаміка руху, комп'ютерне моделювання, динамічні показники.

Вступ. За минулі десятиліття спостерігався бурхливий процес розвитку технічних рішень щодо удосконалення залізничного транспорту. З огляду на досягнутий нині рівень теоретичних досліджень динамічних процесів, які супроводжують рух рейкового рухомого складу, оцінку показників динаміки швидкісного пасажирського рухомого складу та його взаємодії з колією доцільно виконувати з залученням сучасних засобів комп'ютерного моделювання. За таким підходом відкривається можливість підвищення ефективності визначення впливу на динамічні показники безпеки руху й комфортності перевезень пасажирів конструкційних особливостей ходових частин, призначених для швидкісного руху. В свою чергу, результати комп'ютерного моделювання будуть сприяти прийняттю обґрунтованих рішень щодо допуску швидкісного рухомого складу до експлуатації, уникаючи проблем, що мали місце при впровадженні в систему швидкісних пасажирських перевезень електропоїзда HRCS2 [1].

Питанням математичного моделювання динаміки швидкісного рухомого складу присвячено чисельні дослідження. Значна робота в цьому напрямку виконана українською науковою школою академіка В.А. Лазаряна [2]. Так, ще в 1971-72 роках за ініціативи В.А. Лазаряна було проведено серію унікальних експериментів зі швидкісним вагоном-лабораторією (ШВЛ), який приводився в рух спаркою реактивних двигунів літака ЯК-40,

встановлених над кабіною машиніста головного вагона електропоїзда ER22P. Під час випробувань ШВЛ на Придніпровській залізниці було досягнуто рекордної для залізниць колії 1520 мм швидкості руху – 250 км/год. За результатами цих випробувань було перевірено раніше побудовану математичну модель просторових коливань ШВЛ [3]. У подальшому ця модель як базова використовувалась при дослідженнях динаміки швидкісного рухомого складу, наприклад, вагонів електропоїзда ЭР-200 [4].

Метою цієї роботи є дослідження впливу на динамічні якості швидкісного пасажирського вагона конструкційних параметрів системи демпфірування і характеристик геометричної взаємодії коліс і рейок.

Об'єкт досліджень. В якості досліджуваного об'єкта прийнято швидкісний вагон «Мета» на візках типу моделі 68-7041 з пневмопідвішуванням побудови КВБЗ (рис. 1). Математичну модель динаміки цього вагона створено в пакеті програмного комплексу УМ за методом підсистем [5]. За структурою розрахункова модель вагона подібна до раніше побудованої і верифікованої базової моделі [6]. Загальну систему «Швидкісний вагон» сформовано з 19-ти твердих тіл, 18-ти лінійних і 22-х біполярних силових елементів.



Рис. 1. Швидкісний вагон виробництва КВБЗ

На динамічні показники рухомого складу може суттєво впливати стан колії, який визначається наявними нерівностями. Для моделювання нерівностей колії використано алгоритм

формування реалізації випадкового процесу за наданими функціями спектральної щільності [7].

Залежність показників динаміки руху вагона від конструкційних параметрів системи демпфірування коливань. Рациональні параметри ресорного підвішування швидкісних ходових частин визначаються головним чином за результатами математичного моделювання. Це, перш за все, жорсткісні параметри. Відносно систем демпфірування коливань слід відзначити певні розбіжності у рекомендаціях виробників. Так, візки для швидкісних вагонів Тверського вагонобудівного заводу перших партій виробництва постачались гідравлічними демпферами у буксовому підвішуванні. У подальшому, за рекомендаціями, розробленими за експериментальними даними, візки цього типу були модифіковані шляхом усунення буксових гасителів.

З метою перевірки допустимості технічного рішення щодо позбавлення буксового підвішування швидкісних візків демпфірування коливань шляхом комп'ютерного моделювання проведено відповідну оцінку динамічних якостей вагона. При цьому розглянуто два розрахункових варіанти: 1 – коефіцієнт демпфірування буксового гасителя має номінальне значення; 2 – випадок відсутності демпфера.

За результатами розрахунків отримані значення середньоквадратичних відхилень (СКВ) сил взаємодії коліс і рейок, тобто сил Y і Q , а також прискорень рам візків і кузова. Ці значення наведені в таблицях 1, 2 і 3, де в чисельнику вказані розрахункові дані для вихідного варіанту, а в знаменнику – дані, отримані у випадку відсутності демпфірування у буксовому ступені ресорного підвішування.

Таблиця 1

Максимальні СКВ сил взаємодії

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
Y , кН	<u>1,77</u>	<u>2,29</u>	<u>2,85</u>	<u>3,39</u>	<u>3,75</u>	<u>4,42</u>	<u>5,12</u>	<u>5,73</u>
	1,77	2,43	2,94	3,67	4,02	4,77	5,36	5,84
Q , кН	<u>3,72</u>	<u>4,77</u>	<u>5,93</u>	<u>7,49</u>	<u>8,89</u>	<u>10,58</u>	<u>12,19</u>	<u>13,43</u>
	3,84	5,92	7,39	11,44	11,24	13,66	12,59	11,29

Як видно з даних табл. 1, суттєві зміни в системі буксового підвішування стосовно демпфірування коливань практично не відбуваються на бокових силах Y . Разом з тим, з порівняння даних розрахунків виходить, що відсутність сил в'язкого опору суттєво змінює залежності вертикальних сил Q . Так, якщо рівень цих сил поступово зростає з нарощуванням швидкості руху екіпажу з номінальними параметрами, то для конструкційного варіанту, що відповідає випадку відсутності буксових гасителів рівень сил Q значно підвищується у швидкісному діапазоні 140-160 км/год.

Дані табл. 2 свідчать про істотний вплив параметрів демпфірування в першому ступені підвішування на рівень вертикальних прискорень

рам візків a_z майже у всьому розрахунковому діапазоні швидкостей руху. Значно менше відзначається вплив цих параметрів на рівень горизонтальних прискорень a_y .

Таблиця 2

Максимальні СКВ прискорень рам візків

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
a_z , м/с ²	<u>1,63</u>	<u>2,52</u>	<u>3,89</u>	<u>5,74</u>	<u>7,50</u>	<u>9,60</u>	<u>11,48</u>	<u>12,84</u>
	4,68	10,30	14,02	27,23	25,23	30,50	27,95	19,80
a_y , м/с ²	<u>0,45</u>	<u>0,66</u>	<u>0,93</u>	<u>1,32</u>	<u>1,70</u>	<u>2,30</u>	<u>2,97</u>	<u>3,72</u>
	0,65	1,21	1,65	2,95	3,03	3,96	3,95	3,95

За Пам'яткою UIC 518 рівень горизонтальних поперечних прискорень рам візків виступає також критерієм безпеки руху [8]. За цим критерієм СКВ горизонтальних поперечних прискорень рами візка обмежені певним чином у залежності від маси візка. Так, виходячи з того, що маса візка швидкісного вагона становить 6,68 т, граничне значення СКВ прискорень a_y дорівнює 5,33 м/с². За даними табл. 2 виходить, що СКВ горизонтальних поперечних прискорень рам візків значно нижче допустимого рівня. Отже безпека руху вагона у всьому діапазоні швидкостей руху забезпечена з суттєвим запасом стійкості.

В табл. 3 наведено максимальні значення СКВ прискорень кузова. З приведених результатів розрахунків видно, що виключення з роботи буксових демпферів дещо підвищує рівень прискорень кузова.

Таблиця 3

Максимальні СКВ прискорень кузова

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
a_z , м/с ²	<u>0,30</u>	<u>0,31</u>	<u>0,36</u>	<u>0,34</u>	<u>0,35</u>	<u>0,35</u>	<u>0,36</u>	<u>0,36</u>
	0,35	0,39	0,44	0,41	0,42	0,42	0,42	0,39
a_y , м/с ²	<u>0,20</u>	<u>0,28</u>	<u>0,37</u>	<u>0,44</u>	<u>0,47</u>	<u>0,53</u>	<u>0,61</u>	<u>0,68</u>
	0,21	0,31	0,40	0,51	0,52	0,61	0,66	0,70

Оцінка впливу на динамічні показники вагона гасителів коливань виляння візків. За вимогами, що діють на залізницях колії 1435 мм, одиниці швидкісного рухомого складу мають оснащуватись гасителями коливань виляння (ГКВ). З огляду на світову практику впровадження швидкісного руху має сенс дослідити вплив демпферів цього типу на динамічні характеристики рухомого складу вітчизняного виробництва. З цією метою за допомогою розробленої комп'ютерної моделі виконано відповідні розрахунки.

Ефективність застосування ГКВ оцінювалась шляхом порівняння вихідних величин за відсутності гасителів і включення їх в роботу. В таблицях 4, 5 і 6 наведено максимальні значення СКВ сил Y і Q , а також прискорень рам візків і кузова. Тут в чисельнику приведено розрахункові дані, коли ГКВ відсутні, а в знаменнику – дані, отримані за наявності ГКВ.

Таблиця 4
Максимальні СКВ сил взаємодії

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
Y, кН	1,77	2,29	2,85	3,39	3,75	4,42	5,12	5,73
	3,48	3,62	4,35	4,55	4,46	4,69	4,99	4,92
Q, кН	3,72	4,77	5,93	7,49	8,89	10,58	12,19	13,43
	3,68	4,67	5,91	7,34	8,62	10,22	11,64	12,63

З порівняння значень СКВ горизонтальних сил, приведених в табл. 4, можна констатувати, що уведення в дію ГКВ загалом призводить до пониження рівня бокових сил при максимальній швидкості руху, проте загалом у розглянутому швидкісному діапазоні спостерігається збільшення цих сил, зокрема по першій колісній парі. На рівень вертикальних сил ГКВ практично не впливають.

За даними табл. 5, де наведено максимальні значення СКВ прискорень рам візків, виходить, що включення ГКВ практично не впливає на рівень вертикальних прискорень рам візків. Водночас ці демпфери значно знижують рівень горизонтальних прискорень. Тим самим за розглянутим вище критерієм безпеки руху суттєво збільшується запас стійкості вагона.

Таблиця 5
Максимальні СКВ прискорень рам візків

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
a_z , м/с ²	1,63	2,52	3,89	5,74	7,50	9,60	11,48	12,84
	1,63	2,51	3,88	5,72	7,45	9,50	11,34	12,66
a_y , м/с ²	0,45	0,66	0,93	1,32	1,70	2,30	2,97	3,72
	0,41	0,57	0,77	0,98	1,14	1,31	1,45	1,53

В табл. 6 наведено максимальні значення СКВ прискорень кузова. З наведених розрахункових даних випливає, що демпфірування коливань виляння не впливає на рівень вертикальних прискорень кузова, натомість уведення цього демпфірування суттєво знижує рівень горизонтальних прискорень.

Таблиця 6
Максимальні СКВ прискорень кузова

СКВ	Швидкість руху, км/год							
	80	100	120	140	160	180	200	220
a_z , м/с ²	0,30	0,31	0,36	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36
	0,30	0,32	0,36	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
a_y , м/с ²	0,20	0,28	0,37	0,44	0,47	0,53	0,61	0,68
	0,18	0,24	0,31	0,35	0,36	0,38	0,41	0,42

Вплив параметрів геометричної взаємодії коліс і рейок на контактні сили і прискорення екіпажної частини. Як свідчать численні дослідження коливань та стійкості руху рейкових екіпажів, геометричні характеристики взаємодії коліс і рейок належать до чинників, що визначають динамічні властивості рухомого складу [9]. Тому при дослідженні умов безпечної та комфортної експлуатації рухомого складу, призначеного для експлуатації з підвищеними швидкостями, перш за все, слід оцінити вплив характеристик геометричної

взаємодії коліс і рейок. З метою визначення міри цього впливу прийнято до розгляду розрахункові випадки, коли колеса досліджуваного екіпажу мають профілі за ГОСТ 9036 і ДМетІ [10]. Останній профіль було розроблено у Дніпропетровському металургійному інституті (тепер – Національна металургійна академія). При цьому приймається до уваги дія гасителів коливань виляння візків.

На рис. 2 представлено графіки залежностей середньоквадратичних відхилень (СКВ) бокових сил контактної взаємодії Y від швидкості руху. Тут через пл(п) позначено графіки СКВ бокових сил взаємодії з рейкою лівого (правого) колеса n-ої колісної пари. Як видно, значення бокових сил для коліс зі стандартним профілем мають розширене поле розкиду (рис. 2 а) у порівнянні з випадком застосування коліс з профілем ДМетІ (рис. 1 б). До того ж рівень бокових сил, що діють на колеса з профілем ДМетІ, нижчий ніж у випадку стандартних і підвищується з ростом швидкості руху приблизно з однаковими градієнтами для всіх коліс.

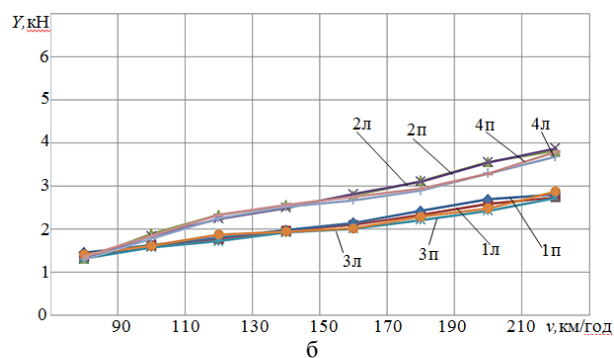
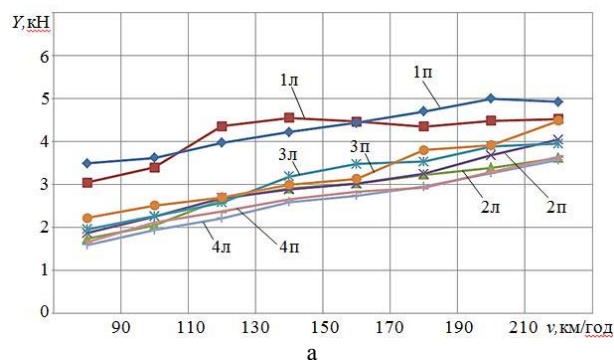


Рис. 2. СКВ горизонтальних сил взаємодії Y:
а – колеса з профілем ГОСТ; б – колеса з профілем ДМетІ

Отримані розрахункові значення вертикальних сил взаємодії коліс і рейок свідчать про практичну відсутність їх залежності від геометрії поверхонь кочення коліс. Висновок про нечутливість до зміни профілю коліс стосується також як вертикальних, так і горизонтальних прискорень рам візків.

Як показують результати щодо оцінки прискорень кузова, рівні вертикальних прискорень практично не залежать від вибору профілю поверхонь кочення коліс. Аналогічний висновок

також відноситься до горизонтальних прискорень, про що свідчать графіки, представлені на рис. 2.

Відповідно до чинної методики [11] за прискореннями кузова розраховувались показники плавності ходу W_z . За результатами моделювання динаміки руху екіпажа визначено, що залежності значень показника W_z у вертикальному напрямку від швидкості у розглянутих розрахункових випадках залишаються однаковими. Таким чином, цей показник не чутливий до зміни профілів поверхонь кочення коліс – за ГОСТ у початковому і зношеному стані та ДМетІ. Більше того, виявилось, що введення в дію демпферів проти автоколиваний впливання візків також не позначається на плавності ходу вагона у вертикальному напрямку. В цілому, показники плавності ходу не перевищують 2,7, тобто значно нижче гранично допустимого значення – 3,25. Отже плавність ходу по вертикалі задовольняє вимогам комфортності перевезень пасажирів.

Результати розрахунків при вихідних характеристиках геометричної взаємодії коліс і рейок показали, що плавність ходу вагона у горизонтальному напрямку відповідає вимогам у всьому діапазоні швидкостей руху. Натомість у разі зношеності поверхонь кочення коліс з початковим профілем за ГОСТ умови плавності ходу задовольняються лише до швидкості руху 140 км/год.

Висновки

1. За результатами дослідження засобами комп'ютерного моделювання впливу конструкційних параметрів екіпажної частини на динамічні показники швидкісного вагона встановлено:

- при вихідних параметрах ходових частин забезпечуються умови безпеки руху вагона у розглянутому швидкісному діапазоні включно 220 км/год;

- внесення в буксове підвішування змін, пов'язаних з вилученням гідравлічних гасителів коливань, хоч і невідчутно впливає на рівень прискорень кузова, водночас призводить до інтенсивних вертикальних коливань рам візків, що негативно позначиться на ресурсі несучої конструкції;

- демпфірування автоколиваний впливання візків, не впливаючи практично на показники вертикальної динаміки вагона, значно знижує інтенсивність горизонтальних коливань, що особливо спостерігається при підвищених швидкостях руху.

2. З дослідження впливу на динамічні показники швидкісного вагона конфігурації поверхонь кочення коліс відмічено певні переваги застосування коліс з профілем ДМетІ у порівнянні з варіантом застосування коліс з профілем за ГОСТ 9036.

3. За результатами аналізу розрахованих показників плавності ходу встановлено, що позбавлення першого ступеню ресорного підвішування демпфірування негативним чином позначається на плавності ходу як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Введення в дію гасителів коливань впливання візків значно покращує плавність ходу вагона в горизонтальному напрямку, не впливаючи на показники плавності ходу у вертикальному напрямку, які задовольняють нормативні вимоги у всьому дослідженому діапазоні швидкостей руху.

Література

1. Дьомін Р.Ю. Визначення показників безпеки руху швидкісного електропоїзда шляхом комп'ютерного моделювання динаміки його вагонів / Р.Ю. Дьомін, Ю.В. Дьомін, Г.Ю. Черняк // Вагонний парк – 2016. – №1-2. – С. 32-34.
2. Лазарян В.А. Динамика транспортных средств: Избр. тр. – К.: Наук. думка, 1985. – 528 с.
3. Лазарян В.А. Экспериментальная проверка методов исследования устойчивости движения рельсовых экипажей / В.А. Лазарян, Ю.В. Демин, Г.Ф. Осадчий // Некоторые задачи механики скоростного наземного транспорта. – К.: Наук. думка, 1974.
4. Коротенко М.Л. Исследование влияния коэффициента псевдоскольжения на устойчивость движения моторного вагона электропоезда ЭР200 / М.Л. Коротенко, Ю.В. Демин, Г.Ф. Осадчий // Динамика и прочность высокоскоростного наземного транспорта. – К.: Наук. думка, 1976.
5. Pogorelov D.Yu. Simulation of Rail Vehicle Dynamics with Universal Mechanism Software / D.Yu. Pogorelov // Rail vehicle dynamics and associated problems. Gliwice: Silesian University of Technology, 2005. – P. 13-58.
6. Черняк Г.Ю. Базова комп'ютерна модель просторової динаміки пасажирського вагона для швидкісного руху / Г.Ю. Черняк, Ю.В. Щербина // Залізничний трансп. України. – 2012. - №6. – С. 55-58.
7. Черняк А.Ю. Моделирование случайных возмущений в системе «рельсовый экипаж – путь» / А.Ю. Черняк // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. Наук. журнал. Техн. науки. Серія «Транспорт 1», 2003. — № 9 (67). — С. 173–177.
8. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour – Safety – Track fatigue – Ride quality. UIC Code 518, International Union of Railways, Paris, 2009.
9. Polach O. Influence of wheel/rail contact geometry on the behaviour of a railway vehicle at stability limit / O. Polach // In: ENOC-2005, Eindhoven, Netherlands. – Pp. 2203-2210.
10. Кулешов В.П. Об эффективности работ по программе «колесо-рельс» в локомотивном хозяйстве Украины / В.П. Кулешов, А.В. Сладковский // Залізничний трансп. України. – 2001. - №3. – С. 22-24.
11. СОУ МПП 45.060-204:2007. Вагони пасажирські. Плавність руху. Методи визначення. – К.: Мінпромполітики України, 2007. – 12 с.

References

1. Domin R.Yu. Determination of safety indicators of high-speed electric trains by computer simulation of dynamics of its cars / R.Yu. Domin, Yu.V. Domin G.Yu. Cherniak // Wagon Park - 2016. - No. 1-2. - P. 32-34.
2. Lazaryan V.A. Vehicle dynamics: Selected Pros. - K.: Nauk. dumka, 1985. - 528 p.
3. Lazaryan V.A. Experimental verification of methods for studying the stability of the movement of rail vehicles / V.A. Lazaryan, Yu.V. Domin, G.F. Osadchiy // Some problems of the mechanics of high-speed land transport. - K.: Nauk. Dumka, 1974.
4. Korotenko M.L. Investigation of the effect of the pseudo-slip coefficient on the stability of motion of a motor wagon of an electric train ER200 / M.L. Korotenko, Yu.V. Domin, G.F. Osadchiy // Dynamics and strength of high-speed ground transportation. - K.: Nauk. Dumka, 1976.
5. Pogorelov D.Yu. Simulation of Rail Vehicle Dynamics with Universal Mechanism Software / D.Yu. Pogorelov // Rail vehicle dynamics and associated problems. Gliwice: Silesian University of Technology, 2005. – P. 13-58.
6. Cherniak G.Yu. Basic computer model of spatial dynamics of a passenger car for high-speed traffic / G.Yu. Cherniak, Yu.V. Shcherbyna // Railway trans. of Ukraine. - 2012. - No. 6. - P. 55-58.
7. Cherniak A.: Simulation of random disturbances in the system “railway rolling stock – track”. Reporter of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University. Academic periodical. Engineering sciences. Series “Vehicles 1”, 9 (67), 2003, pp.173-177.
8. Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour – Safety – Track fatigue – Ride quality. UIC Code 518, International Union of Railways, Paris, 2009.
9. Polach O. Influence of wheel/rail contact geometry on the behaviour of a railway vehicle at stability limit / O. Polach // In: ENOC-2005, Eindhoven, Netherlands. – Pp. 2203-2210.
10. Kuleshov V.P. On the effectiveness of work on the program "wheel-rail" in the locomotive economy of Ukraine / V.P. Kuleshov, A.V. Sladkovsky // Railway trans. of Ukraine. - 2001. - №3. - P. 22-24.
11. SOU WPP 45.060-204: 2007. Passenger cars. Smooth traffic. Methods of determination. - K.: Ministry of Industrial Policy of Ukraine, 2007 - 12 p.

Демин Р.Ю. Расчетная оценка динамических показателей скоростного вагона

В статье представлены результаты компьютерного моделирования динамики скоростного вагона локомотивной тяги типа «Мета». Исследована зависимость показателей динамики движения вагона от характеристик системы демпфирования колебаний. Осуществлена оценка влияния на определенные динамические показатели вагона гасителей колебаний влияния тележек, а также параметров геометрического взаимодействия колес и рельсов.

Ключевые слова: скоростной вагон, динамика движения, компьютерное моделирование, динамические показатели.

Domin R. Calculated estimation of dynamic indicators of a high-speed wagon

The paper presents the results of computer simulation of the dynamics of a high-speed wagon of locomotive traction of the "Meta" type. The dependence of the dynamics of the wagon motion on the characteristics of the oscillation damping system is investigated. The impact on certain dynamic indicators of the wagon of vibration damping oscillators of trolleys as well as parameters of geometric interaction between wheels and rails was assessed.

Key words: high-speed car, dynamics of movement, computer modeling, dynamic indicators.

Дьомін Р.Ю. – к.т.н., докторант кафедри залізничного, автомобільного транспорту, підйомних та транспортних систем СНУ ім. В. Даля, e-mail: r.domin@1520mm.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Стаття подана 23.05.2018

УДК 621.311.1: 338.246.025.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В КОМУНАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Жидков А.Б., Шевкун Р.Ю., Литовка Я.О.

THE RESEARCH OF ENERGY CONSUMPTION IN PUBLIC UTILITIES

Zhydkov A.B., Shevkun R.Yu., Litovka Y.O.

В статті наведено результати пілотного дослідження енергоефективності комунальних закладів на прикладі двох шкіл м. Северодонецьк. Під час дослідження було розроблено методичку оцінки зовнішніх факторів на енергоспоживання об'єктів без використання складного обладнання. Проаналізовані дані енергомоніторингу обраних об'єктів за 2017 р. Досліджено проблеми в енергоспоживанні шкіл, які є типовими для регіону. Виявлені недоліки існуючої системи енергомоніторингу та запропоновано напрямки подальших досліджень

Ключові слова: енергозбереження, ЖКГ, ЗОШ, модель, фактори, електроспоживання, теплоспоживання, кореляційний аналіз.

Вступ. Відомо, що Україна має дуже високе енергоспоживання в комунальній сфері. Це є наслідком того, що житловий фонд та комунальні об'єкти в більшості побудовано за часів СРСР, коли енергозбереження не було в фокусі уваги. Зараз ситуація змінилася, але заходи з енергозбереження в комунальній сфері потребують як значних фінансових витрат, так і наявності спеціалістів і, насамперед, формування культури відповідального споживання [1].

Северодонецька Міська Рада з 2016 р. започаткувала моніторинг витрат енергії та води в комунальних закладах міста. На даний час накопичений великий обсяг інформації, який може стати базою для аналізу споживання ресурсів комунальними закладами та розробки заходів з енергозбереження.

Але сама методологія такого аналізу не розроблена і навіть немає технічного завдання для подібних робіт. Тому було проведення пілотне дослідження на базі двох загальноосвітніх шкіл м. Северодонецька СЗШ №17 та СЗШ № 18 при сприянні департаменту економічного розвитку і відділу освіти Северодонецької міської ради в межах виробничої практики студентами, які залучені до роботи у Ресурсному центрі зі сталого розвитку при СНУ ім. В. Даля в співпраці з

кафедрою електричної інженерії СНУ ім. В. Даля.

Метою дослідження було встановлення зв'язку між енергоспоживанням середніх загальноосвітніх шкіл та зовнішніми факторами для розробки методички оцінки їх енергоефективності.

Тому Ресурсним центром зі сталого розвитку СНУ ім. В. Даля, та кафедрою електричної інженерії у співпраці з управлінням економіки та управлінням освіти м. Северодонецьк було прийнято рішення зробити пілотний аналіз енергоспоживання, результати якого допоможуть сформулювати методичку аналізу для всіх комунальних об'єктів.

В якості об'єктів дослідження було обрані СЗШ № 17 та 18 м. Северодонецьк.

Метою аналізу була побудова моделі енергоспоживання об'єктів та оцінка впливу зовнішніх факторів на рівень споживання енергії.

Розглядалося споживання електроенергії та теплової енергії. Спочатку було запропоновано перелік факторів, які на думку авторів впливають (мають впливати) на енергоспоживання. Запропоновано до розгляду в моделі 5 типів факторів (рис. 1).

«Стиль споживання» в моделі виділено окремо, бо це внутрішній суб'єктивний фактор, який може бути змінено за рахунок організаційних та технічних заходів. Ця група факторів охоплює все, що не описується вхідними змінними (рис. 1). В якості вихідних величин розглядали споживання електроенергії та теплової енергії.



Рис. 1. Графічне відображення моделі енергоспоживання комунальних закладів

Необхідно зазначити, що споживання електрики та споживання тепла не є незалежними величинами, бо у випадку відсутності, або нестачі опалення існує практика «догрівання» електрообігрівачами.

Вихідні дані про споживання електроенергії та тепла було отримано з департаменту економіки Северодонецької МР за 2017 р. Необхідно зазначити, що відомості про щоденне споживання ресурсів передаються до МР «в ручному режимі», в дні, коли працівник, який відповідає за передачу даних не працює, в базі зазначено нульове споживання, а на наступний день наведено загальне споживання з урахуванням попередніх днів, це було враховано при аналізі.

Відомості про клімато-метеорологічні фактори було отримано з інтернет ресурсу з архіву погоди для Северодонецька за 2017 рік. Дані було зведено в загальну таблицю і для кожної доби впродовж календарного року зазначено: середня температура вдень, переважний напрямок вітру, середня швидкість вітру, тривалість світлового дня (час від сходу до заходу сонця), хмарність.

Цифрові дані використовувалися безпосередньо, а такі відомості, як хмарність та напрям вітру переводилися до цифрових величин. Так, наприклад, «ясно» дорівнювало 1. А суцільні хмари – 0, проміжні стани відображалися відповідними коефіцієнтами з кроком 0,25. Аналогічно напрямок вітру ранжувався від «найбільш несприятливого» = 1 до «найменш несприятливого» = 0, з кроком 0,25. Більш докладно вплив вітру розглянемо далі. Межі коливання значень клімато-метеорологічних факторів наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Екстремальні та середні значення клімато-метеорологічних факторів впродовж року

Значення	Денна температура, °C	Хмарність, балів	Тривалість світлового дня, год	Швидкість вітру, м/с
Min	-14	0	8,2	1
Max	39	1	16,2	9
Mid	14,14	0,63	12,3	2,73

Як видно з табл.1 для клімато-метеорологічних факторів характерним є значне коливання значень.

Аналіз будівельно-технічних факторів показав, що в принципі вони дуже схожі однакові для обох закладів. Обидві школи було побудовано приблизно в один час з використанням типових проектів, однакових матеріалів та технологій.

Далі наведено характеристики об'єктів з зазначенням насамперед відмінностей.

Для врахування впливу вітру розглянуто розташування об'єктів на місцевості та екранування вітру оточуючими спорудами. Обидва об'єкти тріхи

повернені відносно сторін світу (приблизно на 10° за часовою стрілкою, але автори умовно позначили відповідні фасади згідно сторін світу).

Таблиця 2
Основні будівельні відомості про об'єкти

Об'єкт	Рік за будови	Кількість поверхів	Площа за будови, м ²	Площа опалов., м ²
СЗШ №17	1981	2-3	10847,2	7087,8
СЗШ №18	1985	3	9360,4	6845,4
Відхилення			-14 %	-3 %

Зовнішні стіни шкіль зведено з використанням повнотілої полуторної силікатної цегли. Товщина стін 2,5 цегли. В середині використовувалася вапняна штукатурка завтовшки в середньому 30 мм. Враховуючи те, що шар штукатурки може змінюватися в достатньо широких межах через нерівності стін було розраховано опір теплопередачі для товщини штукатурного шару 20, 30 та 40 мм. Середній опір теплопередачі стіни склав 0,63 (м²·°C)/Вт. Стіну в розрізі наведено на рис. 2.

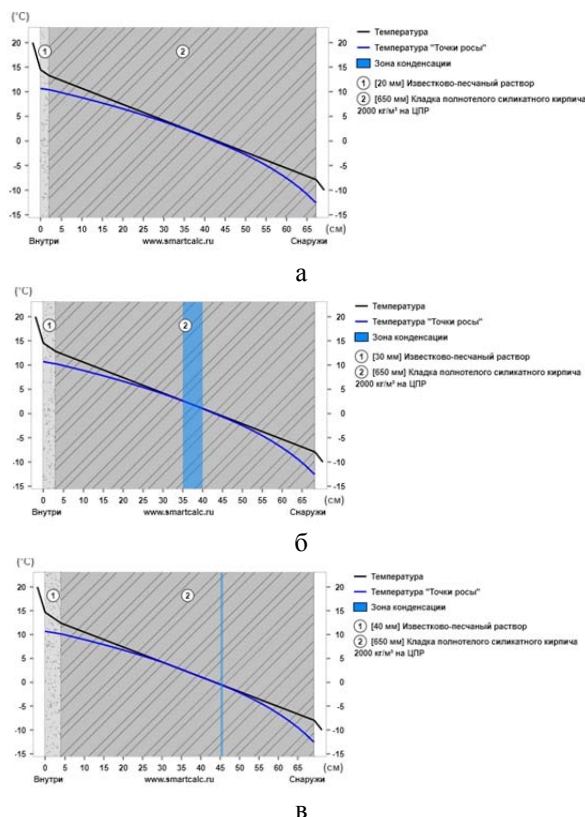


Рис. 2. «Пиріг» стін з товщиною штукатурного шару 20 (а), 30 (б) та 40 (в) мм

З рис. 2 видно, що криві температури та температури «точки роси» проходять достатньо близько і за певних умов в стінах можуть виникати зони конденсації вологи, які при подальшому замерзанні стають причиною руйнування конструкцій навіть незначні. Причому, конденсація

може виникнути при незначній зміні термічного опору стіни, або незначних коливаннях температури та вологості.

Згідно ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» для Луганської області мінімальне значення опору теплопередачі встановлено на рівні 3,3 (м²·°C)/Вт, тобто практично в 5 разів вище [2]. Для отримання бажаного значення теплоізоляції зовнішніх стін за схемою «мокрый фасад» необхідно використовувати пінополістирольні плити, або мінеральну вату товщиною 115 мм з наступним оштукатурюванням. Додатковим позитивним моментом від утеплення буде значне «відсушення» кривих температури та «точки роси» одна від одної в цегляному шарі стіни.

Характеристики вікон об'єктів наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика вікон об'єктів

Фасад	Старі дерев'яні	Нові метало-пластикові	Загалом	Коефіцієнт термоопіру
СЗШ № 17				
Пн	50	0	50	0,5
С	26	126	152	0,91
Пд	16	55	71	0,89
З	50	19	69	0,64
Σ	142	200	342	0,79
СЗШ № 18				
Пн	23	21	44	0,74
С	42	6	48	0,56
Пд	46	0	46	0,5
З	38	16	54	0,65
Σ	149	43	192	0,61

Примітка: Пн – північ, С – схід, З – захід, Пд – південь.

Для розрахунку коефіцієнту термоопіру умовно вважали, що термічний опір старого вікна вдвічі нижчий ніж нового. Різницю в прощі вікон не приймали до уваги. Ці дані використовували при розрахунку впливу напрямку вітру. Додатково визначали вплив «аеродинамічної тіні» від оточуючих будівель для фасаду. Вважалось, за стандартними підходами, що аеродинамічна тінь від будівлі поширюється на поверхні землі на відстань 10·Н, де Н – висота будівлі. Розраховані коефіцієнти ослаблення вітру зовнішніми спорудами для кожного фасаду об'єктів та підсумкові значення коефіцієнтів для напрямку вітру наведено в табл. 4

Для вітрів з проміжних напрямків коефіцієнти розраховувалися як середнє арифметичне відповідних коефіцієнтів. Наприклад, для СЗШ № 18 Північно-східний напрямок має коефіцієнт 0,46. Значення коефіцієнтів зростають в міру захищеності від вітру спорудами та збільшення долі сучасних вікон на фасаді і лежать в межах від 0 – мінімальна захищеність та старі вікна до 1 максимальна захищеність та нові вікна.

Стан даху та підвалу для СЗШ 18 є кращім, бо дах утеплений пінобетоном, підвал опалюється цілком, але дослідити вплив теплоізоляції даху та

підвалу без спеціального обладнання неможливо, тому в моделі ці фактори не бралися до уваги.

Таблиця 4

Коефіцієнти для основних напрямків вітру

Фасад	Коефіцієнт послаблення вітру спорудами	Коефіцієнт термоопіру вікон	Підсумковий коефіцієнт для напрямку вітру
СЗШ № 17			
Пн	0,8	0,5	0,5
С	0,92	0,91	0,91
Пд	0,92	0,89	0,89
З	0,6	0,64	0,64
СЗШ № 18			
Пн	1	0,74	0,88
С	0,56	0,56	0,37
Пд	0,92	0,5	0,55
З	0	0,65	0,00

Вузол теплового введення для обох об'єктів подібний, арматура та труби частково теплоізовані. Підключене теплове навантаження ЗСШ №17 на опалення становить 0,376 Гкал/год (290,76 кВт). Для ЗСШ №18 - 0,21 Гкал/год (242,3 кВт).

Основними опалювальними приладами є чавунні радіатори та реєстри з гладких сталевих труб. В ЗСШ № 18 трубопроводи частково замінено на пластикові. В деяких приміщеннях за радіаторами встановлено екрани з пенофолу. Можливість регулювання споживання тепла для опалювальних приладів відсутня.

При розгляді енергоозброєності об'єктів в першу чергу аналізувалися наявні електроприлади та режим їх використання. Умовно всі електроспоживачі було поділено на 3 групи: освітлення, обладнання кухні, інші прилади.

Для освітлення шкіл використовують різні освітлювальні прилади та лампи, що спричиняє додаткові складності при ремонті та обслуговування.

Таблиця 5

Типи освітлювальних приладів та їх загальна потужність

Об'єкт	Тип ламп (% від споживання потужності для освітлення)				
	Люмінесц.	Розжар.	LED	ДРЛ	Σ
СЗШ № 17	39,06 (62 %)	20,63 (33 %)	3,73 (6 %)	0	63,4
СЗШ № 18	60,66 (75 %)	15,8 (20 %)	0,2	4,25 (5 %)	80,9

В навчальних кабінетах середня тривалість роботи ламп складає від 3 до 10 годин. Необхідно зазначити, що більшість навчальних кабінетів та коридорів обладнана малою кількістю вимикачів і лампи вмикаються великими групами. 70 % навчальних кабінетів мають 2 вимикача, приблизно 10 % - тільки один на всі лампи. Автоматичне регулювання рівня освітлення відсутнє. В коридорах

працює реально приблизно 30-40 % від встановлених ламп, рівень освітлення в сутінках не досягає 50 лк в багатьох містах. В 15 % навчальних кабінетів норма освітлення теж не досягаються по одному чи кільком показникам [3].

Друга група електроспоживачів це обладнання, яке використовується на кухнях. Кухня в робочі дні працює з 5 до 14 години, і має застаріле обладнання. Так проточний водопідігрівач, що має потужність 12 кВт·год працює на обох об'єктах практично весь час, що працює кухня. Загальна потужність обладнання кухні становить СЗШ № 17 – 53,85 кВт·год; СЗШ № 18 – 55,3 кВт·год. Приблизно можна оцінити час роботи цього обладнання 2-3 години на добу.

Інше електрообладнання становлять верстати в майстернях, комп'ютерні класи, електроінструмент, кондиціонери, телевізори, тощо. Частина з цих приладів вмикається часто, частина дуже рідко. В СЗШ № 18 є також електрообладнання, яке призначено для обслуговування басейну потужністю 35,04 кВт·год, але оскільки басейн не працює, воно не враховувалося при аналізі.

Загальна потужність електрообладнання для об'єктів складає СЗШ № 17 – 32,34 кВт·год, СЗШ № 18 – 47,25 кВт·год (без обладнання для басейну).

В середньому можна встановити, що освітлення повинно працювати відповідно до тривалості світлового дня, обладнання кухні весь час її роботи, інше обладнання в середньому 1 годину на добу. Але це приблизні оцінки.

Енергоозброєність об'єктів було визначено наступним чином (табл. 6)

Таблиця 6

Енергоозброєність об'єктів

Об'єкт	Максимальна споживна потужність, кВт·год (%)			
	Освітл.	Кухні	Інше обладн.	Σ
СЗШ № 17	63,4	153,85	32,34	149,59
СЗШ № 18	80,9	55,3	47,25	183,45
Відхил., %	28	3	46	23

Якщо враховувати наведені вище оцінки, то середнє споживання за добу буде дорівнювати відповідно СЗШ № 17 – 235 – 457 кВт·год; СЗШ № 18 – 279 – 562 кВт·год в залежності від тривалості світлового дня, що в принципі є дуже близьким до реального споживання.

Якщо розглядати організаційні фактори, то найбільш впливовим серед них є нестабільний режим роботи закладів. В канікули, свята, вихідні, на карантині кухня та допоміжне обладнання не працює, працює невелика частина освітлення та окремі електроприлади (переважно оргтехніка) тому споживання електроенергії в такі дні близько до нуля. В подальшому для підвищення якості аналізу такі дні з розрахунку для електроспоживання

виключали. Але споживання опалення не припиняється навіть в тих випадках, коли заклад не працює. Тому для теплоспоживання враховували всі наявні дані. Треба зауважити, що період, за який наявні дані по теплоспоживанню складає тільки 3 місяці, тому, що в 2017 році відбувався ремонт теплотільників і дані за половину опалювального сезону відсутні.

Остаточо було виділено такі періоди:

- навчальний рік (з вересня по червень);
- літні канікули;
- опалювальний сезон.

Аналіз для кожного з цих періодів робився окремо з урахуванням «відсіювання» неробочих днів, коли споживання електроенергії дорівнювало нулю.

Середнє споживання в цілому за рік склало для СЗШ № 17 - 158,13 кВт·год, а для СЗШ № 18 – 202,95 кВт·год, тобто на 28 % більше. Відхилення лежить в межах відхилень площ об'єктів (32 %) та енергоозброєності (23 %), що є очікуваним.

Загальнє споживання електроенергії за навчальний рік з урахуванням корекції показано на рис. 3.

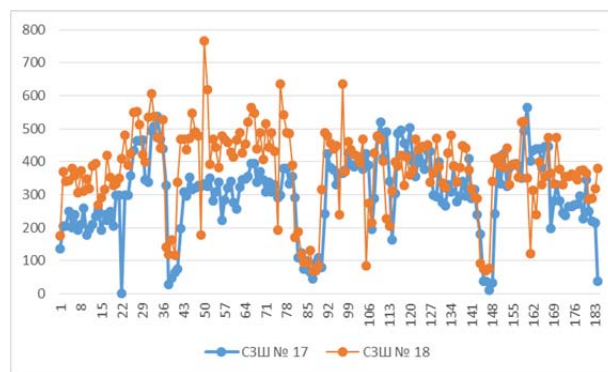


Рис. 3. Споживання електроенергії протягом навчального року

Для навчального року середнє значення складає для СЗШ № 17 - 307,13 кВт·год, а для СЗШ № 18 – 375,58 кВт·год, тобто на 22 % більше, що практично співпадає з різницею в енергоозброєності. Співпадіння зниження споживання пояснюється ідентичним графіком роботи впродовж начального року.

Для канікул середнє значення електроспоживання складає для СЗШ № 17 – 16,55 кВт·год, а для СЗШ № 18 – 57,66 кВт·год, це практично в 3,5 рази більше. Можливо це пояснюється наявністю якихось активностей в літні канікули.

Для виявлення впливу зовнішніх факторів на споживання електроенергії був проведений кореляційний аналіз для всього календарного року, навчального року та канікул окремо для обох об'єктів.

Аналіз дав наступні результати:

1. Вхідні величини не є незалежними. Температура та тривалість світлового дня є взаємо пов'язаними параметрами, що природньо.

2. Коефіцієнтів кореляції більших за модулем 0,5, які б свідчили про наявний зв'язок між вхідними величинами та електроспоживанням виявлено для навчального року та канікул не було.

3. При аналізі року цілком коефіцієнт кореляції між електроспоживанням та температурою і тривалістю світлового дня більші за 0,5, що свідчить про наявний зв'язок між параметрами для обох об'єктів (табл. 7).

Таблиця 7

Коефіцієнти кореляції між споживанням електроенергії та температурою і тривалістю світлового дня

Об'єкт	Темпер.	Тривал. світлов. дня	Кореляція між вхідними величинами
СЗШ № 17	0,65	-0,59	0,8
СЗШ № 18	0,59	-0,62	

Тут необхідно відмітити, що тривалий світловий день та період з високою температурою співпадає з літніми канікулами та загальним зниженням електроспоживання, а низькі температури та короткий світловий день співпадає з навчальним роком. Тобто ці результати не свідчать про наявний вплив клімато-метеорологічних факторів на споживання електроенергії.

Загалом, якщо оцінити суму абсолютних значень коефіцієнтів кореляції для об'єктів вони не перевищать 0,36-0,37, це опосередковано свідчить, що за стан вихідної величини «електроспоживання» переважно (на 63-64 %) відповідає фактори, які не розглянуті в моделі.

Таким чином, на підставі проведеного аналізу, можна зробити висновок, що споживання електроенергії в досліджених об'єктах мало залежить від реальних потреб в ній. Це свідчить про поганий стан системи управління енергоспоживанням. Основними причинами є застаріле обладнання, відсутність засобів автоматичного управління освітленням, мала кількість вимикачів та застарілий стиль енергоспоживання.

Аналіз теплоспоживання за 3 місяці показав наступне.

СЗШ № 18 споживає тепла в середньому на 19 % менше, ніж СЗШ № 17, при практично однаковій опалювальній площі. Вочевидь грають роль стан даху і підвалу, але не порівнюючи тепловий режим в школах остаточних висновків робити неможна.

Динаміка споживання тепла наведена на рис. 4. Кореляційний аналіз показав наявність зв'язку між температурою та кількістю спожитого тепла. Причому для СЗШ № 17 він більш тісний, ніж для СЗШ № 18 (0,75 та 0,53 відповідно).

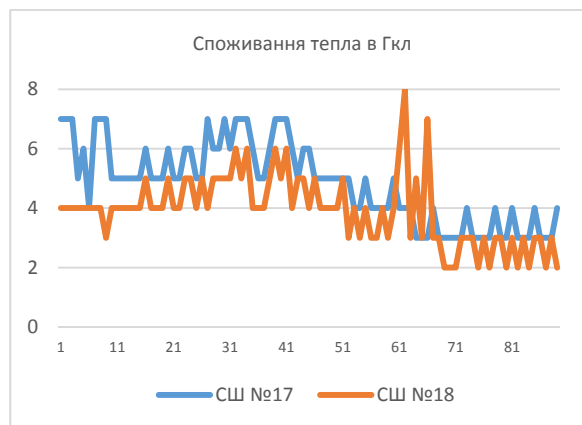


Рис. 4. Динаміка споживання тепла

Зв'язку між споживанням тепла та електроенергії не виявлено. Інші фактори також впливають на споживання тепла незначно.

Можна зробити висновок, що на досліджених об'єктах відсутня реальна можливість регулювання теплоспоживання і можливості для запровадження енергозберігаючих заходів без додаткових інвестицій.

Висновки та напрямки подальших досліджень.

1. Проведені дослідження дозволили розробити загальну методіку порівняльної оцінки енергоефективності об'єктів без складного інструментального аудиту. Методика може бути використана на бідь-якому схожому об'єкті.

2. Виявлено сильні та слабкі сторони системи моніторингу яка впроваджена для комунальних підприємств Северодонецьку.

3. Виявлені проблеми з споживанням та обліком електричної і теплової енергії є типовими для освітніх та культурних закладів, відповідно і заходи для їх вирішення є подібними.

4. Подальші дослідження повинні бути направлені на створення автоматичної системи моніторингу енергоспоживання комунальних об'єктів з виділенням окремих груп споживачів, бо без такої інформації розробити ефективні заходи з енергозбереження неможливо

Л і т е р а т у р а

1. Проектне управління, як основа енергозбереження у житлово-комунальному господарстві / П. Т. Бубенко, О. П. Бубенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – № 3 (1225). – С. 48–53.
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-04-01]. Київ, 2017. 30 с. (Інформація та документація).
3. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2006-10-01]. Київ, 2006. 78 с. (Інформація та документація).

References

1. Project management as the basis of energy saving in housing and communal services / P. T. Bubenko, O. P. Bubenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio Management, Programs and Projects. - Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. - No. 3 (1225). - P. 48-53.
2. DBN V.2.6-31: 2016. Thermal insulation of buildings. [Effective as of 2017-04-01]. Kyiv, 2017. 30 p. (Information and documentation).
3. DBN V.2.5-28-2006. Natural and artificial lighting. [Effective from 2006-10-01]. Kyiv, 2006. 78 p. (Information and documentation).

Жидков А.Б., Шевкун Р.Ю., Литовка Я.О. Исследование особенностей энергопотребления в коммунальных учреждениях

В статье приведены результаты пилотного исследования энергоэффективности коммунальных учреждений на примере двух школ г. Северодонецка. В ходе исследования была разработана методика оценки внешних факторов на энергопотребление объектов без использования сложного оборудования. Проанализированы данные энергомониторинга выбранных объектов по 2017. Исследованы проблемы в энергопотреблении школ, которые являются типичными для региона. Выявлены недостатки существующей системы энергомониторинга и предложены направления дальнейших исследований

***Ключевые слова:** энергосбережение, ЖКХ, ООШ, модель, факторы, электропотребление, теплопотребление, корреляционный анализ.*

Zhydkov A.B., Shevkun R.Yu., Litovka Y.O. The research of energy consumption in public utilities

The article presents the results of pilot research on energy efficiency of communal institutions on the example of two schools in Severodonetsk. During the research, a methodology for assessing external factors for the energy consumption of objects without the use of complex equipment was developed. The data of energy monitoring of selected objects for 2017 have been analyzed. Problems in energy consumption of schools that are typical for the region are investigated. The deficiencies of the existing system of energy monitoring were revealed and directions of further researches were proposed

***Key words:** energy saving, housing and communal services, school, model, factors, electricity consumption, heat consumption, correlation analysis.*

Жидков Андрій Борисович, к.т.н., доц., доцент кафедри електричної інженерії СХУ ім. В.Даля zhand.cmw@ukr.net
Шевкун Роман Юрійович, студент гр. ЕТ-151 СХУ ім. В.Даля bublik9511@gmail.com
Литовка Яна Олегівна – студентка гр. ЕК-151 СХУ ім. В.Даля yanochkalitovka@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 23.05.2018

УДК 665.637.5

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАТАЛІЗАТОРА НА КРЕКІНГ МАЗУТУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ

Забірко І.І., Кудрявцев С.О., Леоненко С.В.

INFLUENCE OF CATALYST CONCENTRATION ON CRACKING OF FUEL OIL ON THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANOCATALYSIS

Zabirko I.I., Kudryavtsev S.O., Leonenko S.V.

Концентрація каталізатора – це важливий регулюючий фактор в процесі переробки мазуту за технологією аерозольного нанокаталізу. Досліджено вплив концентрації каталізатора на вихід світлих фракцій нафтопродуктів. Методика ведення процесу була розроблена і вивчена на експериментальній установці з віброзрідженням шаром каталізатора. Результати дослідів оброблені та порівняні з альтернативними технологіями. Наведені оптимальні умови ведення процесу. Доведена актуальність і перспективність роботи.

Ключові слова: мазут, аерозольний нанокаталіз, віброзрідження, крекінг, каталізатор.

Вступ. З шести НПЗ на території нашої країни станом на лютий 2016 р. промислова навантаженість була задіяна лише на 25%, але цей відсоток здебільшого відноситься до Кременчутського нафтопереробного заводу тому що, інші заводи працюють частково або повністю законсервовані [1]. Виходячи з цього Українська нафтопереробна промисловість потребує сучасних технологій які зможуть:

- знизити енерго та ресурсовитрати;
- замінити морально застаріле обладнання;
- підвищити глибину переробки;
- покращити якість виробляемого продукту.

Усі наведені фактори можуть дати поштовх для виходу України з кризи а також знизити залежність від імпортованих нафтопродуктів.

Нафтопереробні заводи України здебільшого розроблені для переробки нафти марки Brent яка містить в собі переважно важкі фракції і близько 40% легких фракцій, але цього недостатньо щоб у необхідній кількості виорбляти нафтопродукти. Тому у світі використовують вторинні процеси які можуть преробляти важкі залишки нафти це

каталітичний крекінг, вісбрекінг, гідрокрекінг та ін.

Сучані вторинні процеси значно підвищують глибину переробки нафти а також підвищують якість нафтопродуктів наприклад: зниження вмісту сірки, підвищення октанового числа бензинів, підвищення цетанового числа і зниження температури застигання дизельного палива та ін. [2, 3, 4].

Метою процесу каталітичного крекінгу мазуту є вивчення процесу крекінгу мазуту в умовах аерозольного нанокаталіза та впливу концентрації каталізатора на вихід напівпродуктів а також вплив на якісний склад компоненту бензину та дизельного палива. Октанове число комопнету бензину за дослідним методом складає близько 90 одиниць і вище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологія аерозольного нанокаталізу має ряд переваг над іншими способами переробки мазуту. Головним чином, це мала кількість необхідного для ведення процесу каталізатора, виключення зі схеми вузла регенерації каталізатора, збільшення активності каталізатора і швидкості реакцій за рахунок відмови від носія.

На початковій стадії дослідження процесу процесу крекінгу мазуту на цеолітвмісному каталізаторі тип (Y) з початковим розміром часток від 0,04 до 0,1 мм вивчався вплив температури та частоти механохімічної активації на вихід бензинової та дизельної фракції.

З експериментальних даних вивчення складу сировини стало зрозуміло, що при контрольній розгонці в мазуті міститься до 54 % мас. компонентів з температурою кипіння до 350 °С. При дослідженні термічного крекінгу мазуту при

температурі 200 °С вихід світлих нафтопродуктів склав 49 % мас., при збільшенні температури до 400 °С вихід знизився на 1 % мас., а при температурі 500 °С процес провести не вдалося через постійні закупорки коксом фільтру на виході з реактора, що характеризується сильною коксованістю через реакції ущільнення. Дослідження каталітичного крекінгу на цеолітвмісному каталізаторі тип (Y), показав що при частоті 3 Гц і температурі 450 °С, вихід світлих нафтопродуктів склав 81 % мас., а при температурі 400 і 550 °С вихід складає від 57 до 62 % мас.. При частоті 4 Гц і температурі 400 °С отримали бензинову фракцію в кількості 11 % мас. і дизельної фракції в кількості 73 % мас.. При температурах 450-550 °С вихід світлих нафтопродуктів склав від 75-81 % мас., що відповідно вище, ніж на діючій промисловій установці УКМ-600 (50 % мас) [5].

Результати експериментів з переробки мазуту за технологією аерозольного нанокаталізу доводять доцільність процесу і інтерес для майбутнього поглибленого дослідження.

Матеріали та результати досліджень.

Залежність впливу концентрації каталізатора на швидкість реакцій і склад продуктів крекінгу досліджувався на лабораторній установці з віброзрідженим шаром каталізатора. Як модельну сировину використовували мазут, каталізатор – алюмосилікат Nexus-345р. Експерименти проводили при температурі 500 °С, при атмосферному тиску і швидкості подачі сировини 1,1 мл/хв. (час контакту 14,8 с). Об'єм реактора 38 мл. Як інертний матеріал використовувалися попередньо запилені каталізатором скляні кульки діаметром 1-1,2 мм. У реактор додатково вносився каталізатор у кількості, що відповідав концентраціям 0, 1, 5, 16, 32 г/м³. Лабораторна установка побудована таким чином, що при відсутності вібрації реактор буде працювати в режимі, близькому до ідеального витиснення. З появою вібрації і при збільшенні її частоти коливаний буде відбуватися інтенсивне перемішування каталітичної системи і сировини, що надходить до реактору, такий режим роботи реактора буде близьким до ідеального змішання. Швидкість реакції, що спостерігається, у режимі змішання нижче, ніж у режимі витиснення. Це пояснюється тим, що швидкість для однієї і тієї ж реакції в реакторі витиснення завжди вище, ніж у реакторі змішання, а кінетичне рівняння однакове. [8]. Результати експериментальних досліджень представлені у таблиці 1.

Графічні залежності показують вплив концентрації каталізатора на вихід світлих нафтопродуктів і мають синусичний вид, це пояснюється зміною режимних параметрів роботи. Збільшення концентрації дає змогу утворюватись більшій кількості наночастинок, таким чином, позитивно впливати на ефективність каталізу реакцій крекінгу. Але наночастинок схильні до коагуляції при їх великій кількості, яка відбувається при зіштовхуванні з іншими частками, таким чином,

Таблиця 1

Вихідні та експериментальні дані
(витрата – 1,1 мл/хв., $C_{\text{кат}}$ – 0, 1, 5, 16, 32 г/м³, диспергуючий матеріал – 20 мл)

№ з/п	Скат г/м ³	f Гц	X % мас.	Вихід, % мас.			
				Газ	БФ 35-180 °С	ДФ 180-350 °С	Σ вихід світлих
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0		59,16	3,45	4,8	31,66	36,46
2	1		78,2	4,23	14,4	41,3	55,7
3	5	5	71,01	5,71	6,99	46,2	53,19
4	16		79,17	5,36	3,79	53,35	57,14
5	32		55,4	5,02	7,74	46,03	53,77

Графічні залежності від різних концентрацій каталізатору представлено на рис. 1-2.

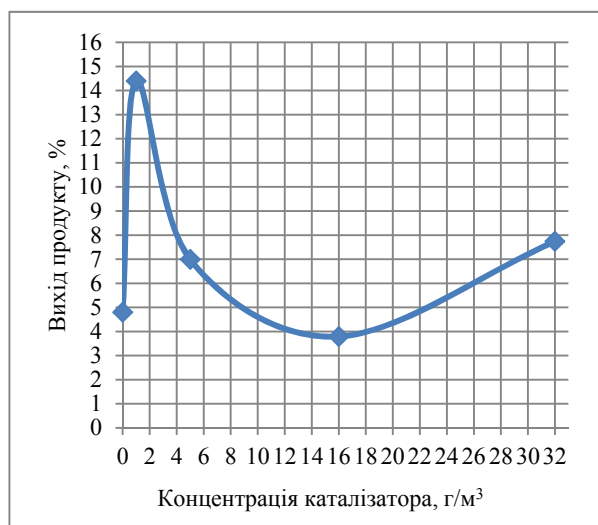


Рис. 1. Вихід бензинових компонентів в залежності від концентрації каталізатора

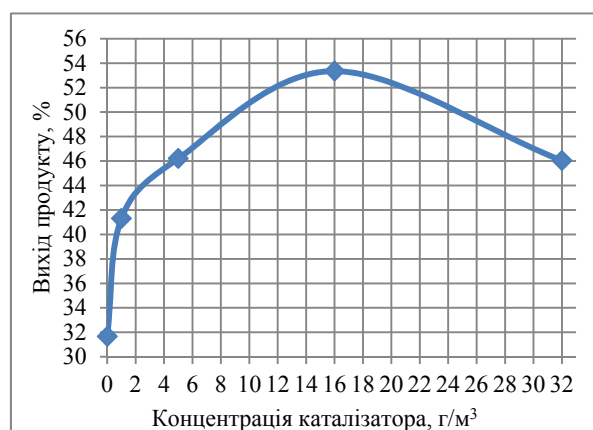


Рис. 2. Вихід дизельних компонентів в залежності від концентрації каталізатора

час життя наночастинок зменшується при великій щільності наночастинок в об'ємі. Ми спостерігаємо «конкурування» реакцій розкладання (утворення чи бензинових, чи дизельних компонентів) та реакцій ущільнення. Отже, ми маємо коливання у залежностях на рисунках 1-2. Для більш детального

розкриття питання необхідні додаткові досліді [6]. Так чи інакше, ми маємо змогу стверджувати, що проведені досліді в даних умовах сприяють отриманню саме дизельної фракції, бо її вихід значно перевищує вихід бензинових. Будемо орієнтуватися на нього як на цільовий продукт. Розрахунки за кінетичними та технологічними параметрами представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Кінетичні та технологічні параметри процесу

№ з/п	τ	Продуктивність		k	W
		г/(мл*год)	г/(г*год)		
1	2	3	4	5	6
1	0	0,831	31,56	1,875595	0,107616
2	1	0,821	779932	2,848492	0,140383
3	5	0,832	157993,2	3,476664	0,157039
4	16	0,806	191539,1	4,630052	0,181342
5	32	0,820	24354,27	3,45296	0,156461

За літературними даними при температурі 500 °С константа швидкості термічного крекінгу дорівнює 0,06-4,2 хв⁻¹ [7]. Таким чином, швидкість реакції в каталітичному процесі AnCVB зростає.

За допомогою рисунку 3 наведено графічне рівняння, що описує залежність впливу концентрації каталізатора на константу швидкості реакції.

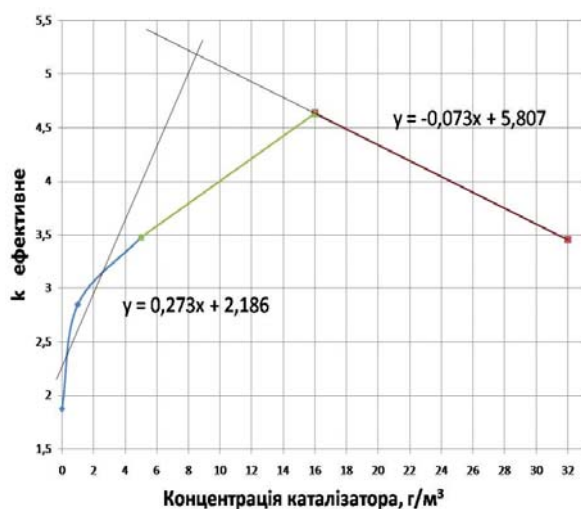


Рис. 3. Константа швидкості реакції в залежності від концентрації каталізатора

На графіку є виражений перегин, тому опишемо залежність системою з двох рівнянь за допомогою ліній тренду. Замінено X та Y на відповідні характеристики. Маємо:

$$k_1 = -0,073 \cdot C_1 + 5,807$$

$$k_2 = 0,273 \cdot C_2 + 2,186$$

Якщо умовно продовжити лінії тренду, вони матимуть спільну точку у значенні 8,4 г/м³ каталізатора. Це значення відповідає попереднім дослідженням про оптимальний режим ведення процесу [4].

Висновки. Отримані результати експериментальної частини переробки мазуту за

технологією AnCVB показали, що запропонована технологія спроможна давати до 87 % мас світлих нафтопродуктів, не ускладнюючи реакційний вузол, чи навіть спростити деякі стадії процесу. Все це відобразиться на економічній ефективності процесу. Рекомендовані параметри технологічного процесу: T = 500 °С; f = 5. Для максимального виходу дизельної фракції рекомендуємо концентрацію в 8,4 г/м³ каталізатора. Аналіз проведених експериментальних досліджень підтвердив практичну здійсненність каталітичного крекінгу на базі технології аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі. Процес переробки мазуту є доцільним та перспективним.

Література

1. Петро Івасюк. Рынок нефтепродуктов Украины находится в состоянии передела собственности — эксперт // УНН от 19 февраля 2016.
2. Борзаев Х. Х. Каталитическая переработка тяжелого углеводородного сырья с предварительным электромагнитным воздействием: дис. На соискание науч. степени к.т.н., Москва – 2015, с. 52-54.
3. Пат. RU 2622650 C1/ Способ переработки тяжелого нефтяного сырья/ Лесин Сергей Викторович (RU), Винокуров Владимир Арнольдович (RU), Фролов Валентин Ивлиевич (RU), Гушин Павел Александрович (RU); Заявл. 22.09.2016; Оpubл. 26.07.2017 Бюл. № 17.
4. Пат. RU 2620606 C1/ Способ получения композитной эмульсии топлива/ Пятков Владимир Трофимович (RU), Иванов Вадим Андреевич (RU); Заявл. 23.05.2016; Оpubл. 29.05.2017 Бюл. № 16.
5. Кудрявцев С. А. Исследование процесса крекинга мазута в условиях аерозольного нанокаталіза на цеолитсодержащем каталізаторе типа Y / С. А. Кудрявцев, С. В. Леоненко, И. М. Гликина // Хімічна промисловість України. – 2015. – №5[130]. – С. 46–49.
6. Гликин М.А., Кутакова Д.А., Принь Е.М., Гликина И.М., Волга А.И. Гетерогенный катализ на пористой структуре и в аэрозоле // Катализ и нефтехимия. - 2000, № 5-6. - С. 92-100.
7. Сидович Е. В. Технология переработки нефти и газа. Ч. 2-я. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. 2-е изд., пер. и доп. – М.: Химия, 1968 г. – 376 стр.
8. Кудрявцев С.О. Основы технологии одержання бензинової фракції та етилену аерозольним нанокаталізом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.04 «Технологія продуктів органічного синтезу» / С.О. Кудрявцев – Львів, 2007 – 24 с.

References

1. Peter Ivasyuk. The Ukrainian oil products market is in a state of property redistribution - expert // UNN of February 19, 2016.
2. Borzaev H. Kh. Catalytic processing of heavy hydrocarbon raw materials with preliminary electromagnetic effects: diss. To acquire scientific. Ph.D., Moscow - 2015, p. 52-54
3. Patent. RU 2622650 C1 / Method of processing of heavy petroleum raw material / Sergey V. Lesin (RU), Vladimir A. Vinokurov (RU), Valentin Frolov (RU), Pavel A.

- Guschin (RU); Declared September 22, 2011; Published 07/26/2017 Bull. No. 17
4. Patent. RU 2620606 C1 / Method for producing a composite fuel emulsion / Pyatkov Vladimir Trofimovich (RU), Ivanov Vadim Andreevich (RU); Declared May 23, 2016; Published 05/29/2017 Bull. No. 16
 5. Kudryavtsev S. A. Issledovanie protsessy krekninga mazuta v usloviyah aerolnogo nanokataliza na tseolitosoderzhaschem katalizatore tipa Y / S. A. Kudryavtsev, S. V. Leonenko, I. M. Glikina //Himichna promislovIst UkraYini. – 2015.– #5[130]. – S. 46–49.
 6. Glikin MA, Kutakova DA, Prihn E.M., Glikina IM, Volga A.I. Heterogeneous catalysis on the porous structure and in the aerosol // Catalysis and petrochemicals. - 2000, No. 5-6. - S. 92-100/
 7. Smidovich E.V. Technology of oil and gas processing. Ch. 2nd Cracking of crude oil and processing of hydrocarbon gases. 2nd ed., Ed. and add - Moscow: Chemistry, 1968 - 376 p.
 8. Kudryavtsev S.O. Fundamentals of Technology for the Production of Gasoline Fraction and Ethylene by Aeronautical Nanocatalysis. : author's abstract. dis for obtaining sciences. Degree Candidate tech Sciences: special 05.17.04 «Technology of organic synthesis products» / S.O. Kudryavtsev - Lviv, 2007. - 24 p.

Забірко І. І., Кудрявцев С. А. Леоненко С. В. Влияние концентрации катализатора на крекинг мазута по технологии аэрозольного нанокатализу.

Концентрация катализатора - это важный регулирующий фактор в процессе переработки мазута по технологии аэрозольного нанокатализу. Исследовано влияние концентрации катализатора на выход светлых фракций нефтепродуктов. Методика ведения процесса была разработана и изучена на экспериментальной установке с виброзридженням слоем катализатора. Результаты опытов обработаны и сравнены с альтернативными технологиями. Приведенные

оптимальные условия ведения процесса. Доказана актуальность и перспективность работы.

Ключевые слова: мазут, аэрозольный нанокатализ, виброзридження, крекинг, катализатор.

Zabirko I. I., Kudryavtsev S. O., Leonenko S. V. Influence of catalyst concentration on cracking of fuel oil on the technology of aerosol nanocatalysis

Concentration of catalyst - an important regulatory factor in the process of processing fuel oil technology aerosol nanocatalysis. The influence of catalyst concentration on the yield of light petroleum fractions is studied. The method of conducting the process was developed and studied on an experimental installation with a vibrational layer of the catalyst. The results of the experiments are processed and compared with alternative technologies. The optimal conditions for conducting the process are given. The relevance and promise of work is proved.

Key words: fuel oil, aerosol nanocatalysis, vibration reduction, cracking, catalyst.

Забірко Ігор Ігорович – студент групи TOP-16ДМ, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: zab.astartes@mail.ru.

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

Леоненко Сергій Володимирович – аспірант Східноукраїнського національного університету імені В. Даля leonenko.2307@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Стаття подана 20.05.2018

УДК 661.321.22.004.8

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ХІМІЧНО ОСАДЖЕНОЇ КРЕЙДИ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ

Золотарьова О. В.

INVESTIGATION OF THE CONDITIONS FOR THE PRODUCTION OF CHEMICALLY PRECIPITATED CHALK OF HIGH PURITY

Zolotarova O. V.

У статті розглянуто питання щодо підвищення чистоти хімічно осадженої крейди. Досліджено вплив ступеня хімічної очистки сировини різними реагентами на вміст домішок в кінцевому продукті і умов десорбції домішок при промиванні осаду різними реагентами на ступінь очищення продукту.

Ключові слова: хімічно осаджена крейда, висока чистота, міжнародний стандарт, хімічне осадження, репульнація.

Вступ. Хімічно осаджена крейда високої чистоти знаходить широке застосування в фармацевтиці, медицині, косметичній промисловості, виробництві реактивів та інших чистих сполук кальцію. Хімічно осаджена крейда, яку одержують на вітчизняних підприємствах із розчинів кальцію або з природного карбонату кальцію, має підвищений вміст домішок важких металів, фторидів, хлоридів, сульфатів. Якість чистого продукту повинна відповідати вимогам споживачів та можливостям виробництва. В залежності від вимог споживачів до продукції будь-якого виробництва може бути кілька стандартів. Існує декілька відомих міжнародних стандартів на хімічно осаджену крейду високої чистоти, наприклад, стандарт фірми «Aldrich» та стандарт фірми «Fluka». У зв'язку з цим в даній науковій роботі вирішуються питання та можливості отримання хімічно осадженої крейди високої чистоти, що відповідає стандартам фірми «Aldrich».

Метою експерименту є дослідження впливу ступеня хімічної очистки сировини різними реагентами на вміст домішок в кінцевому продукті і умов десорбції домішок при промиванні осаду різними реагентами на ступінь очищення продукту.

Постановка проблеми. Хімічно осаджений високодисперсний карбонат кальцію є продуктом, в якому мають потребу промисловість гуми та пластичних мас, які потужно прогресують. На даних підприємствах карбонат кальцію

застосовується при варінні скла, паперу, фарб, косметики. Карбонатні наповнювачі використовують в композиціях при отриманні полістиролу, поліуретанов, фенолформальдегідних і епоксидних смол. В якості реактива тонкодисперсний карбонат кальцію застосовується для одержання марочних вин. Переважна частина крейди використовується в тваринницькій галузі для підгодовування тварин і виготовлення кормів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблеми виготовлення хімічно осадженої крейди високої чистоти розглядалися у роботах Молчанова В. І., Лобойко О. Я., Михайлової Є. О., Посторонко А. І. та інших вчених. Однак і сьогодні під час проведення експерименту, дослідження хімічно осадженої крейди викликає багато запитань

Мета статті. Мета роботи присвячено вирішенню важливої науково-практичної задачі по створенню технології одержання хімічно осадженої крейди високої чистоти, якість якої відповідає міжнародним стандартам.

Результати досліджень. Очищення розчинів хлориду кальцію і кальцинованої соди. На першій стадії очищення розчинів хлориду кальцію і кальцинованої соди осаджуються сульфат-іони, що переходять у важкорозчинний сульфат барію. Для цього використовується хімічне осадження за допомогою хлориду барію. На другому етапі здійснювали очищення розчинів від іонів металів: Al^{3+} , Cr^{3+} , Mg^{2+} методом осадження. В якості реагента-осаджувача використовується розчин гідроксиду натрію. Третій етап очищення розчинів проводили реагентом, що осаджує іони наступних металів, а саме сульфідом натрію: As^{3+} , Bi^{3+} , Cd^{2+} , Co^{2+} , Cu^{+} , Fe^{3+} , Hg^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} . Далі використовується метод співосадження домішкових іонів. Очищені розчини фільтрують від осадів, що захоплюють з собою домішки і подаються на стадію синтезу хімічно осадженої крейди.

Оскільки при синтезі хімічно осадженої крейди в розчині присутні іони хлору і натрію, що

сорбуються на частинках осаду CaCO_3 , то для їх десорбції осад піддається комплексному промиванні розчином аміаку і термічною обробкою осаду в дистильованій воді.

В круглодонну колбу з пропелерною мішалкою об'ємом 200 мл наливається водний розчин хлориду кальцію з концентрацією 116 г/л. У колбу за допомогою бюретки безперервно вводиться розчин хлориду барію з концентрацією BaCl_2 36 г/л в кількості, щоб концентрацію реагенту підтримувати не менше 0,8%мас. Очищення розчином хлориду барію здійснюється при перемішуванні протягом 15 хв. Потім в розчин хлориду кальцію безперервно подається розчин гідроксиду натрію в кількості не менше 0,15%мас. Осадження гідроксидом натрію проводиться протягом 15 хв. при перемішуванні. Після цього в розчин хлориду кальцію безперервно дозується розчин сульфїду натрію з концентрацією не менше 0,3%мас. Очищення сульфїдом натрію здійснюється при перемішуванні протягом 15 хв. Потім в колбу при перемішуванні безперервно вводиться очищений розчин кальцинованої соди в кількості не більше 1%мас. Отриманий осад фільтрується на воронці Бюхнера.

Розчин кальцинованої соди з концентрацією 230 г/л поміщається в круглодонну колбу з пропелерною мішалкою об'ємом 200 мл. У колбу за допомогою дозуючого пристрою безперервно подається розчин хлориду барію, гідроксиду натрію, сульфїду натрію і очищений розчин хлориду кальцію. Реагенти беруться в тій же кількості, що і для очищення розчину хлориду кальцію. Після додавання кожного з реагентів осадження проводиться при перемішуванні протягом 15 хв. Отриманий осад фільтрується на воронці Бюхнера.

Синтез хімічно осадженої крейди. У круглодонну колбу об'ємом 200 мл з пропелерною мішалкою (швидкість обертання 420 об/хв.), що термостатується при 70°C , за допомогою двох перистальтичних насосів безперервно подається очищений розчин хлориду кальцію з об'ємною швидкістю 2,88 л/годину і очищений розчин кальцинованої соди зі швидкістю 1,44 л/годину в кількості 5%мас. Отриманий осад хімічно осадженої крейди фільтрується на воронці Бюхнера.

Потім осад репульпується і промивається розчином аміаку з концентрацією не менше 10%мас. Для цього осад з фільтру поміщається в скляний реактор, що термостатується при 60°C , і заливається розчином аміаку в співвідношенні Р : Т = 5. Промивання здійснюється при перемішуванні протягом 20 хв. Потім осад фільтрується на воронці Бюхнера. Після цього проводиться репульпація осаду хімічно осадженої крейди дистильованою водою при перемішуванні протягом 20 хв. Осад фільтрується на воронці Бюхнера. Процес промивки осаду дистильованою водою проводиться в три стадії. На перших двох стадіях температура в реакторі підтримується 60°C , на третій стадії не нижче 90°C . Після кожної стадії промивання він

фільтрується на воронці Бюхнера. Далі паста хімічно осадженої крейди переносять в сушильний шаф, де сушиться при температурі 105°C .

Перераховують масову частку вуглекислого кальцію і вуглекислого магнію на вуглекислий кальцій. 2,0-2,1 г хімічно осадженої крейди зважують, переносять у склянку місткістю 300-400 cm^3 , змочують 10-15 cm^3 води, і, прикрити годинним склом, повільно доливають розчин HCl до того моменту, як виділиться вуглекислота, далі додають надлишок HCl (3-5 cm^3) і кип'ятять його до повного розведення наважки. Розчин кількісно добавляють у мірну колбу об'ємом 500 cm^3 , охолоджують, доводять об'єм реактиву водою до мітки і перемішують, як можна ретельніше.

Для титрування в колбу об'ємом 500 cm^3 відбирають 25 cm^3 розчину, розводять водою до 200 cm^3 , додають одну краплю розчину метилового червоного і нейтралізують аміаком, додають 10 cm^3 буферного розчину, 8-10 крапель розчину хрому темно-синього і приблизно 0,1 г індикаторної суміші еріохрому чорного Т та титрують реагентом трилону Б до винно-червоного забарвлення в синє або зелене.

Масову частку вуглекислого кальцію і вуглекислого магнію в перерахуванні на вуглекислий кальцій (X_1) перераховують за формулою

$$X_1 = \frac{V \cdot K \cdot 0,005005 \cdot 500 \cdot 100}{m \cdot 25},$$

де V – об'єм розчину трилону Б концентрацією 0,05 моль/ dm^3 , витраченого на титрування кальцію і магнію, cm^3 ;

0,005005 – маса вуглекислого кальцію, що відповідає 1 cm^3 розчину трилону Б концентрацією 0,05 моль/ dm^3 , г;

K – поправочний коефіцієнт розчину концентрацією 0,05 моль/ dm^3 ;

m – маса наважки крейди, г.

Визначення масової частки вологи. 5-10 г хімічно осадженої крейди зважують, поміщають у попередньо висушену до постійної маси склянку для зважування і висушують у сушильній шафі при $105-110^\circ\text{C}$ до постійної маси. Склянку для зважування з висушеним залишком охолоджують в ексикаторі і зважують.

Масову частку вологи (X_2) у відсотках обчислюють за формулою

$$\tilde{O}_2 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 100}{m},$$

де m_1 – маса склянки для зважування з крейдою до висушування, г;

m_2 – маса склянки для зважування з крейдою після висушування, г;

m – маса наважки крейди, г.

Аналіз одержаної хімічно осадженої крейди на домішки, технологічних середовищ та потоків проводиться фотокolorиметричним, потенціометричним та гравіметричним способами.

Результати експерименту. Для очищення вихідних розчинів хлориду кальцію і кальцинованої соди від сульфат-іонів в них вводиться розчин хлориду барію.

Для очистки вихідних розчинів від сульфат-іонів в них вводять розчин хлориду барію в кількості, що забезпечує вагове співвідношення іонів барію до $[Ba^{2+}] / [SO_4^{2-}]$, що містяться в очищуваних розчинах, не менше 1,43. Таке співвідношення дозволяє практично повністю осадити сульфат-іони. При меншому співвідношенні $[Ba^{2+}] / [SO_4^{2-}]$ не досягається повнота очищення від іонів SO_4^{2-} .

Для очистки вихідних розчинів від іонів Mg^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} в них вводиться гідроксид натрію.

Кількість гідроксиду натрію, що забезпечує рН очищуваних розчинів не менше 9,5 дозволяє повністю осадити іони магнію, алюмінію та хрому. При рН очищуваного розчину менше 9,5 погано осаджується хром.

Для очистки вихідних розчинів від іонів важких металів в них вводиться сульфід натрію в стехіометричній кількості до кількості іонів важких металів, що знаходяться в очищуваному розчині. Ця кількість дозволяє знизити залишковий вміст іонів важких металів очищуваному розчині. З аналізу кривої виходить, що при нестачі сульфиду натрію збільшується вміст іонів важких металів в кальцієвому розчині, що приводить до забруднення готового продукту. Надлишок сульфиду натрію відносно стехіометричної кількості приводить до появи домішкових сульфід-іонів, які забруднюють продукт.

Для більш повної очистки вихідних розчинів від домішок застосований метод співосадження. Для додаткової очистки вихідного розчину хлориду кальцію в нього пропонується вводити попередньо очищений розчин кальцинованої соди. Для додаткової очистки вихідного розчину кальцинованої соди пропонується в нього вводити попередньо очищений розчин хлориду кальцію.

Очищений розчин кальцинованої соди вводиться в вихідний кальцієвий розчин у кількості, що забезпечує вагове співвідношення карбонат-іонів до іонів кальцію, що містяться в очищуваному розчині $[CO_3^{2-}] / [Ca^{2+}] = 0,075 - 0,15$. Це призводить до осадження невеликої кількості забрудненого осаду хімічно осадженої крейди (~ 5% від ваги продукту $CaCO_3$). Седиментація цього осаду разом з осадом інших домішок дозволяє повніше очистити вихідний розчин і в кінцевому підсумку отримати більш чистий продукт $CaCO_3$, прискорити осадження колективного осаду і відділення забрудненого осаду від очищеного розчину. При співвідношенні $[CO_3^{2-}] / [Ca^{2+}]$ меншому 0,075 знижується ступінь чистоти кінцевого продукту $CaCO_3$, а при співвідношенні $[CO_3^{2-}] / [Ca^{2+}]$ більшому 0,15 зростають втрати реагенту Na_2CO_3 і осаду $CaCO_3$.

Очищений розчин хлориду кальцію вводиться в вихідний розчин кальцинованої соди в кількості, що забезпечує вагове співвідношення іонів кальцію до карбонат-іонів, що містяться в очищуваному розчині $[Ca^{2+}] / [CO_3^{2-}] = 0,033 - 0,066$. Це призводить до осадження невеликої кількості забрудненого осаду хімічно осадженої крейди (~ 5% від ваги продукту $CaCO_3$). При співвідношенні $[Ca^{2+}] / [CO_3^{2-}]$ меншому 0,033 знижується ступінь чистоти кінцевого продукту $CaCO_3$, а при співвідношенні $[Ca^{2+}] / [CO_3^{2-}]$ більшому 0,066 зростають втрати реагенту $CaCl_2$ і осаду $CaCO_3$.

Вміст домішок іонів стронцію і барію в осадах хімічно осадженої крейди стає низьким при осадженні 7,5-8,0% $CaCO_3$.

Хімічно осаджена крейда є дрібнокристалічною речовиною, що ускладнює десорбцію домішок шляхом промивання з поверхні осаду. В процесі промивки необхідно позбутися від маточного розчину, що знаходиться на поверхні отриманих кристалів і від водорозчинних домішок, які співосіли разом з $CaCO_3$.

Для визначення оптимальних умов ведення процесу були проведені паралельні досліди з температурою промивної води 20 і 70°C. Осад хімічно осадженої крейди піддавався багаторазовому промивання методом фільтрації-репульпації в співвідношенні Т: Р = 1: 4 до залишкового вмісту хлорид-іона в фільтраті 0,05 г/см³.

Репульпація осаду гарячою водою приводить до зниження масової частки лужності в готовому продукті. Концентрація хлорид-іона в фільтраті досягає необхідного значення після четвертого ступені промивання і репульпації осаду.

Висновок. З вищевикладеного можна зробити висновок, що промивку осаду необхідно здійснювати методом чотириступінчастої фільтрації-репульпації в співвідношенні фаз Т: Р = 1: 4. Для кращої промивки хімічно осадженої крейди повинна використовуватися гаряча вода.

У зв'язку з тим, що водні розчини аміаку є хорошими розчинниками багатьох домішкових речовин, доцільно було перевірити ефективність таких розчинів для десорбції домішок. В цьому випадку промивку осаду $CaCO_3$ проводиться за комбінованим варіантом: на першій стадії розчином аміаку при ваговому співвідношенні промивного розчину аміаку до осаду не менше 5: 1, на другій і третій стадіях – дистильованою водою при, при ваговому співвідношенні води до осаду не менше 10: 1, на четвертій стадії – дистильованою водою при одночасному кип'ятінні, при ваговому співвідношенні води до осаду не менше 10: 1. Концентрацію промивного розчину аміаку підтримувати не більше 10%. Промивання осаду хімічно осадженої крейди на першій, другій і третій стадіях проводиться протягом не менше 15 хв., на четвертій стадії – промивання водою при

одночасному кип'ятінні проводиться протягом не менше 20 хв.

Постадійна промивка дозволяє забезпечити досить повну очистку осаду CaCO_3 від домішок розчинних речовин і іонів хлору при невисокій тривалості процесу. Підтримування концентрації промивного розчину аміаку не більше 10% дозволяє уникнути забруднення продукту CaCO_3 іонами амонію.

Література

1. Ткач Г. Л. Производство соды по малоотходной технологии / Г. Л. Ткач, В. А. Шапарев, В. М. Титов. – Харьков: ХГПУ, 1998. – 429с.
2. Методи керування відходами виробництва кальцинованої соди : матер. міжнар. наук.-практ. конф. / Сучасний університет: перспективи розвитку. – Черкаси : ЧДТУ, 2010. – Т. 2, Ч. 1. – 140с.
3. Валиуллин А. К. Производство химически осажденного мела / А. К. Валиуллин. – Москва : НИИТЭИМ, 1984. – 74с.
4. Михайлова Є. О. Одержання хімічно осажденного карбонату кальцію з відходів содового виробництва : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.01 / Є. О. Михайлова. – Харків, 2006. – 139с.

References

1. Tkach H. L. Proyzvodstvo sody po malootkhodnoy tekhnolohy / H. L. Tkach, V. A. Shaparev, V. M. Tytov. – Khar'kov: KhNPU, 1998. – 429s.
2. Metody keruvannya vidkhodamy vyrobnytstva kal'tsynovanoyi sody : mater. mizhnar. nauk.-prakt. konf. / Suchasnyy universytet: perspektyvy rozvytku. – Cherkasy : ChDTU, 2010. – T. 2, Ch. 1. – 140s.
3. Valyullyn A. K. Proyzvodstvo khymychesky osazhdennoho mela / A. K. Valyullyn. – Moskva : NYUTЭУМ, 1984. – 74s.

4. Mykhaylova Ye. O. Oderzhannya khimichno osadzenoho karbonatu kal'tsiyu z vidkhodiv sodovoho vyrobnytstva : dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.17.01 / Ye. O. Mykhaylova. – Kharkiv, 2006. – 139s.

Золотарева Е. В. Исследование условий процесса получения химически осажденного мела высокой чистоты.

В статье рассмотрены вопросы повышения чистоты химически осажденного мела. Исследовано влияние степени очистки сырья разными реагентами на содержание примесей в конечном продукте и уследовано условия десорбции примесей при промывании осадка разными реагентами на степень очистки продукта.

Ключевые слова: химически осажденный мел, высокая чистота, международный стандарт, химическое осаждение, репульпация.

Zolotarova O. V. Investigation of the production of chemically precipitated chalk of high purity.

The article considers the problem of improving the purity of chemically precipitated chalk. The effect of the degree of chemical purification of raw materials by various reagents on the content of impurities in the final product and the conditions for selection of impurity absorption by various reagents according to the purity of the product were studied. Keywords: chemically precipitated chalk, high purity, international standard, chemical precipitation, repulpatation.

Золотарьова Олена Вячеславівна, канд. пед. наук, доцент кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, e-mail: 22helen72@gmail.com.

Рецензент: д.т. н., проф. **Суворін О. В.**

Стаття подана 25.05.2018

УДК 539.142: 539.143.3: 539.143.5

УПАКОВКА НУКЛОНОВ В ЯДРАХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Коваленко Н. П.

PACKAGING OF NUCLEONS IN THE NUCLEI OF CHEMICALS ELEMENTS

Kovalenko N. P.

Рассмотрена структура ядер первого слоя нуклонов в трёхслойном ядре химических элементов. Построены кварковые варианты структур протонов, нейтронов и первого слоя структур ядер химических элементов 1 и 2 периода таблицы Природы от водорода H до алюминия Al. Выяснено, что структура протонов и нейтронов имеет столбчатую форму со скруглёнными «концами» разного диаметра, равному диаметрам кварков и u и d . При этом структура ядер химических элементов изменяется от столбчатой формы ядра водорода H, переходя постепенно в нешаровидную форму правильных многогранников тетраэдра - гексаэдра-додекаэдра и некоторых форм полуправильных многогранников. Ещё более сложным вопросом является «зарытый вопрос» трансформации типа и свойств материи от количества нуклонов в ядре. При одних и тех же составляющих протонах, и нейтронах, но при разном их количестве в ядре, получаются каждый раз разные химические элементы с абсолютно разными свойствами газов, галогенов и металлов. То есть, соединение двух почти одинаковых по массе протонов и нейтронов, образует абсолютно различные химические элементы, каждый со своими параметрами: формой, цветом, массой, шероховатостью, температурами плавления, испарения и другими параметрами. Разнообразие форм структур ядер из одних и тех же протонов, нейтронов и электронов образует 326 химических элемента.

Ключевые слова: Структура протонов, нейтронов и ядра, кварки в структуре ядер, правильные многогранники, трансформация ядер материи, свойства химических элементов, свойства элементов первого слоя.

1. Введение. Традиционная форма ядра атомов химических элементов представлялась в учебной и технической литературе круглой, шаровидной формой, эллипсоидной или из элементарных шариков, представлявших протоны и нейтроны или их объединяющего названия нуклонов. Современная форма представления элементарных частиц из нуклонов оказалась не совсем элементарной из-за наличия в их составе ещё более элементарных частиц кварков большого разнообразия [1, с.59, 2, с. 28]. Разработанные ранее модели ядер химических элементов [2 - 5] не отвечают новым реалиям.

Исходя из кваркового состава нуклонов сразу возникает вариантность упаковки протонов и нейтронов в составе ядер химических элементов и объяснение изотопных структур многих химических элементов. В частности, варианты упаковки из трёх кварков в нуклонах образуют не шары, а «плоские» треугольные кирпичики-плитки со скруглёнными углами и с выпуклостями на «плоских» поверхностях этих плиток. В этом случае ядро атома водорода из одного протона из-за большей массы и объёма кварка d может иметь, как минимум, 2 изотопа и сам атом водорода.

Как показала технологическая практика многих веков и всех видов машиностроения, известных к настоящему времени, касание или «крепление» минимум двух разнородных частей объекта в «точке» не технологично и не долговечно (и ещё много «не»!), поэтому логично предположить, что кварки не шарообразны, а имеют выпуклую «квазишарообразную» форму октаэдра (8 треугольных плоских граней) или додекаэдра (12 пятиугольных плоских граней), которая обеспечивает касание плоскостями граней. Формально учитывая минимизацию формы граней кварка, будем считать, что все кварки имеют правильную октаэдрическую форму с восьмью плоскостями касания. Тогда нуклоны из кварков будут допускать формы соединения с восьмью различными соединениями в многонуклонных ядрах химических элементов. При этом разнообразие направлений касания кварков в нуклонах ядер обеспечивает формы ядер большой плотностью и прочностью при высокой разветвлённости структуры, допускающей до 8 направлений разветвления.

Эти предположения позволяют сформулировать следующее: 1) связи в нуклонах и количество связей в объёме нуклонов ядра не являются временными; 2) количество связей в нуклонах является величиной постоянной; 3) фактически бытующее предположение о

шаровидности формы кварков существенно затрудняет построение приемлемых структур протонов и нейтронов для формирования ядер из нуклонов; 4) касание нуклонов в структуре ядра является не точечным, а плоскостным и осуществляется плоскостями граней октаэдров у кварков несмотря на их различную по величине площадь поверхности; 5) при этих предположениях структура ядра не является «рыхлой» несмотря на то, что сами кварки имеют форму классического октаэдра. Именно такая форма кварков в виде классического октаэдра обеспечивает плотную упаковку нуклонов без пустот, короткодействие сил внутри нуклонов и внутринуклонный характер действующих сил.

Данный подход позволяет построить и отобразить протоны и нейтроны из кварков для различного соотношения нуклонов в ядрах химических элементов. В этом случае связи между кварками в нуклонах и самими нуклонами будут отображаться прилеганием граней. У октаэдра 8 граней, что позволяет строить взаимодействующие связи между нуклонами как внутри ядер, так и на молекулярном уровне в составе сложных молекулярных образований.

2. Методы исследования. Для реализации предположений рассмотрим строение моделей структур лёгких ядер химических элементов первого и второго периодов Периодической системы элементов Природы [6] с учётом формулы (1).

При этом введём обозначения: Z - количество протонов p в ядре, N - количество нейтронов n в ядре, A - общее количество протонов и нейтронов в ядре, $A = Z + N$. А также имеем в виду наличие ещё трёх кварков g , q и h в каждом нуклоне, которые обволакивают кварки u и d . Тогда общее количество нуклонов в ядре конкретного химического элемента будет $Nu(Z, N)$, где Nu – табличное наименование конкретного химического элемента. Учитывая существенное «удлинение» формул кварков, будем использовать далее трёхкварковое изображение. С учётом (1) атом водорода $H(1, 1)$ с изотопами дейтерием $D(2, 1)$ и тритием $T(3, 1)$ будут иметь один из трёх вариантов упаковки кварков в ядре (кварки g , q и h для сокращения длины строк элементов временно не показаны):

$$\begin{aligned} H(1, 1) &= uud = udu = duu; \\ D(2, 1) &= uud = udu = duu ; \\ &\quad ddu \quad dud \quad udd \\ &\quad ddu \quad dud \quad udd \\ T(3, 1) &= uud = udu = duu ; \\ &\quad ddu \quad dud \quad udd \end{aligned} \quad (1)$$

Такое представление моделей водорода и его изотопов чётко и наглядно представляет структуру

ядер этих элементов из кварков. Уже данные структуры ядер (1) показывают существенное изменение формы ядер в каждом возможном составе кварков в нуклонах. При этом остаточный суммарный заряд ядра дейтерия из трёх групп ud остаётся равным $3 \times (+1/3) = +1$, то есть заряду ядра водорода.

3. Полученные результаты и применение форм ядер. Покажем мысленное графическое представление структуры ядра дейтерия $D(2, 1)$, например, в ядре левой группы буквенного изображения дейтерия в (1): это изображение будет с округлыми краями с наложенными друг на друга октаэдрической формы кварками, формирующими объект – пластинку округлённой формы, в которой кварк d большего радиуса, связан с кварком u , нейтрализуя при этом $+1/3$ заряда. Такое мысленное графическое представление показывает, что ядро дейтерия далеко от шарообразной формы, а имеет форму «столбчатого» объекта, что упоминалось в работе [5] на нуклонном уровне.

У трития из 3 нуклонов $T(3, 1)$ заряд ядра при усложнении формы ядра нейтроном остаётся $+1$. Форма ядра трития из 3 нуклонов может образовать «столбчатый» объект из 3 касающихся плоскостями октаэдров кварков триаду за счёт некоторого различия «высот» кварков в триадах. В частности, взяв первую (левую) группу из состава кварков в тритии (2) «видно», что внешние триады кварков из состава нейтронов выше триады кварков протона. Ядро трития теоретически может иметь форму почти правильного равностороннего треугольного объекта, в котором кварки нейтронов образуют боковые стороны треугольника, а кварки протона будут представлять основание треугольника. Фигура из символов кварков получилась неказистой, но гипотетически она возможна:

$$\begin{array}{ccc} & u & d \\ & d & u \\ d & u & d \end{array} \quad (2)$$

Для новооткрытых химических элементов второго ${}^2_2\text{Do}$, третьего ${}^3_3\text{Tr}$, а также гелия ${}^4_2\text{He}$, представленных в таблице Природы [6], кварковый состав имеет вид:

$$\begin{aligned} &\quad duu \quad uud \quad udu \\ \text{Do}(2, 2) &= uud = udu = duu \\ &\quad duu \quad uud \quad udu \\ \text{Tr}(3, 2) &= uud = udu = duu \\ &\quad ddu \quad dud \quad udd \\ &\quad udd \quad ddu \quad dud \\ \text{He}(4, 2) &= duu = uud = udu \\ &\quad udd \quad ddu \quad dud \\ &\quad duu \quad uud \quad udu \end{aligned} \quad (3)$$

Состав кварков этих элементов существенно отличается от состава кварков дейтерия D(2,1) и трития T(3,1). При этом химические элементы второй Do(2, 2) и третий Tt(3, 2) чётко отличаются структурой ядра в форме столбчатых элементов другого состава, чем возможны у дейтерия и трития. Для химического элемента третьего Tt(3,2) теоретически возможна форма ядра в виде почти правильного треугольника. Многие «грамотные и большие» химики сочтут эти элементы недопустимыми и невозможными. Но я бы так сразу горячиться не стал, а попытался их получить в природе, лаборатории, в БАКе или других исследовательских объектах.

Структура ядра инертного химического элемента гелия He(4, 2) представляет первый не плоский, а «объёмный» с чередующимися протонами и нейтронами (2) загадочный состав формы ядра в виде тетраэдра. При этом тетраэдр образован 4 правильными треугольниками с закруглёнными углами и, следовательно, тетраэдр представляет почти правильную пирамиду с закруглёнными вершинами, равными радиусам кварков.

Следующий элемент Периодической системы элементов Природы [6] пока не имеет наименования и обозначен символом k_1 . Он состоит из 5 нуклонов, три из которых протоны. Здесь же рассмотрим шестой элемент литий Li (6, 3) из 6 нуклонов, 3 из которых протоны:

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{ccc}
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu} \\
 \text{ddu} & \text{dud} & \text{udd} \\
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu} \\
 \text{ddu} & \text{dud} & \text{udd} \\
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu}
 \end{array} \\
 k_1(5, 3) = \text{uud} = \text{udu} = \text{duu}; \\
 \text{ddu} \text{ dud } \text{udd} \\
 \text{uud} \text{ udu} \text{ duu} \\
 \end{array} \tag{4}$$

$$\begin{array}{l}
 \begin{array}{ccc}
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu} \\
 \text{ddu} & \text{dud} & \text{udd} \\
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu} \\
 \text{ddu} & \text{dud} & \text{udd} \\
 \text{uud} & \text{udu} & \text{duu} \\
 \text{ddu} & \text{dud} & \text{udd}
 \end{array} \\
 Li(6, 3) = \text{ddu} = \text{dud} = \text{udd} \\
 \text{uud} \text{ udu} \text{ duu} \\
 \text{ddu} \text{ dud} \text{ udd}
 \end{array}$$

Химический элемент постгелий или предлитий $k_1(5, 3)$ по соседству с гелием имеет 4 полностью совпадающие с ним триады кварков (и возможно, пентады кварков), где нижняя в (4) представляет протон. При сравнении $k_1(5, 3)$ с литием они различаются одним нейтроном, что показывает противоречивую и не менее загадочную структуру, чем видоизменённый тетраэдр с вертикальным верхним или нижним, или параллельным основанию горизонтальным расположением пятого нуклона, что показывает изощрённую в разнообразии суть Природы. Очень интересный химический элемент с таким расположением в Периодической системе элементов Природы – это либо газ, либо уже лёгкий высокореагентный металл с важным интересным и завлекающим расположением одного из нуклонов,

что должно обеспечивать повышенную химическую активность. Среди правильных и полуправильных многогранников не удалось отыскать подходящую для пятого элемента форму кроме полуправильного триакистetraэдра [8], «родственника» тетраэдра.

Металл с повышенной химической активностью Li(6, 3) отличается двумя нуклонами от инертного гелия. Эти 2 «неприкаянных» нуклона в структуре ядра, предположительно, обеспечивают существенную недостроенность структуры ядра до октаэдра, но вполне вписываются в структуру тетракистetraэдра (4). Такая форма структуры ядра с закруглёнными вершинами и не плоскими гранями обеспечивает высокую химическую активность за счёт гексаэдричности формы структуры ядра. Из проведённого в (1) – (4) анализа шести структур ядер химических элементов выясняются истоки высокой химической активности «тетра- и гексаэдрических» структур ядра из кварков. Можно предположить, что степень химической активности определяется и зависит первично от формы и структуры ядра, а не как принято ранее и действует до сих пор, от типа и степени заполненности электронных оболочек атома ядра. Такие формы и структуры многих ядер ставят под сомнение заполненность электронами и форму электронных орбит, потому что электронные орбиты у двух- трёх - пяти нуклонных химических элементов трудно представимы и ещё труднее реализуемы у атомов или молекул из-за невозможности воспроизведения равноудалённости орбиты от ядра атома. С другой стороны, структура ядра и электронные орбиты достаточно связаны друг с другом, но, видимо, по-другому: вопрос очень сложный и открытый, если считать равную удалённость электрона от «тела» или очертания ядра химического элемента.

Ещё более сложным вопросом является «зарытый вопрос» трансформации типа и свойств материи от количества нуклонов в ядре. Так при одних и тех же составляющих, но при разном количестве нуклонов, получаются абсолютно разные химические элементы. А именно, протон водорода формально одинаков по массе, форме и физическому составу материала с группами протонов как у гелия (4 элемент), бора (10 элемент), технеция (100 элемент), ртути (200 элемент), k_{182} (300 элемент) и шаровидного K_p (326 элемента) [6]. Каждый из указанных химических элементов, как и все остальные, состоят только из разного количества протонов и нейтронов, имеющих однотипный, стабильный, совместимый друг с другом и протонно-нейтронный состав вещества. Аналогично, у каждого из нейтронов одинаковая форма, масса и физический состав материи. Теперь при соединении в ядре разного количества протонов и нейтронов, каждый из которых имеет один и тот же состав материи, вполне определённую форму, массу и отличающуюся упаковку в ядре от других элементов. Но при этом всякий раз получаются различные химические элементы: то газы, то металлы, то галогены.

Причём каждый из этих элементов обладает несопоставимыми свойствами как друг с другом, так и с соседним химическим элементом без абсолютного совпадения свойств между элементами. Неимоверно, но из одинаковых по форме, массе и физическому составу частиц (песчинок – пример - кремний/ силикат), получают гелий, бор, технеций, ртуть или шаровидный ${}_{163}^{326}\text{Kp}$ элементы. То есть, соединение двух почти одинаковых по массе протонов и нейтронов, образуют абсолютно различные химические элементы, каждый со своими параметрами: формой, цветом, массой, шероховатостью, температурами плавления, испарения и другими параметрами. Вот здесь главный фокус мироздания, до понимания которого нам ещё ох как далеко, или мы не там и не то ищем.

Продолжим рассмотрение структур ядер. В этих элементах таблицы Природы [6] ${}_{4}^{8}\text{K}_2$ - ${}_{4}^{9}\text{Be}$ - ${}_{5}^{10}\text{B}$ - ${}_{6}^{12}\text{C}$ - ${}_{7}^{14}\text{N}$ - ${}_{8}^{16}\text{O}$ - ${}_{9}^{19}\text{F}$ - ${}_{10}^{20}\text{Ne}$ - ${}_{11}^{22}\text{K}_{10}$ - ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ - ${}_{13}^{26}\text{K}_{12}$ - ${}_{13}^{27}\text{Al}$ чётко чередуются соотношением нуклонов. У всех элементов ядро имеет состав нуклонов, половина из которых - протоны, а другая половина – нейтроны, кроме бериллия, фтора и алюминия. У бериллия и фтора это соотношение не выдержано, но высокая химическая активность элементов обеспечена за счёт ещё недостроенности формы ядра. Алюминий (или ${}_{13}^{26}\text{K}_{12}$ ещё надо уточнить) занимает «особое» положение по структуре ядра, представляющего правильный многогранник додекаэдр с центром ядра протона водорода.

У всех остальных «газовых» элементов из перечня структура ядра достраивается до правильных многогранников октаэдра, икосаэдра и заканчивается додекаэдром. При этом у всех многогранников грани имеют «выпуклости» на гранях из-за различия диаметров кварков u и d . Ядра этих элементов обладают стабильностью химических свойств в широком диапазоне земных и «космических»

температур. Из сравнения свойств перечисленных элементов просматривается «газовая» структура ядер атомов азота, кислорода, фтора, неона и элемента K_{10} без наименования.

Рассмотренные варианты структур ядер химических элементов варьируют форму ядра от столбчатых структур до почти шаровидной формы додекаэдра. У всех форм ядра «вершины» имеют скруглённую форму за счёт скруглённых форм кварков в составе ядер.

На данном этапе затруднительно оценить достоинства и недостатки нешаровидности столбчатых форм кварковых структур ядер, их вид и разнообразие форм ядер нуклонов.

4. Выводы: Рассмотренные вопросы позволяют сделать выводы:

4.1 Проанализирован кварковый состав ядер химических элементов первого и второго периодов таблицы Природы от водорода до алюминия.

4.2 Теоретически установлено, что кварковый состав нуклонов имеет не шаровидную, а столбчатую форму протонов и нейтронов и не может иметь шаровидное изображение, принятое повсеместно в научной, технической и учебной литературе.

4.3 Из рассмотренного теоретически следует, что структура ядер с малым количеством нуклонов в ядре имеет столбчатую форму для изотопов дейтерия и трития, а также для первых двух химических элементов второго и третьего.

4.4 Предполагаемый кварковый состав ядра гелия из 4 нуклонов имеет форму тетраэдра со скруглёнными углами, радиусы которых равны радиусам кварков нижнего d и верхнего u .

4.5 Из рассмотрения состава структур ядер химических элементов 1 и 2 периодов от водорода

Н до алюминия Al форма ядер химических элементов из кварков меняется от столбчатой формы ядра водорода Н до структур правильного многогранника додекаэдра, как наиболее близкого по форме к шаровидной форме ядра.

4.6 Форма ядер химических элементов 2 периода «изменяется» от формы правильного многогранника тетраэдра до додекаэдра, включая ряд форм полуправильных многогранников.

4.7 Из рассмотрения состава структур ядер химических элементов 3 периода от кремния ${}_{14}^{28}\text{Si}$ до безымянного химического элемента ${}_{130}^{130}\text{K}_{75}$ и элементов 4 периода до шаровидного ${}_{326}\text{Kp}$ теоретически следует, что форма структур ядер 3 и 4 периодов химических элементов должна строиться на поверхности правильного многогранника додекаэдра с учётом структуры ядер 1 и 2 периодов и повторяться в каждом слое-периоде.

4.8 Форма кваркового состава ядер химических элементов начала второго периода удивительна не только столбчатой формой, а и тем как пластично изменяется форма структур ядер, начиная от тетраэдра.

5. Итоговый результат и оценка применения. Рассмотренные формы и структуры ядер 1 и 2 периодов Периодической системы элементов Природы в кварковом составе позволяют существенно быстрее оценить возможность как химического, так и трансмутационного превращения химических элементов в основные и изотопные формы химических элементов. Более того, кварковый состав ядер химических элементов позволяет быстрее оценить возможные структуры деления каждого химического элемента.

6. Заключение. Применение кваркового состава ядер химических элементов при анализе и синтезе химических соединений позволит повысить скорость получения новых соединений. Для успешного применения кварковых структур в работе химиков и лабораторий следует быстрее обновлять учебно-техническую литературу в учебно-технических учреждениях всех стран.

Л и т е р а т у р а

1. Дж. Фейнберг. Из чего сделан мир? Атомы, лептоны, кварки и другие загадочные частицы. М.: Мир, 1981. 339 с.
2. И. Л. Розенталь. Элементарные частицы и структура Вселенной. М.: Наука, 1984. 112 с.
3. Д. В. Сивухин. Курс общей физики. Т. 4, ч. 2. Ядерная физика. М.: Физматлит, 2006. 415 с.
4. И. Н. Бекман. Ядерная физика. Курс лекций. М.: МГУ, 2010. 511 с.
5. В. А. Жижко. Геометрическая модель ядер при минимальном количестве сильных связей. //Международный научный журнал, №8, 2016. с. 69 – 79
6. Н. П. Коваленко. Трёхслойная структура ядер вещества. //Актуальные проблемы современной науки: сборник научных трудов XX11 МНПК (Москва – Астана – Харьков – Вена, 28 июля 2017 г.) /Международный научный центр Интернаука, 2017. с. 64 (с. 28 – 45)
7. Н. П. Коваленко. Упаковка нуклонов в ядрах инертных элементов. //Актуальные проблемы современной науки: сборник научных трудов XX11 МНПК (Москва – Астана – Харьков – Вена, 28 июля 2017 г.) / Международного научного центра Интернаука, 2017. с. 64 (с. 46 – 54)
8. Правильные многогранники. Полуправильные многогранники. Википедия.
9. Р.С. Сайфуллин, А.Р. Сайфуллин. Новая таблица Менделеева. //Химия и жизнь. №12, 2003, с. 14-17

R e f e r e n c e s

1. J. Feinberg. What is the world made of? Atoms, leptons, quarks and other mysterious particles. Moscow: Mir, 1981. 339 p
2. I L Rosenthal. Elementary Particles and the Structure of the Universe. Moscow: Nauka, 1984. 112 p.
3. DV Sivukhin. The course of general physics. Vol. 4, part 2. Nuclear physics. Moscow: Fizmatlit, 2006. 415 p.
4. I N Beckman. Nuclear Physics. Lecture course. Moscow: MSU, 2010. 511 pp.
5. V A Zizhko. Geometric model of nuclei with a minimum number of strong bonds. // International scientific journal, № 8, 2016. from. 69 – 79
6. N P Kovalenko. Three-layer structure of the nuclei of matter. // Actual problems of modern science: a collection of scientific papers XX11 MNPК (Moscow - Astana - Kharkov - Vienna, July 28, 2017) / International Science Center of International Science, 2017. p. 64 (pp. 28 - 45)
7. N P Kovalenko. Packing of nucleons in the nuclei of inert elements. // Actual problems of modern science: a collection of scientific papers XX11 MNPК (Moscow - Astana - Kharkov - Vienna, July 28, 2017) / International Science Center of International Science, 2017. p. 64 (pp. 46 - 54)
8. Regular polyhedra. Semi-regular polyhedra. Wikipedia.
9. R S. Sayfullin, A.R. Saifullin. The new periodic table. //Chemistry and Life. № 12, 2003, p. 14-17

Коваленко Н. П. Упаковка нуклонів в ядрах хімічних елементів

Розглянуто структуру ядер першого шару нуклонів в тришаровій ядрі хімічних елементів. Побудовано кваркові варіанти структур протонів, нейтронів і першого шару структур ядер хімічних елементів 1 і 2 періоду таблиці Природи від водню H до алюмінію Al. З'ясовано, що

структура протонів і нейтронів має столбчатую форму з округленими «кінцями» різного діаметру, рівного діаметрами кварків u і d . При цьому структура ядер хімічних елементів змінюється від столбчатої форми ядра водню H, переходячи поступово в нешаровідную форму правильних багатогранників тетраедра - гексаедра - додекаедра і деяких форм напівправильних багатогранників. Ще більш складним питанням є «заритий питання» трансформації типу і властивостей матерії від кількості нуклонів в ядрі. При одних і тих же складових протонах, і нейтронах, але при різному їх кількості в ядрі, виходять кожен раз різні хімічні елементи з абсолютно різними властивостями газів, галогенів і металів. Тобто, з'єднання двох майже однакових за масою протонів і нейтронів, утворює абсолютно різні хімічні елементи, кожен зі своїми параметрами: формою, кольором, масою, шорсткістю, температурами плавлення, випаровування і іншими параметрами. Різноманітність форм структур ядер з одних і тих же протонів, нейтронів і електронів утворює 326 хімічні елементи.

Ключові слова: Структура протонів, нейтронів і ядра, кварки в структурі ядер, правильні багатогранники, трансформація ядер матерії, властивості хімічних елементів, властивості елементів першого шару.

Kovalenko N. P. Packaging of nucleons in the nuclei of chemicals elements

The structure of the nuclei of the first layer of nucleons of chemical elements in a three-layer core is considered. Quark variants of the structures of protons, neutrons and the first layer of the structures of the nuclei of chemical elements 1 and 2 of the Period Table of Nature from hydrogen H to aluminum Al. It was found out that the structure of protons and neutrons has a columnar shape with rounded "ends" of different diameters equal to the quark diameters u and d . In this case, the structure of the nuclei of the chemical elements varies from the columnar shape of the hydrogen nucleus H, gradually shifting into a non-spherical form of regular polyhedra of the tetrahedron-hexahedral-dodecahedron and some forms of semiregular polyhedra. Yet a more complex issue is the "buried issue" of the transformation of the type and properties of matter from the number of nucleons in the nucleus. With the same constituent protons and neutrons, but with different amounts in the nucleus, different chemical elements with completely different properties of gases, halogens and metals are obtained each time. That is, the connection of two protons and neutrons, almost identical in mass, forms absolutely different chemical elements, each with its own parameters: shape, color, mass, roughness, melting points, evaporation and other parameters. The variety of forms of nuclear structures from the same protons, neutrons and electrons forms 326 chemical elements.

Key words: Structure of protons, neutrons and nuclei, quarks in the structure of nuclei, regular polyhedra, transformation of matter cores, properties of chemical elements, properties of elements of the first layer.

Коваленко Микола Павлович - доцент, Рубіжанська філія Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, пенсіонер, nikoljan37@gmail.com (м. Рубіжне)

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Стаття подана 28.03.2018

УДК 547.269+547.431

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ АЛКОГОЛИЗА НА ОСНОВЕ
6-МЕТИЛУРАЦИЛ-5-СУЛЬФОХЛОРИДА И СПИРТОВ****Масуд Абдо-Аллах , Шипидченко М.В.,
Попов Е. В., Кульгина З.П., Исак А. Д.****RESEARCH OF THE ALCOHOLIC REACTION BASED ON
6-METHYLURACYL-5-SULFOCHLORD AND ALCOHOLS****Abdo-Allah M., Shypidchenko M., Popov Ye., Kulyhina Z., Isak A.**

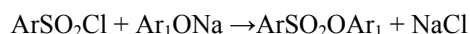
*Метилурацил, благодаря своим уникальным свойствам и доступности, приобретает все более широкое распространение в научных исследованиях. На его основе синтезированы цитостатики, антиоксиданты и биологически активные соединения. Показана рациональная возможность синтеза алкилсульфонатов на основе легкодоступного 6-метил-2,4-диоксо-1,2,3,4-тетрагидропиримидин-5-сульфохлорид (6-метилурацил-5-сульфохлорида, МУСХ) и алкоголятов. Изучено влияние природы спирта на кинетику алкоголиза МУСХ. Установлено, что с увеличением длины алифатического радикала и понижением кислотности спиртов - константы скорости ацилирования уменьшаются. Выделено ряд новых, неописанных алкилсульфонатов, строение которых подтверждено данными элементного анализа, ИК и ЯМР-спектроскопией. **Ключевые слова:** Метилурацил, метилурацилсульфохлорид, алкоголиз, кинетика, препаративный способ синтеза, ариловые эфиры арилсульфоновых кислот.*

Введение. Гетероциклические соединения – один из самых обширных и важных в практическом отношении классов органических соединений. Они широко распространены в природе, где играют огромную роль в таких ключевых процессах как передача наследственных признаков, дыхание, фотосинтез, работа ферментативного аппарата. Неудивительно, что интенсивные исследования гетероциклов ведутся во всех промышленно развитых странах. Для химиков-синтетиков, умеющих планировать и проводить синтезы сложных гетероциклов, довольно перспективным сырьем являются производные пиримидина. Пиримидиновая структура как ароматическая, так и гидрированная, входит в состав БАВ, лекарственных препаратов, пестицидов и регуляторов роста.

6-Метил-2,4-диоксо-1,2,3,4-тетрагидропиримидин является одним из представителей

гетероциклических соединений, которые в последнее время находят все более широкое применение в органическом синтезе, особенно в химии фармацевтических препаратов, биологически активных соединений. Эфиры алкан- и бензолсульфоновых кислот обладают акарицидным действием. В сельском хозяйстве для защиты растений от клещей используют ариловые эфиры простейших арилсульфоновых кислот, которые активны не только к личиночным стадиям, но и к яйцам клещей. Наибольшую активность проявляют 2-хлор- и 4-бромфениловые эфиры 4-хлорбензолсульфоновой кислоты.

Ариловые эфиры арилсульфоновых кислот с хорошим выходом получают по реакции хлорангидридов соответствующих сульфоновых кислот с фенолятами щелочных металлов:



Реакцию проводят при низкой температуре в водной среде в условиях хорошего перемешивания. Выделение продуктов реакции не представляет затруднений, так как эфиры сульфоновых кислот нерастворимы в воде.

Целью работы является исследование взаимодействия метилурацилсульфохлорида с алкоголятами. Изучение влияния строения спиртов на скорость реакции алкоголиза.

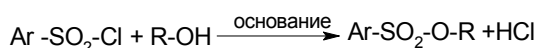
Введение сульфонилахлоридной группы $-\text{SO}_2\text{Cl}$ в молекулу органического соединения широко используется как для получения сульфохлоридов $\text{R-SO}_2\text{Cl}$, так и для получения сульфокислот последующим гидролизом сульфохлоридов. Последний способ является одним из основных при получении алкансульфокислот, так как алкансульфокислоты, в основном, получают фотолитическим сульфохлорированием алканов

смесью SO₂ и Cl₂ при облучении ультрафиолетовыми лучами.

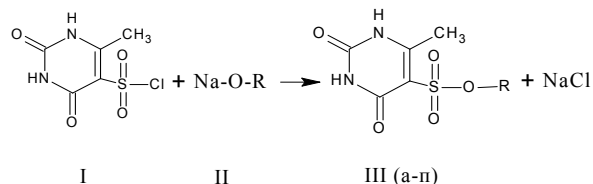
Сульфохлориды являются важными промежуточными продуктами в синтезе сульфаниламидных препаратов. Они широко используются для получения амидов, анилидов, эфиров сульфокислот, гербицидов, фунгицидов и др. соединений. Среди различных сульфоновых кислот и их производных найдены соединения с высокой пестицидной активностью [1]. Фунгицидные свойства обнаружены у многих ароматических сульфонов [2, 3]. Но практического применения пока что не нашли, что связано и их высокой фитотоксичностью.

Гербицидными свойствами обладают соли различных сульфоновых кислот [4], многие эфиры сульфоновых алифатического, ароматического, алициклического и гетероциклического рядов [5,6]. Не исключена возможность, что и среди эфиров метилурацилсульфокислоты найдутся соединения с аналогичными свойствами.

Эфиры сульфокислот обычно получают взаимодействием спирта, сульфонилхлорида и основания (пиридин, триэтиламин, диметиланилин, безводный ацетат натрия):



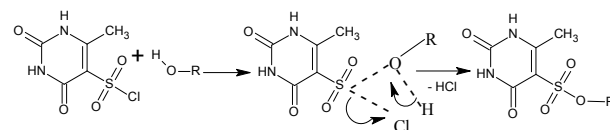
Эфиры метилурацилсульфохлорида и спиртов и фенолов с хорошим выходом получают при взаимодействии хлорангидрида с алкоголями или фенолятами щелочных металлов.



где R = CH₃(IIIa); C₂H₅(IIIб); C₃H₇-n(IIIв); C₃H₇-i(IIIг); CH₂CH₂OCH₃(IIIд); C₄H₉-n(IIIе); C₄H₉-s(IIIж); C₄H₉-i(IIIз); C₄H₉-t(IIIи); C₅H₁₁-n(IIIи); C₅H₁₁-i(IIIк); C₆H₁₃-n(IIIл); C₇H₁₅-n(IIIм); C₈H₁₇-ш(IIIн); C₁₀H₂₁-n(IIIо); C₆H₅ (IIIп).

Эту реакцию часто проводят при комнатной или при более низкой температуре для уменьшения побочных реакций, в которых образуются алкены, простые эфиры и алкилгалогениды. При этом обнаружено, что и в случае 6-метилурацил-5-сульфохлорида (МУСХ) соблюдаются те же закономерности что и при алкоголизе арилсульфохлоридов. Взаимодействие (МУСХ) с высшими первичными спиртами проходит намного быстрее и с более высокими выходами по сравнению со вторичными и тем более с третичными спиртами.

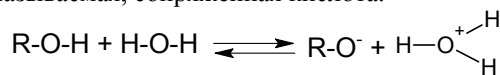
При изучении реакции (МУСХ) со спиртами, являющихся еще более слабыми кислотами, чем вода [7-9] и в смесях спиртов [9,10], установлено, что алкоголиз осуществляется подобно гидролизу сульфохлоридов и протекает по S_N2 механизму, но скорость реакции в первом случае значительно меньше. Влияние природы спирта на кинетику алкоголиза МУСХ показано, что с увеличением длины алифатического радикала, уменьшается кислотность спирта и константы скорости образования сульфохлоридов уменьшаются. При этом реакция алкоголиза может протекать через стадию образования промежуточного комплекса строения:



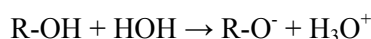
Отталкивание и притяжение электронов внутри молекул наиболее целесообразно рассматривать относительно какого-либо стандарта, в качестве которого обычно выбирают водород [11]. Индукционный эффект водорода считается равным нулю. Он выбран основой для сравнения с другими атомами и группами атомов.

По Ингольду индуктивный эффект считают отрицательным (-I-эффект), если X в CH₃ – X более электроотрицателен, чем углерод, и положительный (+I-эффект), если углерод более электроотрицательный, чем X. С удлинением углеродной цепи и ее разветвлением сила индукционного эффекта возрастает, что, в свою очередь, приводит к понижению константы диссоциации спиртов как кислот в их гомологическом ряду [12].

Спирты способны реагировать с хлорангидридами сульфокислот в присутствии основания с образованием соответствующих сложных эфиров. Спирты способны проявлять как кислотные, так и основные свойства. Как слабые кислоты спирты диссоциируют по связи O–H с образованием алкоксид-иона, при этом образуется, так называемая, сопряженная кислота.



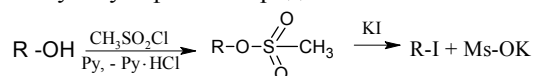
Кислотные свойства спиртов оценивают по константе кислотности K_a :



В водном растворе кислотность спиртов снижается с увеличением молекулярной массы (удлинением углеродной цепочки) и разветвленности. Как слабые кислоты, спирты вступают в реакции со щелочными, щелочно-земельными и некоторыми другими металлами, и с сильными основаниями, например с гидридами или амидами металлов, реактивами Гриньяра.

Спирты могут вести себя так же, как слабые основания Льюиса, образуя с сильными минеральными кислотами соли алкоксония. При этом они также могут образовывать и донорно-акцепторные комплексы с кислотами Льюиса. Обычно, подобные реакции не останавливаются на указанной стадии и ведут к нуклеофильному замещению гидроксильной группы или отщеплению воды. Количественно основность спиртов оценивают по константе основности pK_b или связанной с ней константой кислотности сопряженной кислоты pK_{aH^+} [13]. Спирты являются слабыми основаниями, и их основность возрастает с увеличением длины или разветвленности углеводородного радикала при гидроксильной группе. Данный эффект наблюдается из-за роста положительного индуктивного эффекта радикала в данном ряду, за счёт которого увеличивается отрицательный заряд на атоме кислорода гидроксильной группы.

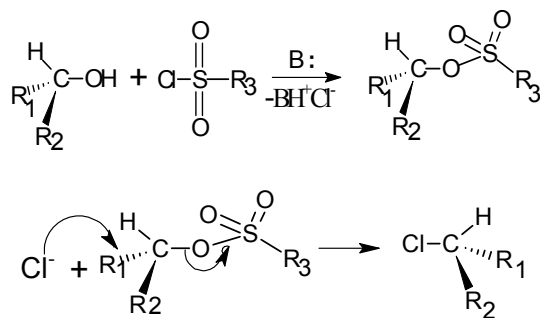
Гидроксильную группу также превращают в сульфатную группу, которая является хорошей уходящей группой. Для этих целей спирт сначала превращают в сульфонат, который затем подвергают реакции нуклеофильного замещения. В качестве реагентов для модификации гидроксильной группы обычно используют метансульфонилхлорид или *n*-толуолсульфонилхлорид.



При действии алифатических спиртов на ароматические и гетероциклические сульфохлориды легко получаются эфиры сульфокислот. При этом первичные спирты реагируют быстрее вторичных и значительно быстрее третичных, которые являются более слабыми кислотами. Возможно селективное образование первичного сложного эфира сульфокислоты в присутствии вторичных и третичных спиртовых групп. Наибольшее практическое значение имеет получение алкилтозилатов ($R-O-SO_2C_6H_4CH_3$), алкилмеситилатов ($R-O-SO_2CH_3$) и алкилтрифторатов ($R-O-SO_2CF_3$).

На скорость взаимодействия сульфохлоридов со спиртами значительное влияние оказывает присутствие оснований. В роли основания чаще всего используется пиридин, который одновременно выступает и как нуклеофильный катализатор. Вместо пиридина с этой целью часто используют алифатические третичные амины, например, триэтиламин, триэтанолламин или пиридин.

Сульфонаты являются прекрасными уходящими группами и легко замещаются на атом галогена по механизму S_N2 , при этом наблюдается обращение конфигурации:



Источником галогенид-иона, обычно, является соответствующая неорганическая соль (NaBr, LiCl, CsF, KF и т. д.). В качестве растворителя используют диполярные апротонные растворители: ДМСО, ДМФА, ацетонитрил. Замещение происходит, как правило, с обращением конфигурации.

При изучении реакции МУСХ со спиртами, которые являются более слабыми основаниями чем вода, в смеси спиртов, установлено, что алкоголиз осуществляется подобно гидролизу по механизму S_N2 , но скорость реакции в первом случае значительно меньше. Влияние природы спирта на кинетику алкоголиза МУСХ показало, что с увеличением длины алифатического радикала, увеличением кислотности спиртов - константы скорости ацилирования уменьшаются. Метанолиз осуществляется медленнее гидролиза, но в три-пять раз быстрее этанолиза. Наблюдаемые различия обусловлены изменением энтальпии и энтропии.

Метод алифатического радикального замещения гидроксила на высокорекционноспособную группу — мощный препаративный метод в синтетической органической химии. Этот метод позволяет получать из спиртов в две стадии, помимо галогенидов, самые различные соединения, такие как: простые эфиры, сложные эфиры карбоновых кислот, амиды кислот и сульфамиды и другие соединения.

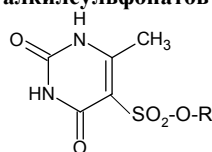
Предварительные исследования (использование программы PAAS) показали, что среди полученных соединений имеются такие, которые проявляют антиоксидантные свойства и могут быть использованы в качестве цитостатиков.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для синтеза использовали метилурацилсульфохлорид, предварительно очищенный перекристаллизацией из ледяной уксусной кислоты. Индивидуальность продукта определяли по температуре плавления и хроматографированием на пластинках Silufol-254. Спирты предварительно абсолютировали нагреванием исходного спирта с предварительно прокаленной негашеной известью или обезвоженным сульфатом меди.

Т а б л и ц а 1

Физико-химические свойства 5-алкилсульфонатов 6-метилурацила общей формулы



№п/п	-O-R	Выход, %	Т.пл, °С	Найдено, %				Брутто- формула
				Вычислено, %				
				C	H	N	S	
01	-CH ₃	95,4	215-216,5	32,63	3,61	12,27	14,56	C ₆ H ₈ N ₂ O ₅ S
				32,73	3,66	12,72	14,56	
02	-C ₂ H ₅	92,8	299-299,4	36,04	4,28	11,88	13,76	C ₇ H ₁₀ N ₂ O ₅ S
				35,89	4,30	11,96	13,69	
03	-C ₃ H _{7-n}	89,8	192-194	38,58	4,89	11,22	13,08	C ₈ H ₁₂ N ₂ O ₅ S
				38,70	4,87	11,28	12,91	
04	-C ₃ H _{7-i}	74,5	275	13,61	4,82	11,17	13,11	C ₈ H ₁₂ N ₂ O ₅ S
				38,70	4,87	11,28	12,91	
05	-H ₂ CH ₂ OCH ₃	86,1	310	36,31	4,62	11,73	12,21	C ₈ H ₁₂ N ₂ O ₆ S
				36,36	4,57	11,60	12,13	
06	-C ₄ H _{9-n}	88,7	196-196,5	41,11	5,43	10,78	12,33	C ₉ H ₁₄ N ₂ O ₅ S
				41,19	5,38	10,68	12,23	
07	-C ₄ H _{9-s}	72,1	283	41,26	5,31	10,54	12,29	C ₉ H ₁₄ N ₂ O ₅ S
				41,19	5,38	10,68	12,23	
08	-C ₄ H _{9-i}	78,2	261-261,5	41,24	5,30	10,61	12,35	C ₉ H ₁₄ N ₂ O ₅ S
				41,19	5,38	10,68	12,23	
09	-C ₄ H _{9-t}	88,5	>360	41,12	5,41	10,58	12,26	C ₉ H ₁₄ N ₂ O ₅ S
				41,19	5,38	10,68	12,23	
10	-C ₅ H _{11-n}	86,9	245-246	43,39	5,88	10,07	11,72	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₅ S
				43,48	5,84	10,14	11,61	
111	-C ₅ H _{11-i}	93,7	249-250	43,54	5,86	10,11	11,76	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₅ S
				43,48	5,84	10,14	11,61	
112	-C ₆ H _{11-цикло}	88,0	>350	45,90	6,22	9,61	11,22	C ₁₁ H ₁₆ N ₂ O ₅ S
				45,84	5,59	9,72	11,12	
113	-C ₆ H _{13-n}	92,3	>330	45,48	6,22	9,90	11,16	C ₁₁ H ₁₈ N ₂ O ₅ S
				45,52	6,25	9,65	11,05	
114	-C ₆ H ₅	94,8	198-199	46,88	3,51	9,91	11,45	C ₁₁ H ₁₀ N ₂ O ₅ S
				46,81	3,57	9,92	11,36	

В трехгорлой колбе с механической мешалкой и обратным холодильником в 100 мл абсолютного спирта (C₁ – C₁₀) при интенсивном размешивании и охлаждении растворяли 0,055 г/атом натрия или калия. После прекращения выделения водорода к раствору полученного алкоголята небольшими порциями при размешивании придавали 0,05 моль метилурацилсульфохлорида.

По окончании выдержки отгоняли избыток спирта, остаток после удаления спирта обрабатывали горячей водой и фильтровали. После перекристаллизации из подходящего растворителя выделены хроматографически чистые алкилсульфонаты.

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице.

Выводы

Отработан препаративный способ синтеза алкилсульфонатов путем взаимодействия метилурацилсульфохлорида с растворами алкоголятами в избытке соответствующего спирта.

Выделено ряд новых, неописанных алкилсульфонатов, строение которых подтверждено данными элементного анализа, ИК и ЯМР-спектроскопией.

Литература

1. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. / Н.Н. Мельников. М: Химия, 1987, с.712
2. Пат.3873591 США, МПК⁷ C 07 C 143/40. Halo-substituted cyanomethyl benzenesulfonates / Herbert Q Smith, Sameeh Said Toukan Pennwalt Corp., Philadelphia - №376492; заявл. 5.07.1973; опубл. 25.03.1975.
3. Патент GB1427516 (1976). Fungicidal Compositions and processes using azonaphthol sulphonic acid derivatives.

4. Патент DE2533102 (1977). Double salt of copper alkyl phenolsulphonate and basic calcium – useful as agricultural germicide.
5. Пат.3954828 США, МПК⁷ C 07 C 143/68. Perfluoroalkanesulfonate ester herbicides / Tomas L. Fridinger Pbi-Gordon Corp. St.Paul, Minn - № 575648; заявл. 8.05.1975; опубл. 04.05.1976.
6. Wegler K. Chemie der Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfungsmittel Herausg./ K. Wegler. Berlin: Springer, Verlag, 1982, Bd. 8. S.485
7. Визгерт Р. В. Синтез и реакционная способность производных сульфокислот. / Р. В. Визгерт, Е. С. Митченко. К: Наукова Думка, 1992, с.276
8. Jenkins F.E. Solvolysis of sulphonyl chlorides. / F.E Jenkins., A.N. Hambly // J. Chem. Soc. - 1961, - 14(1), p. 190-212
9. Линецкая З.Г. Кинетика гидролиза некоторых сульфохлоридов ароматического и жирного ряда. / З.Г. Линецкая., Н.В. Сапожникова // Докл. АН СССР. - 1952, - 6(4), с. 763-766
10. Tommila E. Solvolysis of aliphatic halides. / E.Tommila, J.Jutila, H.Burström, // Acta.Chem.Scand. - 1952, - 6, p.844-853
11. Реутов О.А. Теоретические основы органической химии. / О.А. Реутов. М: Изд-во МГУ, 1964, с. 700
12. Ингольд К. Теоретические основы органической химии. / К. Ингольд. М: Мир, 1973, с.1056
13. Днепровский А.С., Темникова Т.И. Теоретические основы органической химии. / А.С. Днепровский., Т.И. Темникова. Л: Химия, 1991, с.560

References

1. Mel'nykov N.N. Pestysydy. Khimiya, tekhnolohiya i zastosuvannya. / N.N Mel'nykov. M: Khimiya, 1987, s.712
2. Pat.3873591 SSHA, МПК 7 S 07 S 143/40. Halo-substituted cyanomethyl benzenesulfonates / Herbert Q Smith, Sameeh Said Toukan Pennwalt Corp., Philadelphia - №376492; заявл. 5.07.1973; опубл. 25.03.1975.
3. Pat. GB1427516 (1976). Fungicidal Compositions and processes using azonaphthol sulphonic acid derivatives.
4. Pat. DE2533102 (1977). Double salt of copper alkyl phenolsulphonate and basic calcium - useful as agricultural germicide
5. Pat. 3954828 SSHA, МПК 7 S 07 S 143/68. Perfluoroalkanesulfonate ester herbicides / Tomas L. Fridinger Pbi-Gordon Corp. St.Paul, Minn - № 575648; заявл. 8.05.1975; опубл. 04.05.1976.
6. Wegler K. Chemie der Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfungsmittel Herausg./ K. Wegler. Berlin: Springer, Verlag, 1982, Bd. 8. S.485
7. Vizhert R. V. Syntez i reaktsiyna zdatnist' pokhidnykh sul'fokyslot. / R. V. Viz-hert, E. S. Mitch-ko. K: Naukova Dumka, 1992, s.276
8. Jenkins F.E. Solvolysis of sulphonyl chlorides. / F.E Jenkins., A.N. Hambly // J. Chem. Soc. - 1961 - 14 (1), p. 190-212
9. Lynetskaya Z.H. Kinytyka hidrolizu deyaknykh sul'fokhlorydiv aromatichnoho i zhyrnoho ryadu. / Z.H. Lynetskaya., N.V. Sapozhnykova // Dokl. AN SRSR. - 1952 - 6 (4), s. 763-766
10. Tommila E. Solvolysis of aliphatic halides. / E.Tommila, J.Jutila, H. Burström, // Acta.Chem.Scand. - 1952 - 6, s.844 – 853

11. Reutov O.A. Teoretychni osnovy orhanichnoyi khimiyi. / O.A Reutov. M: Yzd-vo MHU, 1964, s. 700
12. Inhol'd K. Teoretychni osnovy orhanichnoyi khimiyi. / K. Inhol'd. M: Svit, 1973, s.1056
13. Dniprov's'kyu A.S., Temnikova T.I. Teoretychni osnovy orhanichnoyi khimiyi. / A.S. Dniprov's'kyu., T.I. Temnykiv. L: Khimiya, 1991, s.560

Абдо-Аллах М., Шипідченко М.В., Попов Є. В., Кулигіна З.П., Ісак О.Д. Дослідження реакції алкоголізу на основі 6-метилурацил-5-сульфохлориду і спиртів

Метилурацил, завдяки своїм унікальним властивостям і доступності, набуває все більш поширення в наукових дослідженнях. На його основі синтезовані цитостатики, антиоксиданти і біологічно активні сполуки. Показана раціональна можливість синтезу алкілсульфонатів на основі легкодоступного 6-метил-2,4-диоксо-1,2,3,4-тетрагідропіримідин-5-сульфохлориду (6-метилурацил-5-сульфохлорида, МУСХ) і алкоголятів. Вивчено вплив природи спирту на кінетику алкоголізу МУСХ. Встановлено, що зі збільшенням аліфатичного радикалу і зниженням кислотності спиртів - константи швидкості ацилювання зменшуються. Виділено ряд нових, неописаних алкілсульфонатів, будова яких підтверджена даними елементного аналізу, ІЧ- і ЯМР-спектроскопії.

Ключові слова: Метилурацил, метилурацилсульфохлорид, алкоголиз, кінетика, препаративний спосіб синтезу, арилові ефіри арилсульфонових кислот.

Abdo-Allah M., Shipidchenko M.V., Popov Ye., Kulygina Z.P., Isak A. Research of the alcoholysis reaction based on 6-methyluracil-5-sulfochloride and alcohols

For chemists-synthetic who know how to plan and carry out syntheses of compound heterocycles, pyrimidine derivatives are a rather promising raw material. The pyrimidine structure, both aromatic and hydrogenated, is part of the biologically active compounds, drugs, pesticides and growth regulators. Methyluracil, due to its unique properties and availability, is becoming more widespread in scientific research. On its basis, cytostatics, antioxidants and biologically active compounds were synthesized.

Sulfochlorides are widely used for the preparation of amides, anilides, esters of sulfonic acids, herbicides, fungicides and other compounds.

Esters of alkane and benzenesulfonic acids have an acaricidal effect.

A rational possibility of synthesizing alkyl sulfonates based on readily available 6-methyluracil-5-sulfochloride and alcohols is shown. The influence of the nature of alcohol on the kinetics of alcoholism of the MUSC was studied. It has been established that with an increase in the length of the aliphatic radical and a reduction in the acidity of the alcohols, the rate constants of the acylation decrease. A number of new, undescribed alkyl sulfonates have been identified, the structure of which has been confirmed by elemental analysis, IR- and NMR spectroscopy.

Key words: methyluracil, methyluracilsulphochloride, alcoholysis, kinetics, preparative synthesis, aryl esters of arylsulfonic acids, biologically active compounds, pesticides.

Масуд Абдо-Аллах - аспірант кафедри екології, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне)

Шипідченко Марина Володимирівна – інженер I категорії кафедри загальнохімічних дисциплін, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). martik77@i.ua

Попов Євген Вадимович – д.т.н., професор, завідувач кафедри екології, Інститут хімічних технологій Східно-Українського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). popov@iht.lg.ua

Кулігіна Зоя Павлівна – асистент кафедри загальнохімічних дисциплін, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). kulyginazp@mail.ru

Ісак Олександр Дем'янович – к.х.н., доцент кафедри загальнохімічних дисциплін, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). Isak_ad@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін А.В.**

Стаття подана 2.05.2018

УДК 666.12:689

СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ СКЛОВМІСНИХ ВІДХОДІВ В РОЗПЛАВІ ТЕПЛОНОСІЯ

Мищенко С.О., Глікiна І.М., Глікiн М.А.

CREATION OF THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF GLASS OF CONTAINING WASTES IS IN FUSION OF THERMAL CARRIER

Mishenko Sergey.A., Glikina Irene M., Glikin Marat A.

У статті розглянуті існуючі технології переробки скла, його фізичні властивості та скловмісних побутових відходів. Поставлені завдання дослідження і визначені подальші етапи їх здійснення. Висунуто пропозицію про створення технології переробки скловмісних відходів в розплаві теплоносія. В якості теплоносія передбачається використовувати солі неорганічних металів або їх евтектичних суміші.

Ключові слова: стеклосодержащие відходи, розплав, теплоносії, евтектичні суміші

1. Вступ

Застосування скляних виробів відомо ще з давніх-давен. Більше 5 тис. років в Єгипті з'явилися перші фаянсові вироби і статуетки. У музеї в Берліні знаходиться найдавніша пам'ятка скло виробів - намістина зеленого кольору діаметром 9 мм.



Рис. 1. Прадавні скляні продукти

Ці стародавні і універсальні вироби міцно увійшли в життя людини. Як і будь-який матеріал вони мають свої хімічні та фізичні властивості. До хімічних можливо віднести наступні: велику стійкість з малою кількістю лужних оксидів.

Основними фізичними є:

– міцність – межа міцності на стискування (500-2000 МПа);

– крихкість – відноситься до дуже крихких;
– щільність (наприклад, для кварцевого – 2200 кг/м³);

– твердість – (залежить від кількості домішок).

Найтвердіший – кварцевий, найменш твердий – свинцевий; однак силікатний плавиться при 425-600°C. За більш високої температури перетворюється на рідину.

Головне застосування скла - це пакувальний матеріал як для продуктів харчування, так і для фармацевтичних препаратів і інші. Проте воно довго розкладається у ґрунті. Однак воно дуже погано розкладається в ґрунті, для цього йому необхідно близько 1000000 років. Припустимо, нащадки розкопали банку з під лимонаду, яка збереглася практично в початковому вигляді. Існують деякі труднощі, які гальмують переробку скломатеріалів. Нижче розглянемо основні складності накопичення скломатеріалів:

- крихкість – найнебезпечніша характеристика як для людей, так і для тварин; особливо коли бите скло знаходиться в парках або поблизу водойм;

- велике скупчення на поверхні ґрунту ускладнює зростання рослин і небезпечно для дрібних тварин.

Переробка скломатеріалів може дозволити заощадити витрати газу і зберегти землі від сміттєзвалищ:

- з'ясовано, що кожен 10% дроблених скло залишків знижує витрати газу на 3%;

- утилізація щорічно стекломусора дозволить зберегти близько 10 000 га від сміттєзвалищ.

Виходячи з цього дана проблема є масштабною і не втрачає своєї актуальності.

Переробка склоподібного матеріалу має деякі переваги. До них можна віднести наступні:

- скло відходи повністю посмикати переробці без утворення побічних продуктів;

– властиво економія природних ресурсів, у тому числі 200 кг вапняку, близько 180 кг соди і більше 600 кг піску;

– можливість створення бізнесу з прийому склотари [1].

Одним з варіантів переробки скляних виробів і скло відходів - це виготовлення з них вторинних продуктів, навіть будівельних матеріалів [2].

Згідно ГОСТ 52233-2004, скловідходи бувають двох сортів (Таблиця 1).

Таблиця 1

Сортування скловідходів

сорт скловідходів	розмір шматків, мм	примітки
I	10-50	вище 50 мм – 5%; менш 10 мм – 1%
II	не нормують	маса до 2 кг

У складі склоостатків будь-якої марки виключає наявність таких складних систем як:

- триплекс;
- армована металева сітка;
- металеві предмети і пробки;
- тугоплавке скло;
- дзеркала;
- кераміка;
- фарфор;
- шлак;
- вугілля;
- цеглина;
- камені;
- щебень;
- бетон;
- асфальт.

Присутність кіркової пробки, паперу та вмісту органіки (до 2%), піску і глини (до 2%) допускається у обмеженій кількості. У Росії переробляють скляні вироби ~21% за даними Research.Techart [3].

До скломістких відходів, в основному, відносять склотару і склоподрібнений матеріал. Склотара – це скляний посуд, який збирають, миють і дезинфікують, щоб знову використати для упаковки продуктів харчування. Склоподрібнений матеріал – це розбиті скляні вироби та інші дрібний скломатеріал.

При вторинному використанні склотари її класифікують за кольором. Це дозволяє визначити подальше місце застосування нового товару.

Класифікація за кольором виглядає наступним чином:

- ПСТ - напівбілий тарний;
- ЗС - зелений;
- БС - безбарвний;
- ПСЛ - напівбілий листовий;
- КС - коричневий;
- СС - змішаний.

В Україні практично не має роздільного збору сміття, тому взагалі переробляють до 35-40% стеклобою..

Склобій використовують для виробництва піноматеріалів, які незамінні у будівництві. Вироби зі скла – потужні теплоізолятори, застосовують для утеплення трубопроводів, створення сучасних сендвич-панелів, для ізоляції покрівлі, зовнішніх стін, перекриттів, при обробці споруд та інше. Склокристалічні вироби довговічні, практично не поглинають воду, деякі володіють високою міцністю і абразивністю [4].

Існуюча обробка скломатеріалів містить наступне:

- сортировку за кольором,
- очистку від механічних домішок,
- чистку і подрібнення.

Найчастіше, сортування здійснюється ручним способом.

Механічні домішки витягають:

- за допомогою магнітного сепаратора;
- установками-грохотами (кераміка, метали із загальної маси).

Сепаратори металу і кольору відділяють домішки зі складом металів та включення певного кольору.

Устаткування залежить від продукту. Для вторичної сировини не треба використовувати подрібнювальні установки, фахівці здійснюють бій вручну. Для подрібнення на фракції необхідного розміру, застосовують спеціальну апаратуру. При обробці склобою необхідно розглядати технології безпечні до стану нашої природи, та не вимагають великих енергетичних витрат.

Популярними сучасними обробними системами є такі, які ґрунтуються на фільтрації і подальшому розплавленні скла за "газовою" технологією [4].

Розроблена нами технологія у розплаві, добре зарекомендувала себе при знешкодженні відходів НПЗ і коксохімічних заводів. Тому з'явилася ідея скористатися цією технологією при обробці склянопобутових остатків. Одним з поширених товарів можуть стати будівельні товари.

2. Мета дослідження

Розглянути існуючі технології стекляного виробництва та обробки побутових склоостатків.

Для здійснення мети поставимо перед собою наступні завдання:

1. розглянути методи утилізації й переробки відходів у світі та визначити актуальність тематиці;
2. створити методіку проведення дослідів у лабораторних умовах за обраною технологією;
3. підібрати апаратуру й суміші, які можливо використати як теплоносій;
4. скласти блок-схему для роботи за технологією у розплаві для виявлення кінцевого продукту для будівництва.

3. Методика дослідження та побудова схеми

Дослід розпочинаємо з побудови експерименту в лабораторних умовах. Відомо, що скло і

скловмісні матеріали тугокоплавкі (900-1000 °С й вище). В лабораторії, щоб таку температуру підтримують у муфельній печі. Вид печі показаний на Рис.2.



Рис. 2. Загальний вигляд лабораторної муфельної печі

У печ завантажуємо тигель певний склад суміші солей та зважену навеску фракції склобою. Розігріваємо до необхідної температури; виливаємо у форму, яка вже містить дослідну кількість композиту (гравій, щебінь, суміш досліджуваного складу); перемішуємо до однорідності. Залишаємо застигати, засікаємо час та дивимося за мірою застигання.

Скломісткі відходи можна віднести до групи "прості", тому що вони не чутливі до властивостей скла. До їх основними параметрами можна віднести наступні: щільність, молярний об'єм, показник переломлення, діелектрична проникність, питома теплоємність, коефіцієнт теплопровідності.

При роботі з розм'якшеним або розплавленим склом до основних властивостей необхідно додати в'язкість, поверхневий натяг, плавкість, смачиваючу здатність, кристалізаційну здатність.

Для подальшої роботи нам треба знайти методики для визначення в лабораторії міри крихкості, твердості, тощо Після цього перевірити товарний зразок на застосовність в будівництві.

За науково-дослідну роботу приймаємо наступне:

- кількість та тип теплоносія у реакторі;
- вміст та тип композитного матеріалу.

4. Результати досліджень і їх обговорення

Теоретично зовнішній вигляд розплавленого скла показаний на Рис 3.



Рис. 3. Розплавлене скло заливають у форму

Розплавлені скломатеріали мають властивість швидко застигати, тому з ним працюють дуже швидко для надання склянному виробу форму.

Відомим фактом, скло утворює розплав при температурі понад 1000 °С. Скло самі по собі не мають точки плавлення і характеризуються температурним інтервалом розм'якшення. Також відомо, що в'язкість розплавленого скла при 1500 °С становить 9-11, коли ж затвердіє виростає до 10^{12} - 10^{13} Па*с. Розплав від 780-850 °С проявляє властивості, які характерні рідини.

В нашій дослідженні пропонуємо, виготовляти розплав стекломістких матеріалів спільно з розчином теплоносіїв. Це можливо дозволить знизити температуру створення розплавленого скла, це природно вплине на властивості утворенної розплавленої суміші. Але в цьому і полягає ідея експерименту – визначити склад матеріалу, подібний за міцності властивостями з бетонмісткими матеріалами. При цьому ми в якості вихідного компонента використовуємо стеклосодержащіє відходи.

У нашому випадку, передбачається, що розплав скляних виробів разом з теплоносієм допоможуть збільшити час застигання. Це сприятиме успішному зменшенню з композитними матеріалами і створенню нових форм готових виробів.

Одним з компонентів розплаву ми плануємо використати солі металів і неметалів, а також їх евтектичні суміші. Основні суміші представимо в таблиці 2.

Таблиця 2

Евтектичні суміші із низькою температурою плавлення [5]

T, °C	A – B	мол. % B
128	KCl - AlCl ₃	67
150	KCl - CuCl	65
170	NaOH - KOH	50,6
220	KNO ₃ - NaNO ₃	50
242	CuCl - ZnCl ₂	88
295	NaNO ₃ - NaCl	6,4
432	ZnCl ₂ - KCl	68,5
500	NaCl - CaCl ₂	52
710	Na ₂ CO ₃ - K ₂ CO ₃	44

Після інформативного збору за склопереробною промисловістю та властивостями можливо припустити наступну блок-схему планування опиту (Рис.4).



Рис. 4. Блок-схема планування експерименту у розплаві суміші солей

Схема проста за змістом, але на практиці існують деякі моменти, що необхідно передбачити при її підготовці до роботи. Експеримент

проводиться при високих температурах від 200 до 900 °С.

Висновки

1. Тематика науково-дослідної роботи актуальна тому перетворення скловідходів за технологією у розплаві є новізною використання.

2. Створений план дослідів за новою технологією.

3. Підібрано лабораторну апаратуру для можливості здійснення експерименту. Розглянуті й підібрані евтектичні суміші неорганічних сполук, які можуть бути використані у розплаві.

4. Складена блок-схема підходу до вивчення процесу й постановки опиту у лабораторних умовах.

Литература

1. <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>; Утилизация отходов в России. © 2018
2. Кошалаков Ч. А., Монтаев С.А., Таскалиев А.Т., Монтаева А.С. Разработка технологии пеностекла в композиции стеклобой-воластонитсодержащий шлак // Современные наукоемкие технологии. – 2014. –№ 5 (часть 1) – С. 61-62.
3. <http://researchtechart.ru/publication/476.htm>; © 1999-2018. Techart.Research.
4. <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>; Утилизация отходов в России. © 2018.
5. А.Гордон, Р.Форд. Спутник химика. М.: "Мир", 1976. С. 53с.

References

1. <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>; Утилизация отходов в России. © 2018
2. Koshalakov Ch. A., Montaev S. A., Taskaliev A.T., Montaeva A. S. Rasrabotka tekhnolohii penostekla v kompositcii stekloboj-vollastonit soderzhaschii shlak // Sovremenii naukoemkie tekhnolohii. – 2014. –№ 5 (chast 1) – S. 61-62.
3. <http://researchtechart.ru/publication/476.htm>; © 1999-2018. Techart.Research.

4. <http://net-othodov.com/stati/utilizacija-stekla-davaite-zabotitsja-o-.html>; Утилизация отходов в России. © 2018.
5. Hordon A., Ford R. Sputnik khimika. M.: "Mir", 1976. S. 53.

Мищенко С.А., Гликина И.М., Гликин М.А. Создание технологии переработки стеклосодержащих отходов в расплаве теплоносителя

В статье рассмотрена история развития стекла, его физические свойства и возможность переработки стеклосодержащих отходов. Выдвинуто предложение о создании технологии переработки стеклосодержащих отходов в расплаве теплоносителя. В качестве теплоносителя предполагается использовать соли неорганических металлов или их эвтектические смеси.

Ключові слова: стеклосодержащие отходы, расплав, теплоноситель, эвтектические смеси

Mishenko Sergey.A., Glikina Irene M., Glikin Marat A. Creation of the technology of processing of glass of containing wastes is in fusion of thermal carrier

The history of glass development, its physical properties and the possibility of processing glass-containing wastes are considered in the article. A proposal was made to create a technology for processing glass-containing waste in the melt of the heat carrier. As the heat carrier it is intended to use salts of inorganic metals or their eutectic mixtures/

Key-words: glass waste, melt, heat-carrier, eutectic mixtures

Мищенко Сергій Олексійович – аспірант кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: monk26025@gmail.com

Глікіна 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

Глікін Марат Аронович. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна.

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін А.В.**

Стаття подана 30.05.2018

УДК 66.021.3

О ВЛИЯНИИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В СЛОЕ ОРОШАЕМОЙ НАСАДКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАССООБМЕНА В ГАЗОВОЙ ФАЗЕ

Москалик В. М., Карпюк Л. В.

INFLUENCE OF THE HYDRODYNAMIC SITUATION IN IRRIGATING PACKING LAYER ON THE EFFICIENCY OF THE MASS TRANSFER IN THE GAS PHASE.

Moskalyk V. M., Karpyuk L. V.

Проведены исследования эффективности массоотдачи в газовой фазе в слое орошаемой насадки при пульсирующей подаче жидкости. В результате исследования установлено, что высоты единиц переноса в газовой фазе в зависимости от средней плотности орошения за период подачи жидкости не обнаруживают скачкообразного изменения в условиях пленочного режима, режима подвисяния и режима инверсии фаз, однако последовательно уменьшаются с возрастанием скорости газа в колонне. Высоты единиц переноса в газовой фазе при периодическом превышении предельных нагрузок по жидкости и газу в точках подвисяния и инверсии фаз на 17-20 % остаются постоянными и практически не отличаются по величине стационарного орошения.

Ключевые слова: массоотдача, газовая фаза, пульсирующая подача жидкости, высота единицы переноса.

Введение. Массоотдачу в газовой фазе в слое орошаемой насадки изучают при возгонке твердых тел, при испарении чистых жидкостей и при абсорбции хорошо растворимых газов [1].

Для инженерного расчета коэффициента массоотдачи в газовой фазе β_G в слое орошаемой кольцевой насадки, засыпанной внавал, рекомендуют [2-4], предложенную Жаворонковым, Гильденблатом и Раммом [5], критериальную зависимость

$$\text{Sh}_G = 0,407 \text{Re}_G^{0,655} \text{Sc}_G^{1/3}, \quad (1)$$

где $\text{Sh}_G = \beta_G d_3 / D_G$ – число Шервуда для газовой фазы; $\text{Re}_G = W_G d_3 / \nu_G$ – число Рейнольдса для газовой фазы; $\text{Sc}_G = \nu_G / D_G$ – число Шмидта для газовой фазы; d_3 – эквивалентный диаметр насадки, м; D_G – коэффициент молекулярной диффузии, м²/с; W_G –

приведенная скорость газа, м/с; ν_G – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Уравнение (1) получено путем возгонки твердых тел в отсутствие орошения и поэтому не учитывает реальной гидродинамической обстановки в слое орошаемой насадки. С достаточной для инженерных расчетов точностью уравнение может быть использовано для расчета β_G при пленочном режиме.

Onda R. с сотр. [6] рассчитали β_G на основе своих опытов и данных других исследователей и предложили обобщенную зависимость, которая для колец, засыпанных внавал, имеет вид

$$\text{Sh}_G = 0,0142 \text{Re}_G^{0,8} \text{Ga}_G^{0,16} \text{Sc}_G^{1/3}. \quad (2)$$

где $\text{Ga}_G = g \cdot d_3^3 / \nu_G$ – число Галилея для газовой фазы.

Уравнение (2) получено при абсорбции хорошо растворимого аммиака водой.

Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций. Стремление к увеличению диапазона работы насадочного аппарата, особенно в процессах абсорбции, когда гидравлическое сопротивление (ΔP) слоя насадки существенно не сказывается на стоимости продукции, принуждает исследователей к изучению массопередачи в активных гидродинамических режимах подвисяния и инверсии фаз.

При противоточном движении газа и жидкости в слое насадки, в зависимости от относительного движения скоростей потоков, различают три гидродинамических режима: пленочный режим, режим подвисяния и режим инверсии фаз [7].

Известно [1], что при смене гидродинамического режима от пленочного режима до режима инверсии фаз коэффициенты массоотдачи последовательно увеличиваются и

становятся пропорциональными скорости потока в степени от 0,3 до 1,0.

На поверхности раздела фаз в результате трения газа и жидкости возникают касательные напряжения. При пленочном режиме работы насадочной колонны, до захвата жидкости газом, газовый поток очень слабо влияет на параметры пленочного течения. В режимах подвисяния и инверсии фаз скорость газа вызывает торможение стекающей жидкости. Следствием этого является увеличение активной поверхности фаз [8], что, в свою очередь, способствует интенсификации массообмена [7, 9, 10].

Смену гидродинамических режимов можно проследить на зависимости $\lg(\Delta P) = f(\lg W_G)$, Однако четкое определение на ней точек подвисяния и инверсии фаз затруднительно, знание которых необходимо при проектировании насадочного аппарата.

Обширный экспериментальный материал, полученный при изучении массоотдачи в жидкой фазе [11] и обработанный методом асимптотических координат [12], сформировал универсальную зависимость, где отчетливо наблюдается, что пленочный режим существует до $W_G/W_{Ginv}=0,6$, а режиму захлебывания соответствует единственная точка, когда $W_G/W_{Ginv}=1,0$, где W_{Ginv} – скорость инверсии фаз. Четкость следования коэффициента массоотдачи в жидкой фазе гидродинамическому режиму указывает на скачкообразный характер изменения эффективности массоотдачи в жидкой фазе.

По аналогии с массоотдачей в жидкой фазе, можно было ожидать, что массоотдача в газовой фазе также должна скачкообразно отслеживать смену гидродинамических режимов. Единого мнения по данному вопросу не существует. Одни исследователи [13, 14] утверждают о переломном характере изменения кривой эффективности в газовой фазе, другие [9, 15] этого не наблюдают.

Описание опытной установки и методики проведения эксперимента. Для проверки указанного противоречия проведены исследования массоотдачи в газовой фазе с наложением низкочастотных пульсаций жидкости на постоянно подаваемый поток жидкости в противоточную насадочную колонну.

Десорбцию аммиака из воды в поток воздуха проводили на экспериментальной установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.

Основными аппаратами установки являлись десорбер 1 и абсорбер 2. В абсорбере 2 насыщали дистиллированную воду аммиаком, который из баллона 3 аммиака редуцировался игольчатым вентилем Гоффера 4 с контролем постоянства расхода по ротаметру 5. По дистиллированной воде был организован замкнутый контур, включающий абсорбер 2, систему пульсирующей подачи жидкости, состоящую из ротаметра 6, вентиля 7 и 8

и трехходового крана 9, десорбер 1, промежуточную емкость 10, насос 11, гидрозатвор 12, вентиль 13 с регулировкой количества дистиллированной воды по ротаметру 14. Корпус десорбера 1 был изготовлен из стеклянной царги внутренним диаметром 105 мм. Воздух в десорбер 1 подавали компрессором (не показан), количество которого регулировали вентилями 15 по ротаметрам 16. Испытывали керамические кольца Рашига размером 15x15x3 мм, засыпанные внавал на рабочую высоту $H=800$ мм.

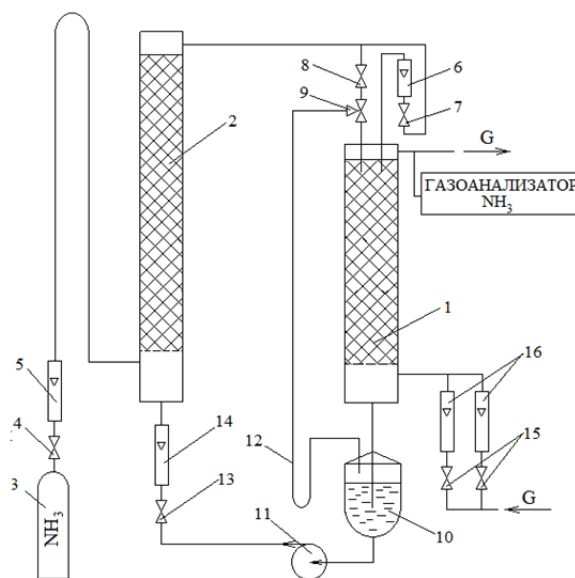


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. Обозначение позиций см. в тексте

Эффективность массообмена рассчитывали по уравнениям

$$h_{OG} = \frac{H}{N_{OG}} \quad (3)$$

$$N_{OG} = \frac{p_2 - p_1}{\Delta p_{cp}} \quad (4)$$

$$\Delta p_{cp} = \frac{(p_2^* - p_1) - (p_1^* - p_2)}{\ln \frac{(p_2^* - p_1)}{(p_1^* - p_2)}} \quad (5)$$

где h_{OG} – общая высота единицы переноса, выраженная через газовую фазу; N_{OG} – общее число единиц переноса, выраженное через газовую фазу; p_1, p_2 – парциальные давления аммиака в воздухе на входе и выходе из насадки, мм рт. ст.; Δp_{cp} – средняя движущая сила процесса десорбции, мм рт. ст.; p_1^* и p_2^* – равновесные парциальные давления аммиака, мм рт. ст.

Концентрацию аммиака в воде находили титрованием после отбора пипеткой, а концентрацию аммиака в воздухе непрерывно измеряли ленточным фотоколориметром.

Окончательно высоту единицы переноса в газовой фазе h_G с поправкой на различие в коэффициентах диффузии аммиака D_{NH_3} и диоксида углерода D_{CO_2} рассчитывали по уравнению

$$h_G = h_{OG} - \frac{m \cdot L}{G} h_L \left(\frac{D_{NH_3}}{D_{CO_2}} \right)^{0,5} \quad (6)$$

где m – константа фазового равновесия; L – расход воды; G – расход воздуха; h_L – высота единицы переноса в воде, полученная при десорбции диоксида углерода в аналогичных гидродинамических условиях.

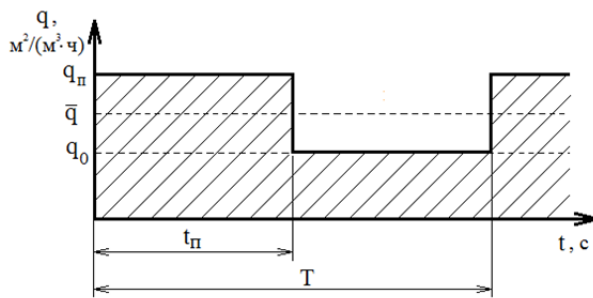


Рис. 2. Схема организации орошения слоя насадки

Система подачи жидкости в десорбер 1 (см. рис. 1) представляла собой генератор прямоугольных импульсов. Схема орошения слоя насадки представлена на рис. 2. Часть жидкости подавали в десорбер 1 непрерывно с плотностью орошения q_0 . Другой частью жидкости создавали пульсирующее орошение q_p в течение времени t_p с периодом T с помощью трехходового крана 9

поворотом его маховика. «Лишняя» жидкость в течение времени $(T-t_p)$ отводилась через гидрозатвор 12 в емкость 10. В среднем плотность орошения насадки составляла величину \bar{q} . Отсчет времени производился по секундомеру.

Результаты исследований и их обсуждение. В таблице приведены средняя плотность орошения \bar{q} , плотность орошения при постоянной подаче жидкости q_0 , плотность орошения при пульсирующей подаче q_p и соответствующие плотностям орошения относительные скорости газа W_G/W_{Ginv} . Предельные нагрузки по газу W_{Ginv} и жидкости W_L оценивали по уравнению Бейна и Хоугена [16]. Если сравнить относительные скорости газа W_G/W_{Ginv} при q_0 и q_p , то нетрудно заметить, что превышение W_G/W_{Ginv} при q_p по сравнению с q_0 составляет 17-20%. Указанное обстоятельство визуально можно было наблюдать через стеклянную стенку десорбера. При q_0 в течение времени $T-t_p$ жидкость непрерывно стекала по насадке с относительно малым на нее влиянием восходящего потока воздуха. Однако при q_p в течение t_p происходило образование в слое насадки газожидкостных поршней, которые по мере движения вниз десорбера размывались, увеличиваясь в размерах по высоте. Визуально четкость периодического образования и исчезновения газожидкостных поршней в слое насадки усиливались по мере приближения к предельным нагрузкам по газу и жидкости, а также при уменьшении q_0 и t_p/T . В результате можно констатировать, что пульсирующей подачей жидкости было достигнуто периодическое превышение предельных нагрузок по жидкости и газу в точках подвисяния и инверсии фаз на 17-20%.

Таблица

Взаимосвязь между средней плотностью орошения \bar{q} , плотностью орошения при постоянной подаче жидкости q_0 и плотностью орошения при пульсирующей подаче жидкости q_p и соответствующие плотностям орошения относительными скоростями газа W_G/W_{Ginv}

№ пп	\bar{q} , м³/(м²·ч)	$\frac{W_G}{W_{Ginv}}$	q_0 , м³/(м²·ч)	$\frac{W_G}{W_{Ginv}}$	q_p , м³/(м²·ч)	$\frac{W_G}{W_{Ginv}}$
1	2	3	4	5	6	7
1.	16,07	0,35	12,86	0,321	19,29	0,377
2.	16,07	0,52	12,86	0,478	19,29	0,561
3.	16,07	0,543	12,86	0,499	19,29	0,586
4.	16,07	0,726	12,86	0,667	19,29	0,783
5.	16,07	0,909	12,86	0,835	19,29	0,981
6.	16,07	1,0	12,86	0,918	19,29	1,079
7.	20,45	0,20	16,36	0,184	24,54	0,216
8.	20,45	0,30	16,36	0,276	24,54	0,324
9.	20,45	0,619	16,36	0,570	24,54	0,669
10.	20,45	0,790	16,36	0,727	24,54	0,854
11.	20,45	1,0	16,36	0,920	24,54	1,081
12.	24,83	0,250	19,86	0,223	29,74	0,269
13.	24,83	0,749	19,86	0,668	29,74	0,806
14.	24,83	0,874	19,86	0,779	29,74	0,940
15.	24,83	1,0	19,86	0,891	29,74	1,046

Подтверждением сказанного на рис. 3 представлена зависимость $\Delta P/H = f(t)$, полученная при непрерывном измерении во времени t гидравлического сопротивления $\Delta P/H$ слоя орошаемой насадки с помощью специально разработанного прибора в зависимости от различных относительных скоростей газа W_G/W_{Ginv} . Синусоидальное изменение $\Delta P/H$ во времени t согласуется с гидродинамической обстановкой периодически орошаемой насадки.

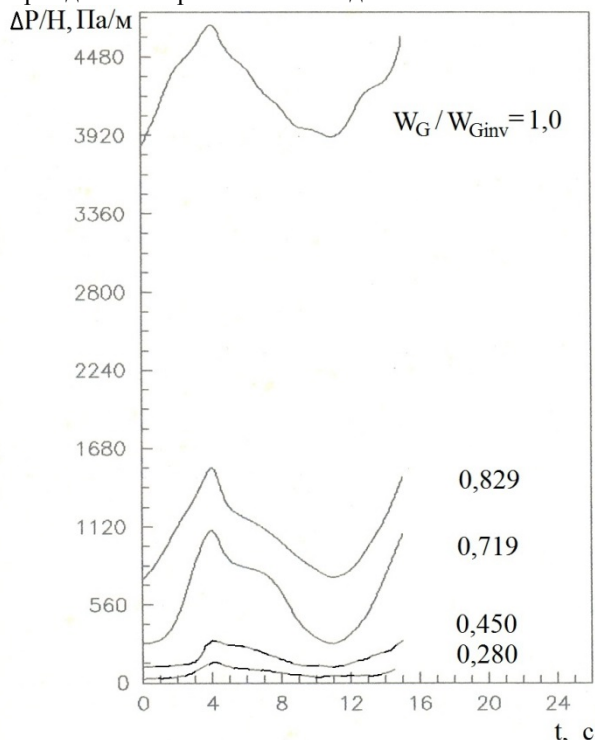


Рис. 3. Изменение гидравлического сопротивления $\Delta P/H$ слоя насадки Рашига размером 15x15x3 мм во времени t при различных W_G/W_{Ginv} :

$$\bar{q} = 16,07 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}), q_0 = 0, T=11 \text{ с}, t_n/T=0,38$$

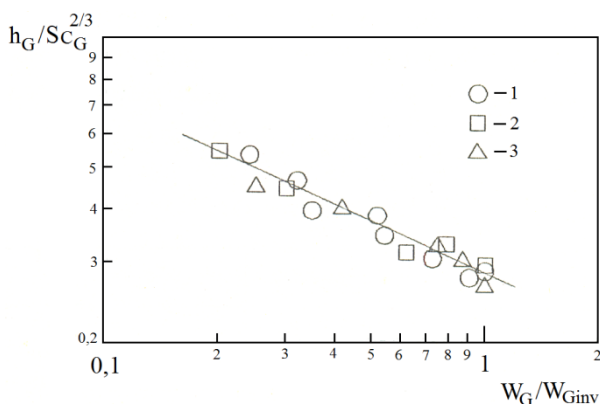


Рис. 4. Зависимость $h_G/Sc_G^{2/3}$ от W_G/W_{Ginv} для колец Рашига размером 15x15x3 мм при $q_0 = 0,8\bar{q}$, $T=10$ с и $t_n/T=0,8$: 1 – $\bar{q} = 16,07 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; 2 – 20,45; 3 – 24,83.

Сплошная линия соответствует уравнению при стационарном орошении [9]

На рис. 4 представлена корреляция экспериментальных данных, полученных в результате десорбции аммиака из воды в воздух на кольцах Рашига размером 15x15x3 мм при пульсирующей подаче жидкости с различными значениями средних плотностей орошения с учетом доли сопротивления массопередаче со стороны жидкой фазы [17]. Здесь же нанесена прямая линия, полученная в работе [9] в ходе стационарного орошения.

Выводы. В заключение по результатам анализа данных, полученных при изучении массоотдачи в газовой фазе в слое орошаемой насадки при наложении пульсирующей подачи жидкости, отметим. Во-первых, высоты единиц переноса в газовой фазе в зависимости от средней плотности орошения \bar{q} не обнаруживают скачкообразного изменения в условиях пленочного режима, режима подвисяния и режима инверсии фаз, однако последовательно уменьшаются с возрастанием скорости газа в колонне. Во-вторых, высоты единиц переноса в газовой фазе при периодическом превышении предельных нагрузок по жидкости и газу в точках подвисяния и инверсии фаз на 17-20 % практически остаются постоянными. В-третьих, высоты единиц переноса в газовой фазе при пульсирующей подаче жидкости и стационарном орошении практически совпадают и могут быть рассчитаны по одному и тому же эмпирическому уравнению, рекомендуемому в работе [9].

Л и т е р а т у р а

1. Рамм В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник / А. Г. Касаткин. – 12-е изд., стереодораб. – М: Альянс, 2005. – 750 с.
3. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 575 с.
4. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: учебник для вузов / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
5. Жаворонков Н. М. Исследование массопередачи к однофазному потоку в насадочных колоннах / Н. М. Жаворонков, И. А. Гильденблат, В.М. Рамм // Журн. прикл. химии. – 1960. – Т. 33. – № 8. – С. 1790-1800.
6. Onda K. Gas-side transfer coefficients in packed tower / K. Onda, E. Sada, M. Saito // Kagaku Kogaku. – 1961. – V. 25. – № 11. – P. 820-829.
7. Кафаров В. В. Основы массопередачи / В. В. Кафаров. – М.: Высш. школа, 1979. – 439 с.
8. Teutsch Theo. Zur Absorption in Füllkörperschüttungen / Theo Teutsch // Chemie Ingenieur Technik. 1965. – Bd. 37. – N. 12. – S. 1224-1229.
9. Ильиных А. А. Массообмен в орошаемой насадке в режимах подвисяния и эмульгирования / А. А. Ильиных, З. Н. Мемедляев, Н. Н. Кулов // Теор.

- основы хим. технол. – 1989. – Т. 23. – № 5. – С. 569-574.
10. Кафаров В. В. Явление скачкообразного увеличения тепло- и массообмена между газовой и жидкой фазами в аппаратах с насадкой. / В. В. Кафаров, Л. И. Бляхман, А. Н. Плановский // Теор. основы хим. технол. – 1976. – Т. 10. – № 3. – С. 331-339.
 11. Мемедляев З. Н. Массоотдача в орошаемой насадке в режимах подвисяния и инверсии фаз / З. Н. Мемедляев, Н. Н. Кулов, А. А. Ильных, В. М. Москалик. // Теор. основы хим. технол. – 1994. – Т. 28. – № 1. – С. 3-7.
 12. Дильман В. В. Методы модельных уравнений и аналогий / В. В. Дильман, А. Д. Полянин. – М.: Химия, 1988. – 304 с.
 13. Кафаров В. В. Оптимальный режим массообмена в насадочных колоннах / В. В. Кафаров, А. Г. Касаткин, Н. А. Пришедько. // Хим. пром-сть. – 1949 – № 6. – С. 171-177.
 14. Houston R. W. Absorption in Packed Towers. Effect of Molecular Diffusing on Gas Film Coefficient. / R.W. Houston, Charles A. Walker. // Ind. Eng. Chem. – 1950. – V. 42 (6). – P. 1105-1112.
 15. Тычинин Н. Н. Исследование влияния режима работы на эффективность насадочных ректификационных колонн / Н. Н. Тычинин, В. П. Толстых, Е. Д. Вергузаев. // Теор. основы хим. технол. – 1976. – Т. 7. – № 6. – С. 916-918.
 16. Bain W. Flooding Velocities in Packed Columns / W. Bain, O.A. Hougen // Trans. Am. Inst. Chem. Eng. – 1944. – V.40. – No 1. – P. 29-49.
 17. Адонин Ю. А. Исследование массообмена в трубках с орошаемыми стенками при противотоке газа. / Ю. А. Адонин, В. М. Олевский, Д. М. Попов // Хим. пром-сть. – 1966. – № 11. – С. 859-864.
 11. Memedlyayev Z.N. Kulov N.N., Ilinyih A.A., Moskalik V.M. Massootdacha v oroshaemoy nasadke v rezhimah podvisaniya i inversii faz. Teor. osnovyi khim. tehnol. 1994, V. 28. no. 1. pp. 3-7.
 12. Dilman V.V., Polyinin A.D. Metodyi modelnyih uravneniy i analogiy. Khimiya, Moscow, 1988, 304 p.
 13. Kafarov V.V., Kasatkin A.G., Prishedko N.A.. Optimalnyiy rezhim massoobmena v nasadochnyih kolonnah. Khim. prom-st. 1949, no. 6, pp. 171-177.
 14. Houston R.W., Walker Charles A. Absorption in Packed Towers. Effect of Molecular Diffusing on Gas Film Coefficient. Ind. Eng. Chem. 1950, V. 42, (6), pp. 1105-1112.
 15. Tyichinin N.N., Tolstyih V.P., Vertuzayev E.D. Issledovanie vliyaniya rezhima raboty na effektivnost nasadochnyih rektifikatsionnyih kolonn. Teor. osnovyi khim. tehnol. 1976, V. 7, no. 6., pp. 916-918.
 16. Bain W., Hougen O.A. Flooding Velocities in Packed Columns. Trans. Am. Inst. Chem. Eng. 1944, V.40, no. 1, pp. 29-49.

Москалик В. М., Карпюк Л. В. Про вплив гідродинамічної обстановки в шарі зрошуваної насадки на ефективність масообміну в газовій фазі

Проведено дослідження ефективності масовіддачі у газовій фазі в шарі зрошуваної насадки при пульсуючій подачі рідини. У результаті дослідження встановлено, що висоти одиниць переносу у газовій фазі в залежності від середньої густини зрошення за період подачі рідини не виявляють стрибкоподібної зміни в умовах плівкового режиму, режиму підвищування та режиму інверсії фаз, проте послідовно зменшуються зі збільшенням швидкості газу в колоні. Висоти одиниць переносу у газовій фазі при періодичному збільшенні граничних навантажень по рідині та газу в точках підвищування і інверсії фаз на 17-20 % залишаються незмінними та практично не відрізняються за величиною стаціонарного зрошення.

Ключові слова: масовіддача, газова фаза, пульсуюча подача рідини, висота одиниці переносу.

Moskalyk V. M., Karpyuk L. V. Influence of the hydrodynamic situation in irrigating packing layer on the efficiency of the mass transfer in the gas phase.

Researches of the mass transfer efficiency in a gas phase in irrigating packing layer at the pulsing liquid supply are carried out. As a result of a research it is established that the heights of transport units in the gas phase, depending on the average density of irrigation over the period of liquid supply do not show a discontinuous change under conditions of film regime, a regime of suspension and the phase inversion regime, however, they decrease successively with increasing gas velocity in the column. The heights of transport units in the gas phase with periodic exceeding of the maximum loads in liquid and gas at the points of suspension and inversion of phases by 17-20% remain constant and practically do not differ in the value of stationary irrigation.

Keywords: a mass transfer, a gas phase, the pulsing liquid supply, height of transport units .

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.

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін А.В.**

Стаття подана 2.05.2018

References

1. Ramm V.M. Absorbtsiya gazov. Khimiya, Moscow, 1976. 656 p.
2. Kasatkin A.G. Osnovnyie protsessyi i apparaty himicheskoy tehnologii: uchebnik. Alyans, Moscow, 2005. 750 p.
3. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Primeryi i zadachi po kursu protsessov i apparatov himicheskoy tehnologii: uchebnoe posobie dlya vuzov. Khimiya, Leningrad, 1987. 575 p.
4. Planovskiy A.N., Nikolaev P.I. Protsessyi i apparaty himicheskoy i neftehicheskoy tehnologii: uchebnik dlya vuzov. Khimiya, Moscow, 1987. 496 p.
5. Zhavoronkov N.M., Gildenblat I.A., Ramm V.M.. Issledovanie massoperedachi k odnofaznomu potoku v nasadochnyih kolonnah. Zhurn. prikl. Khimii, 1960, V. 33, no. 8, pp. 1790-1800.
6. Onda K. Gas-side transfer coefficients in packed tower / K. Onda, E. Sada, M. Saito // Kagaku Kogaku, 1961, V. 25, no. 11, pp. 820-829.
7. Kafarov V.V. Osnovyi massoperedachi. Vyssh. shkola, Moscow, 1979. 439 p.
8. Teutsch Theo. Zur Absorption in Füllkörperschüttungen. Theo Teutsch. Chemie Ingenieur Technik. 1965, V. 37, no. 12, pp. 1224-1229.
9. Ilinyih A.A., Memedlyayev Z.N., Kulov N.N. Massoobmen v oroshaemoy nasadke v rezhimah podvisaniya i emulgirovaniya. Teor. osnovyi khim. tehnol. 1989, V. 23, no. 5. pp. 569-574.
10. Kafarov V.V., Blyahman L.I., Planovskiy A.N.. Yavlenie skachkoobraznogo uvelicheniya teplo- i massoobmena mezhdu gazovoy i zhidkoy fazami v apparatah s nasadkoy. Teor. osnovyi khim. tehnol. 1976, V. 10, no. 3. – S. 331-339.

УДК 621.315.592

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И СОЗДАНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ КОНТАКТНЫХ СИСТЕМ

Небеснюк О.Ю., Никонова А.А., Хрипко С.Л., Никонова З.А.

PERSPECTIVE DIRECTIONS OF PHOTOELECTRIC TRANSFORMES AND CREATION OF QUALITY CONTACT SYSTEMS

Nebesniuk O.Y., Nikonova A.A., Khripko S.L., Nikonova Z.A.

Солнечные элементы являются ключевым фактором современной энергетики и находятся в центре экономических, социальных и экологических целей мирового развития. Объем производства солнечных фотоэлектрических систем возрастает в среднем на 30% в год. Улучшение качества, использование новых полупроводниковых материалов и способов металлизации позволило разработать ряд новых электронных приборов. Большие возможности открывает использование эпитаксиальных композиций для изготовления фотоэлектрических преобразователей (ФЭП). В статье предложены перспективные направления повышения эффективности ФЭП на эпитаксиальных структурах, новая технология создания контактных систем (КС) для ФЭП и проведено исследование их стабильности. При этом формировались очень высокие требования к электрофизическим свойствам исходных материалов.

Ключевые слова: кремний, эпитаксиальные композиции, контактные системы, пластина, фотоэлектрические преобразователи

Введение. Целесообразность преобразования солнечной энергии в электрическую уже сейчас не вызывает сомнения. Однако высокая стоимость исходных материалов, невысокий коэффициент полезного действия, зависимость работы от интенсивности световой энергии являются серьезными препятствиями для использования солнечных батарей.

Причиной снижения их эффективности являются потери на отражение, неполное поглощение квантов света, частичное использование энергии фотонов, рекомбинация генерированных носителей заряда, не оптимальное соотношение между напряжением холостого хода и током короткого замыкания, величина последовательного сопротивления, не соответствие нагрузки оптимальной величине. Однако существует ряд направлений, позволяющих снизить стоимость

энергетических установок по преобразованию солнечной энергии в электрическую. Одна из них – разработка новых технологий и использование дешевого материала.

Целью работы является исследование по разработке технологии создания ФЭП на основе недорогих исходных полупроводниковых материалов и создание для них качественных контактных систем.

Изложение основного материала. Как известно [1,2,3], преобразование солнечного излучения непосредственно в электрическую энергию осуществляется с помощью фотоэлектрических преобразователей. Актуальной задачей их создания является повышение КПД, снижение стоимости вырабатываемой энергии, повышение стойкости к спецвоздействиям.

Среди различных полупроводниковых материалов, пригодных для изготовления ФЭП, наиболее перспективным является кремний [4,5,6]. Он имеет ширину запрещенной зоны ($E_d = 1,12$ эВ), близкую к оптимальной, достаточную подвижность носителей заряда $\mu_n = 1450$, $\mu_p = 500$ см²/В·с, хорошо адсорбирует энергию. Технология его получения хорошо освоена для нужд полупроводниковой электроники, а сырьевая база его достаточно обеспечена.

Установлено, что уменьшение интенсивности освещения кремния в ФЭП резко уменьшает значение короткого замыкания. В значительно меньшей степени уменьшается напряжение.

Для эффективного преобразования солнечного излучения в электрическую энергию за счет разделения генерируемых электронно – дырочных пар внутренним электрическим полем необходимо, чтобы глубина залегания разделяющего поля была

достаточной для проникновения основного потока фотонов. В кремнии солнечная энергия адсорбируется в слое толщиной $\sim 0,00254$ мкм [7, 8].

Как известно, [9, 10] наибольшая эффективность ФЭП наблюдается в диапазоне длин волн от 0,6 до 8 мкм, т.е. находится на границе видимого и инфракрасного излучений. Смещение в область коротких волн увеличивает эффективность преобразования энергии. Однако в реальных условиях необходимо работать в области ближе к инфракрасной т.е. в области более длинных волн. Это объясняется тем, что атмосфера более прозрачная для них. Для этого необходимо увеличивать глубину залегания внутреннего поля. При длине волны меньше 1,1 мкм ФЭП не чувствительны к потоку фотонов, т.к. их энергия недостаточна для генерации носителей заряда.

Повышает эффективность преобразования и нанесение дополнительного просветляющего покрытия на рабочую поверхность ФЭП, из-за снижения потерь на отражение.

Среди известных конструкций ФЭП [11,12] особенного внимания заслуживают элементы со структурой полупроводник – диэлектрик – полупроводник (ПДП). Они выгодно отличаются простотой технологических процессов, применением низкотемпературных процессов, отсутствием “мертвого” поверхностного слоя, усилением отклика в коротковолновом диапазоне, возможностью сохранения жизни носителей заряда исходного полупроводникового материала, высокой производительностью процесса и сильнолегированного полупроводника без заметного ухудшения прохождения света через него, повышенной радиационной стойкостью.

В основе таких ФЭП лежат гетеропереходы, образованные двумя полупроводниками с различной шириной запрещенной зоны. Напряжение на фотоэлементе определяется меньшей из запрещенных зон. Ток короткого замыкания определяется фотонами с энергией $E_{g_2} - E_{g_1}$, а напряжение холостого хода значением несколько меньшим ширины запрещенной зоны полупроводника с меньшей шириной запрещенной зоны.

При $E_{g_2} < h\nu < E_{g_1}$ фотон проходит через первый полупроводник и поглощается вторым. Генерированные им носители заряда в обедненном слое и в пределах диффузионной длины от перехода будут разделены. Принципиальное преимущество ФЭП с гетеропереходом определяется возможностью уменьшения потерь за счет поверхностной рекомбинации и уменьшения сопротивления поверхностного слоя. Эти потенциальные возможности можно реализовать путем выбора оптимальной геометрии ФЭП и решением ряда технологических проблем.

Авторы считают, что применение широкозонного полупроводника в ПДП структуре ФЭП в виде тонкой пленки повысят его чувствительность в голубой и фиолетовой частях солнечного спектра. Благодаря этому уменьшатся потери носителей заряда, повысится напряжение холостого хода, увеличится время жизни носителей заряда, коэффициент заполнения, радиационная стойкость, расширится диапазон спектральной чувствительности.

Величина фототока в гетеропереходах описывается выражением аналогичным для гомопереходов, а в обедненном слое [13]:

$$I_{\alpha_2} = gF(1 - R) \left[e^{-\alpha_1 x_j} \{1 - e^{-\alpha_1 w_2}\} + e^{-\alpha_1(w_1 + x_j)} \{1 - e^{-\alpha_2 w_2}\} \right]$$

где α_1, α_2 - коэффициенты поглощения соответственно в первом и втором полупроводниках;

x_j - глубина залегания обедненного слоя;

F - плотность фотонов;

R - коэффициент отражения.

В экспериментальных ПДП – структурах верхним слоем являлся широкозонный тонкопленочный полупроводник, который отдален от полупроводника с меньшей шириной запрещенной зоны тонким слоем диэлектрика. При этом широкозонный полупроводник имел хорошую оптическую прозрачность, а нижний – такую ширину запрещенной зоны, которая обеспечила максимальное поглощение солнечного спектра. Слой диэлектрика между полупроводниками должен быть очень тонким и составлять 1-3 нм. Он является одним из важных параметров, определяющих мощность ФЭП.

Экспериментально подтверждено, что наличие промежуточного слоя диэлектрика на границе гетероперехода приводит к возрастанию напряжения холостого хода а, следовательно, к улучшению характеристик ФЭП.

Одним из направлений повышения эффективности является разработка улучшенной технологии получения основных элементов для батарей наземного применения, которая включает подготовку подложек и исходных компонентов, создание ФЭП, контактных систем и токосъемных сеток к ним, разделение полученных образцов на отдельные элементы.

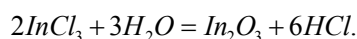
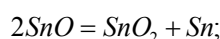
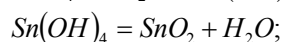
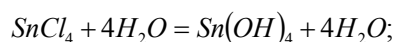
Сочетание двух полупроводников с различной шириной запрещенных зон, позволило создать структуру:



т.е гетеропереход - оксидный полупроводник – полупроводник.

In_2O_3 имеет $E_g = 5$ эВ и электронное сродство $\alpha = 4,45$ эВ, а SnO_2 , $E_g = 3,5$ эВ и $\alpha = 4,8$ эВ. Смесь In_2O_3 и SnO_2 , так называемая ИТО – смесь имеет $E_g = 3,7$ эВ и $\alpha = 4,2 - 4,5$ эВ. Тонкие пленки состава $SnO_2 + In_2O_3$ сочетают высокую прозрачность с хорошей проводимостью.

Такая гетероструктура была создана путем нанесения тонкого слоя ИТО – смеси на специально подготовленную поверхность пластин кремния. При этом на нагретой поверхности кремниевой пластины протекали химические процессы, которые можно описать следующими уравнениями:



Осажденные таким образом на поверхности пластины кремния оксиды олова и индия формируют барьерный слой, создают хорошую проводимость его и оказывают просветляющее действие поверхности, снижают процессы поверхностной рекомбинации, а большая ширина запрещенной зоны металла создает “окна” в гетеропереходе.

Полученные пленки не являются стехиометрическими. В SnO_2 и In_2O_3 вакансии кислорода носят донорный характер, поэтому полученные пленки обладают достаточно высокой электропроводностью. Её можно повысить и путем введения донорной примеси.

Проводимость пленки SnO_2/In_2O_3 определялась состоянием олова в кристаллической решетке оксида индия. При небольших концентрациях атомы олова замещают атомы индия, в результате, в кристаллической решетке триоксида индия, олово выступает в качестве донора. Однако при больших концентрациях создаются условия образования из комплексов нейтральных молекул $(SnO_2)_2$. При этом, донорные атомы олова переходят в нейтральные комплексы, концентрация свободных носителей заряда уменьшается, проводимость падает. Как известно [7], наибольшая проводимость пленки оксида олова и индия получается при мольной концентрации индия к олову 97:3.

В ходе эксперимента установлено так же, что при создании гетеропереходов важную роль играет температура подложки. Достаточно быстрый рост оксидной пленки олова и индия на поверхности полупроводниковой кремниевой подложки наблюдается при высокой температуре ($>550^\circ C$). Однако при этом возрастает последовательное сопротивление структуры, что приводит к

подавлению генерированного фототока. При низких температурах ($<360^\circ C$) – аморфные образования и ускоренный рост отдельных зародышей. Это так же неблагоприятно сказывается на параметрах ФЭП и вызывает уменьшение холостого хода.

Выбор оптимальных соотношений мольных концентраций индия и олова и температуры кремниевой подложки при создании гетероперехода позволило получить проводимость равную $5 \cdot 10^3 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, что объясняется эффектом многоступенчатого туннелирования, влиянием туннельно – тонкого слоя диэлектрика, рекомбинацией в области пространственного заряда.

Полученная ИТО – смесь, как оксидный полупроводник, имеет свойства близкие к металлам, обладает хорошей прозрачностью, высокой стабильностью, подавляет эффект туннелирования основных носителей, надежно защищает поверхность полупроводника от внешних воздействий.

Достаточно тонкий слой диэлектрика (1 – 2 нм) между полупроводниками структуры определяет величину тока туннелирования, которая намного больше тока носителей, образующихся с помощью термических процессов в объеме базового полупроводника, “неравновесные” процессы в структуре смещают квазиуровень Ферми к краю зоны проводимости. Это позволяет рассматривать структуру как p – n переход.

Авторы считают, что одним из направлений повышения эффективности ФЭП – и качества контактных систем – это создание в структуре высоколегированной области со стороны тыльного контакта. Возникающий при этом между двумя однотипными базовыми областями потенциальный барьер величиной $g\phi$ препятствуют выходу неосновных носителей тока из базовой области, концентрация легирующей примеси в которой меньше. Такая структура эквивалентна ФЭП, но имеет меньшую скорость поверхностной рекомбинации вблизи тыльной поверхности. Это приводит к увеличению спектрального отклика для фотонов с малой энергией. При пониженных концентрациях легирующей примеси в приповерхностном слое и малой глубине залегания барьерного перехода возрастает спектральный отклик для фотонов с большей энергией.

Кроме того, в таких элементах, получивших название “фиолетовых”, устраняется так называемый “мертвый” поверхностный слой и возрастает время жизни носителей тока.

Интерес к исследованиям высоколегированных слоев на основе кремния в последнее время стимулируется развитием микро – и нанотехнологий, общей тенденцией к микроминиатюризации приборов и устройств электроники, что проявляется в уменьшении толщины рабочих структур, синтезом многослойных и наноструктурированных композиций. Недостаточное исследование технологических

процессов в приведенных аспектах определяет выбор разработчиками более совершенных методов и технологий получения высоколегированных слоев типа $n+(p+)-Si$ и $n+(p++)-Si$ с целью повышения эффективности ФЭП и качественных контактных систем, что является актуальной проблемой

Для получения высоколегированных кремниевых слоев, которые так же могут служить контактными системами для ФЭП, авторами разработана новая технология их термической обработки. На кремниевых структурах с ориентацией (111) методом ионной имплантации экспериментально созданы высоколегированные $n+(p++)-Si$ слои. С целью определения степени активации атомов примеси (As, Al) проводился двухступенчатый отжиг $n+(p++)-Si$ образцов с использованием разработанной системы автоматического управления отжигом полупроводниковых структур (рис.1).

Сначала проводился отжиг ($T = 650^{\circ}C$, время $t = 20$ минут) в мини – печи, однако не произошло ни улучшения кристаллической структуры, ни электрических свойств имплантированных слоев. При отжиге электронным пучком – процесс образования кристаллических островков было подавлено твердофазной эпитаксиальной рекристаллизацией, которая при низкой температуре имеет меньшую энергию активации. Авторами

проводился двухступенчатый отжиг сначала в мини – печах, а затем электронным пучком, что позволило значительно улучшить электрические свойства высоколегированных кремниевых слоев: степень активации возросла до 80%, в то время как при одноступенчатом отжиге, она не превышает 60% независимо от режима. Это объясняется тем, что отжиг электронным пучком снижает плотность дислокаций и вдвое увеличивает концентрацию носителей заряда. Экспериментально установлено, что быстрый изотермический отжиг электронным пучком позволяет значительно уменьшить время термообработки в сравнении со стандартным отжигом в печи. При этом кроме рекристаллизации слоя удается минимизировать миграцию Al или примесей из подложки в кремниевый шар, а также добиться ограничения остаточных дефектов.

Выводы. В ходе исследований установлено, что:

- одним из направлений повышения эффективности ФЭП является получение ИТО – смеси при выборе оптимальных соотношений мольных концентраций индия и олова и температуры кремниевой подложки. Это позволит улучшить параметры ФЭП, следовательно, повысить КПД солнечных батарей и их устойчивость к спецвоздействиям;

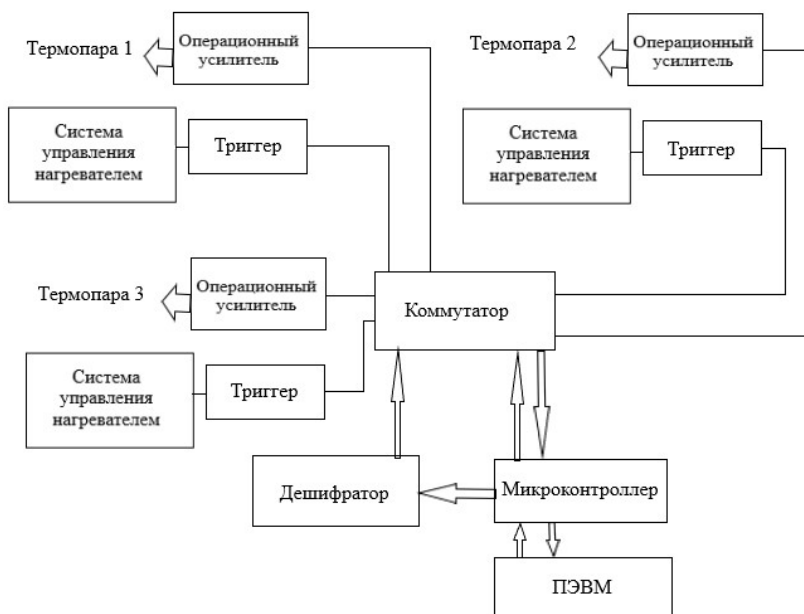


Рис. 1. Система автоматического управления отжигом полупроводниковых структур

- дальнейшее развитие метода ионной имплантации с применением двухступенчатого отжига для изготовления высококачественных высоколегированных кремниевых слоев, которые так же могут служить контактными системами для ФЭП, позволит получить значения концентрации примесей на уровне $(6 \div 9) \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$, которые в 2,5 раза превышают границу равновесной растворимости;
- разработанная система автоматического управления отжигом полупроводниковых высоколегированных структур позволяет проводить термическую обработку одновременно в нескольких (до 15 -20) мини – печах и контролировать параметры с помощью ЭВМ, что обеспечивает высокое качество и экономичность процесса.

Л и т е р а т у р а

1. Lin Jyi-Tsong. A novel planar-type body connected FinFET device fabricated by self align isolation-last process // *Solid-State and Integrated Circuit Technology*. - 2010. - PP. 1235 - 1237.
2. V.V. Odinkov, G.Ya. Pavlov. New processing equipment for innovative technologies micro, nano - and radio electronics // *Technology and designing in the electronic equipment*. - 2011. - v.3. - PP. 41 - 43.
3. D.I. Levinson, A. Nikonov, O. Nebesnyuk. Modeling the distribution of impurities in the preparation of heavily instrumental silicon layers using high-energy treatment // *Proceedings of the international scientific conference «Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development 2013»* - 2013. - v. J21310.
4. Green M. A. Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond // *Physica*. - 2002. - Vol. E 14. - PP. 65 - 70.
5. Brown A. S., Green M. A. Limiting efficiency of multiple band solar cells: an overview // *Proceedings of the 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. - 2001. - PP. 246 - 249.
6. Norman A. G., Hanna M. C., Dippo P. et al. InGaAs/GaAs QD superlatives: MOVPE growth, structural and optical characterization, and application in intermediate-band solar cells // *Proceedings of the 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition*. - 2005. - PP. 3 - 7.
7. Maronchuk I. E., Erochin S. Yu., Kulutkina T. F. et al. Solar cells heterostructures with InAs quantum dots obtained by liquid phase epitaxy // *Third World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*. - 2003. - PP. 11 - 18.
8. Марончук И.Е., Марончук А.И., Кулюткина Т.Ф. Формирование квантовых точек в процессе жидкофазной эпитаксии методом импульсного охлаждения насыщенного раствора-расплава // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. - 2005. - №12. - С. 96 - 99.
9. Maronchuk I., Minailov A., Andronova E. et al. Quantum dots PV-cells obtained by liquid phase epitaxy // *Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. - 2004. - PP. 352 - 354.
10. Maronchuk I. E., D.yachenko A. M., Minailov A. I. et al. Obtaining heterostructures with quantum dots for sensors by using liquid phase epitaxy // *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. - 2004. - Vol. 7, N 4. - PP. 363 - 367.
11. Алфёров Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // *ФТП*. - 2004. - Т.38, вып. 8. - С. 937 - 947.
12. Круковский С.И., Николаенко Ю.Е. Солнечные элементы на основе тандемных гетероструктур GaAs-InGaAs-AlGaAs // *Технология и конструирование в электронной аппаратуре*. - 2003. - №6. - С. 39 - 40.
13. Гореленок А.Т., Каманин А.В., Шмидт Н.М. Редкоземельные элементы в технологии соединений $A^{III}B^V$ и приборов на их основе // *ФТП*. - 2003. - Т. 37, вып. 8. - С. 922 - 940.

References

1. Lin Jyi-Tsong. A novel planar-type body connected FinFET device fabricated by self-align isolation-last process // *Solid-State and Integrated Circuit Technology*. - 2010. - PP. 1235 - 1237.
2. V.V. Odinkov, G. Pavlov. New processing equipment for innovative technologies micro, nano - and radio electronics // *Technology and designing in the electronic equipment*. - 2011. - v.3. - PP. 41 - 43.
3. D.I. Levinson, A. Nikonov, O. Nebesnyuk. Modeling the distribution of impurities in the preparation of heavily instrumental silicon layers using high-energy treatment // *Proceedings of the international scientific conference «Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development 2013»* - 2013. - v. J21310.
4. Green M. A. Third generation photovoltaics: solar cells for 2020 and beyond // *Physica*. - 2002. - Vol. E 14. - PP. 65 - 70.
5. Brown A. S., Green M. A. Limiting efficiency of multiple band solar cells: an overview // *Proceedings of the 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. - 2001. - PP. 246 - 249.
6. Norman A. G., Hanna M. C., Dippo P. et al. InGaAs/GaAs QD superlatives: MOVPE growth, structural and optical characterization, and application in intermediate-band solar cells // *Proceedings of the 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition*. - 2005. - PP. 3 - 7.
7. Maronchuk I. E., Erochin S. Yu., Kulutkina T. F. et al. Solar cells heterostructures with InAs quantum dots obtained by liquid phase epitaxy // *Third World Conference on Photovoltaic Energy Conversion*. - 2003. - PP. 11 - 18.
8. Maronchuk, I. E., Maronchuk A. I., Kulutkina T. F. the Formation of quantum dots during the process of liquid-phase epitaxy by pulse cooling of saturated solution-melt // *the Surface. X-ray, synchrotron and neutron studies*. - 2005. - №12. - PP. 96 - 99.
9. Maronchuk I., Minailov A., Andronova E. et al. Quantum dots PV-cells obtained by liquid phase epitaxy // *Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. - 2004. - PP. 352 - 354.
10. Maronchuk I. E., D.yachenko A. M., Minailov A. I. et al. Obtaining heterostructures with quantum dots for sensors by using liquid phase epitaxy // *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. - 2004. - Vol. 7, N 4. - PP. 363 - 367.

11. G. I. Alferov, Andreev V. M., Romyantsev V. D. Trends and prospects of solar photovoltaics // FTP. - 2004. - Vol. 38, N 8. - PP. 937 - 947.
12. Krukovsky S. I., Nikolaenko Y. E. Solar elements based on tandem heterostructures GaAs-InGaAs-AlGaAs / / Technology and design in electronic equipment. - 2003. - №6. - PP. 39 - 40.
13. Gorelenok A. T., V. Kamanin, A., Schmidt N. M. Rare-earth elements in the technology of АПВ connections and devices on their basis // FTP. - 2003. - Vol. 37, N 8. - PP. 922 - 940.

Небеснюк О.Ю., Ніконова А.О., Хрипко С.Л., Ніконова З.А. Перспективні напрями підвищення ефективності фотоелектричних перетворювачів та створення якісних контактних систем.

Сонячні елементи є ключовим фактором у сучасній енергетиці та перебувають у центрі економічних, соціальних та екологічних цілей світового розвитку. Обсяг виробництва сонячних фотоелектричних систем зростає в середньому на 30% на рік. Поліпшення якості, використання нових напівпровідникових матеріалів і способів металізації дозволило розробити ряд нових електронних приладів. Великі можливості відкриває використання епітаксійних композицій для виготовлення фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). У статті запропоновано перспективні напрями підвищення ефективності ФЕП на епітаксійних структурах, нова технологія створення контактних систем (КС) для ФЕП та проведено дослідження їх стабільності. При цьому формувалися дуже високі вимоги до електрофізичних властивостей вихідних матеріалів.

Ключові слова: кремній, епітаксійні композиції, контактні системи, пластина, фотоелектричні перетворювачі

Nebesniuk O.Y., Nikonova A.A., Khripko S.L., Nikonova Z.A. Perspective directions of photoelectric transformers and creation of quality contact systems.

Solar cells are a key factor in modern energy and are at the center of economic, social and environmental goals of world development. The production of solar photovoltaic systems is increasing by an average of 30% per year. The improvement of quality, the use of new semiconductor materials and metallization methods allowed developing a number of new electronic devices. Great opportunities open up the use of epitaxial compositions for the manufacture of photovoltaic converters. The article proposes promising ways to improve the efficiency of photovoltaic converters on epitaxial structures, a new technology for creating contact systems and a study of their stability. At the same time, very high requirements for the electrical properties of the raw materials were formed.

Keywords: silicon, epitaxial compositions, contact systems, photovoltaic converters

Небеснюк О.Ю. – к.т.н., доцент кафедри «Мікроелектронні інформаційні системи» Запорізької державної інженерної академії, e-mail: 081loksana@gmail.com

Ніконова А.О. – к.т.н., доцент кафедри «Мікроелектронні інформаційні системи» Запорізької державної інженерної академії, e-mail: nk_alina@ukr.net

Хрипко С.Л. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Мікроелектронні інформаційні системи» Запорізької державної інженерної академії, e-mail: ug9qq@ukr.net

Ніконова З.А. к.т.н., професор кафедри «Мікроелектронні інформаційні системи» Запорізької державної інженерної академії, e-mail: nza@zgia.zp.ua

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін А.В.**

УДК 656.621/.626

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Пасічник А.М., Кутирев В. В., Мірошніченко С. В.

ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES OF IMPLEMENTATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE MANAGEMENT SYSTEMS

Pasichnyk A.M., Kutyrer V.V., Miroshnichenko S.V.

Проведено аналіз досвіду провідних країн світу з питань застосування сучасних геоінформаційних технологій в системах управління та модернізації транспортної інфраструктури. Показано, що основою побудови таких систем є формування інформаційно-аналітичних баз даних з характеристики об'єктів транспортної інфраструктури та транспортної статистики. Проведено аналіз організаційної структури державних органів управління функціонуванням транспортного комплексу в США, ФРН, Японії та Австралії. Визначено основні напрямки запровадження розглянутих підходів в транспортному секторі України.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, управління транспортом, інтерактивні карти транспортних об'єктів.

Вступ. В сучасних умовах, стан економічного розвитку більшості країн світу значною мірою залежить від розгалуженості та обсягів їх торговельних зв'язків, які передбачають наявність відповідної транспортної інфраструктури [1].

Постановка проблеми. Транспортна інфраструктура складається із транспортних магістралей, транспортно-логістичних комплексів, сервісних центрів, пунктів технічного обслуговування і т. ін. [2]. Тому для ефективного комплексного використання наявного потенціалу транспортної системи необхідно мати достовірну інформацію з характеристики виробничих потужностей всіх її елементів [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальна оцінка потужностей транспортної інфраструктури країни надає можливості визначити слабкі місця, які потребують вирішення, розбудови або модернізації, підвищити безпеку держави, створити обґрунтовану базу для проведення наукових досліджень в транспортній галузі з метою отримання прикладних результатів які можливо реалізувати на практиці [4].

За даними Всесвітнього економічного форуму за конкурентоспроможністю транспортної інфраструктури Україна займає 91 місце, за якістю доріг – 132 [5], за якістю портової інфраструктури – 108 серед 140 країн світу [6]. Тому дослідження міжнародного досвіду з питань модернізації транспортної інфраструктури має надзвичайно важливе значення і надає можливість визначити найбільш ефективні сучасні технології, що застосовуються в цьому напрямку та сформулювати рекомендації щодо їх впровадження в Україні [7].

Питанню оцінки транспортної інфраструктури України присвячено цілий ряд наукових праць як вітчизняних [1, 2, 3] так і міжнародних науковців [8, 9]. Разом з тим дослідження проблем формування єдиного підходу щодо побудови ефективних систем управління та модернізації транспортної інфраструктури в масштабах всієї країни, створення єдиної інформаційно-аналітичної бази даних транспортних об'єктів, ранжування таких об'єктів за транспортними критеріями потребують подальшого розвитку та удосконалення.

Мета статті. Системний аналіз підходів, які застосовуються для організації інформаційного забезпечення та управління транспортною інфраструктурою в різних країнах, визначення найбільш раціональних алгоритмів їх реалізації для забезпечення ефективного функціонування української транспортної системи. Визначення пріоритетних напрямків формування єдиної інтерактивної інформаційно-аналітичної бази даних об'єктів інфраструктури української транспортної системи.

Результати досліджень. Транспортна система США на даний час є однією з найбільш розвинутих транспортних систем у світі і включає всі види транспорту. В перевезенні вантажів лідирують залізниці (38%), автотранспорт (28%), внутрішній водний (16%) і трубопроводи (18%), у

перевезенні пасажирів – автомобільний (82%) та авіаційний (17%) види транспорту. Частка залізниць, внутрішнього водного і морського транспорту в перевезеннях пасажирів, за винятком туристських круїзів, зведена до мінімуму [10]. Одночасно зростає роль авіації в перевезенні вантажів [11].

Мережа залізничних шляхів включає невелике число широтних та меридіональних магістралей за якими проходять транспортні коридори.

Серед внутрішніх водних шляхів найбільше значення мають система Міссісіпі-Огайо, Великі озера і канали. Берегові канали з'єднують гірла річок і лагуни й дають можливість річковим суднам проходити вздовж узбережжя, не виходячи у відкрите море. Дуже напруженими за своїм вантажообігом є нещодавно збудовані два канали. Перший з них з'єднує річки Теннессі і Томбігбі і дає вихід у Мексиканську затоку, другий перерізав півострів Делмарва, набагато скоротивши водний шлях між Філадельфією і Балтімором.

Особлива роль в США належить автомобільному транспорту. Загальна протяжність автомобільних доріг становить 6261200 км. Основний засіб пересування населення в більшості регіонів країни – власний автотранспорт.

На відміну від європейських держав, які вкладають гроші в залізничний транспорт нарівні з іншими видами, влада США зробила акцент на розвиток в першу чергу автомобільного і повітряного видів транспорту.

За кількістю аеропортів загального користування, за обсягом парку магістральних літаків, протяжністю внутрішніх та зовнішніх авіаліній, осягами перевезення пасажирів авіатранспортом США є світовим лідером. Аеропорти Чикаго, Даллас-Форт-Уерт, Атланта і Лос-Анджелес займають чотири перші місця в світі за кількістю перевезених пасажирів. Широко розвинені місцеві авіалінії які з'єднують малі населені пункти. Зростають обсяги перевезення вантажів авіатранспортом. У США 13 400 аеропортів.

Найважливіші морські порти: Новий Орлеан, Нью-Йорк, Балтімор, Батон-Руж, Бостон, Гонолулу, Джексонвіль, Лос-Анджелес, Пітсбург, Савана, Сіетл, Тампа і Толедо.

Достатньо розвинений трубопровідний транспорт. Загальна довжина нафто-, газо- і продуктопроводів перевищує 600 тис. км. Найважливіші з них зв'язують південно-західні штати з містами Півночі.

У ряді особливо великих міст є метрополітени. Найбільший і один з найстаріших метрополітенів – нью-йоркський.

Управління транспортним комплексом здійснюється **Міністерством транспорту США** з річним бюджетом у 58 млрд. дол. В структурі Міністерства транспорту функціонують такі департаменти.

Федеральне Управління доріг (*The Federal Highway Administration (FHWA)*) забезпечує управління будівництвом, підтримкою і збереженням національних шосе, мостів і тунелів. Також проводить дослідження і забезпечує технічну допомогу, міським та управлінням доріг штатів, з метою підвищення безпеки на дорогах, а також з метою впровадження інновацій. За ведення баз даних в цій структурі відповідає Офіс інформаційної політики (*Office of Highway Policy Information*), що є національним джерелом транспортних даних стосовно шосейних доріг, та забезпечує органи управління і суспільство точними даними щодо шосейних доріг, а також стану виконання державних програм та впровадження інновацій. Зокрема Офісом інформаційної політики ведуться бази даних у вигляді інтерактивних карт в системі «NEPGIS»: шосейних доріг; національної мережі вантажних транспортних маршрутів, рис. 1; стану доріг, закриття доріг та інформації про трафік; шляхів можливого руху автотранспорту на альтернативних джерелах енергії; завантаженості автошляхів вантажним авто-транспортом; дорожньо-транспортних пригод [12].

NEPGIS – це інтерактивний веб-сервер географічних карт, який дозволяє користувачам здійснювати навігацію, переглядати та друкувати геопросторові карти. Інструменти навігації дозволяють знаходити та масштабувати необхідні географічні області та створювати карти з різними географічними об'єктами та темами. NEPGIS також має табличні можливості для отримання, сортування, друку, завантаження та надсилання геопросторових даних.

Федеральна авіаційна адміністрація (*Federal Aviation Administration – FAA*) – центральний орган державного управління в галузі цивільної авіації. Управління збирає статистику з безпеки польотів та оприлюднює її у публічно доступній базі даних – «Система аналізу та обміну інформації авіаційної безпеки» (*Aviation Safety Information Analysis and Sharing System, (ASIAS)*). Інтерактивна карта повітряного простору та авіа-об'єктів США ведеться на базі платформи «Google Earth». Скористатися вказаною картою можливо встановивши спеціальний додаток на комп'ютер, або смартфон [11].

В рамках програми федеральної авіаційної адміністрації "Військовий аеропорт", створена база даних військових аеропортів (окремо тих що належать армії, флоту та тих що належать повітряним збройним силам США), які включені в цю програму та потребують інвестицій з метою їх переорієнтації на цивільне використання. Завдяки цій програмі, FAA надає грантові кошти цивільним спонсорам для розвитку військових авіаційних об'єктів для подальшого їх використання в цивільних цілях, щоб збільшити пропускну спроможність системи та зменшити затори в існуючих аеропортах.



Рис. 1. Інтерактивна карта вантажних транспортних авто-коридорів США

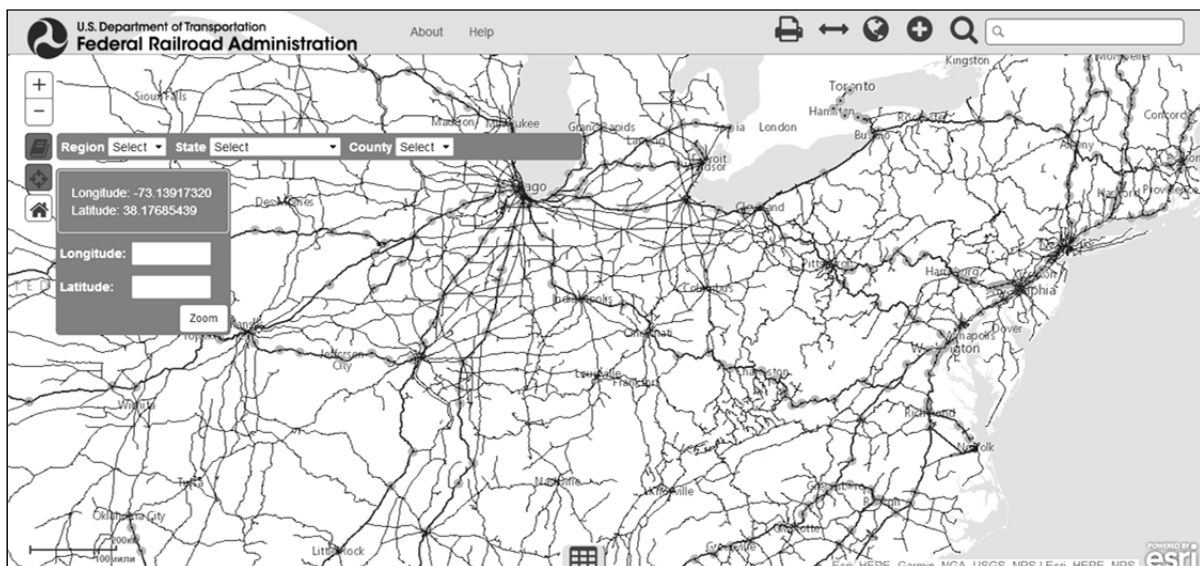


Рис. 2. Інтерактивна карта залізничних шляхів США

Федеральне управління залізничних доріг (The Federal Railroad Administration – FRA). Метою FRA є дотримання правил безпеки на залізничному транспорті, адміністрування програм допомоги на залізничному транспорті, проведення досліджень та розробок на підтримку поліпшення безпеки залізниць та національної політики залізничного транспорту. Управлінням ведеться база даних у вигляді інтерактивної карти залізничних шляхів та залізничних вантажних і пасажирських станцій у вільному доступі, рис. 2 [13].

Управлінням FRA впроваджується «Програма швидкісних міжміських пасажирських перевезень (HSIPR)» яка направлена на вирішення транспортних проблем країни, за рахунок інвестицій в мережу пасажирських залізничних коридорів, які з'єднують міста по всій країні. Фонд стратегічно

інвестував у 5 мегарегіонів (Сіетл-Портленд, Сан-Франциско-Лос-Анджелес, Шарлотте-Ралі, округ Колумбія, Північно-Західний вузол та Північно-східний коридор) в яких проживають близько 65 % населення, що може забезпечити основну частину приросту населення в майбутньому. Департамент транспорту працює зі штатами з питань розвитку швидкісних та міжміських пасажирських залізничних коридорів за рахунок модернізації існуючих будівництва нових залізничних ліній. Фінансуються проекти виключно швидкісних ліній від 150 до 220 миль/год. З цією метою створена база даних швидкісних міжміських пасажирських коридорів у вигляді інтерактивної карти, яка може надавати детальну інформацію по кожному з проектів, рис 3 [13].

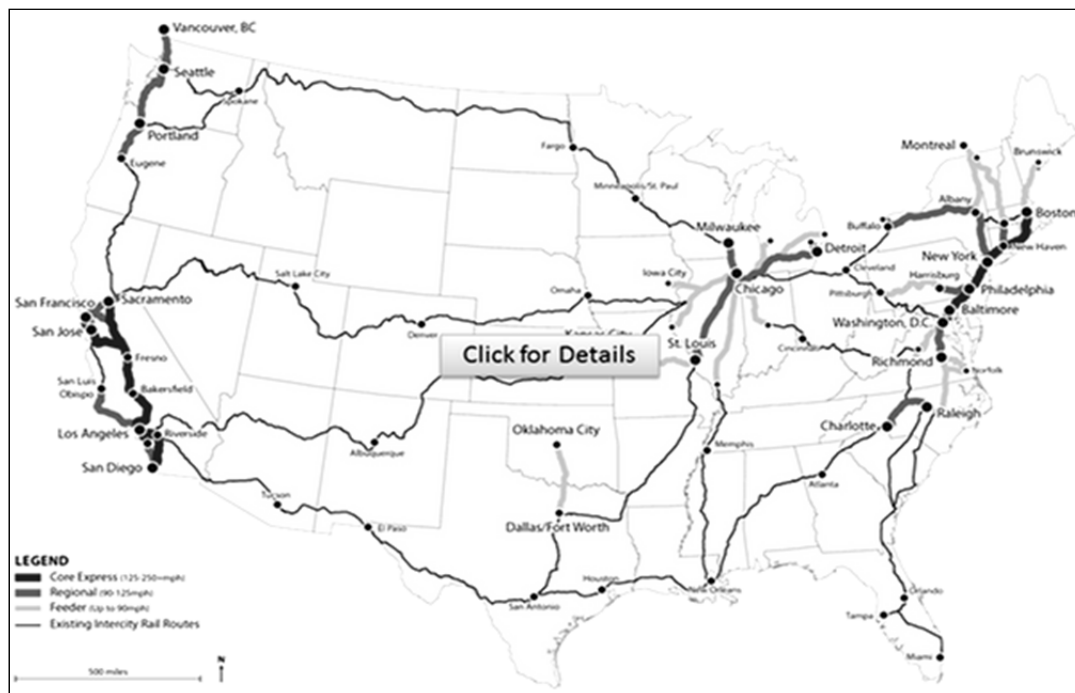


Рис. 3. Інтерактивна карта швидкісних залізничних міжміських пасажирських коридорів (позначені жирними лініями)

Федеральна транзитна адміністрація (The Federal Transit Administration – FTA) надає фінансову та технічну допомогу місцевим системам громадського транспорту. Громадський транспорт включає в себе автобуси, метро, легку залізницю, придорожню залізницю, монорельсові дороги, пасажирські пороми, вагони, фунікулери. Федеральний уряд, через FTA, надає фінансову допомогу для розбудови нових транзитних ліній та удосконалення, підтримки і управління існуючими системами. FTA здійснює нагляд за грантами державам та місцевим постачальникам транзиту, головним чином через десять регіональних офісів [14].

FTA є адміністратором «Національної транзитної бази даних – NTD» яка включає дані про джерела фінансування агентства, інвентаризацію транспортних засобів та засобів технічного обслуговування, звіти про безпеку, заходи щодо надання та споживання транзитних послуг та дані про працівників транзитної сфери. Реципієнти, Федеральної транзитної адміністрації – ті, хто отримує фінансування за програмою формул для міст або програмою сільських формул мають подавати дані до NTD в єдиних категоріях і формах. Через інтернет-систему дані до NTD вносять 660 постачальників транзитних послуг.

Морська адміністрація Сполучених Штатів (The United States Maritime Administration MARAD) сприяє використанню водного транспорту та його інтеграції з іншими сегментами транспортної системи та життєздатності торговельного морського ринку США. Морська адміністрація працює у багатьох областях,

включаючи судноплавство, суднобудування, портові операції, ремонт суден, національну безпеку, навколишнє середовище та безпеку. Морська адміністрація здійснює збір та обробку інформації, пов'язаної з морським транспортним сектором, та веде облік морських транспортних об'єктів та шляхів, рис 4, а також обсягів обробки вантажів морськими портами, рис 5 [15].

Крім вказаних адміністрацій до складу Міністерства транспорту США включені ряд агенцій які здійснюють контроль за безпекою перевезень, а також займаються розробкою загальних принципів транспортної політики США: **Федеральна адміністрація безпеки перевезень** (The Federal Motor Carrier Safety Administration – FMCSA), **Національна адміністрація безпеки дорожнього руху** (The National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA); **Офіс Генерального інспектора Департаменту транспорту США** (U.S. Department of Transportation Office of Inspector General); **Секретаріат Міністра транспорту США** (The United States Secretary of Transportation); Адміністрація безпеки трубопровідного транспорту та небезпечних матеріалів (The Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration – PHMSA).

Найважливішим адміністратором баз даних в транспортному секторі США є **Бюро статистики транспорту** (The Bureau of Transportation Statistics – BTS). Як підрозділ Міністерства транспорту США, це бюро узагальнює, аналізує та надає доступ до інформації про транспортні системи країни; збирає інформацію щодо інтермодальних перевезень та в інших областях за потребою; покращує якість та

ефективність статистичних програм Міністерства транспорту шляхом проведення досліджень та розробки. Бюро є частиною Управління досліджень та інноваційних технологій (RITA) Міністерства транспорту США яке відповідає за розвиток науки, технологій та покращення координації досліджень у галузі транспорту. RITA є також агентством Федеральної статистичної системи США [16].

Бюро статистики транспорту є адміністратором найбільшої транспортної бази США – “Бази даних інтермодальних перевезень” яка поєднує в собі бази даних та статистику для авіації, автомобільного, залізничного, морського, трубопровідного видів транспорту, пасажирського руху тощо. База створена з метою розвитку інтермодальних перевезень вантажів та пасажирів, проведення досліджень, виявлення напрямків

оптимізації та забезпечення національної безпеки країни [17].

Транспортна система Федеративної республіки Німеччини (ФРН) має сучасну, комплексну і достатньо розвинену інфраструктуру та виконує як внутрішні функції, так і забезпечує міжнародний транзит вантажів і пасажирів. Переміщення вантажів здійснюється залізницями, автомобілями, трубопроводами і водними шляхами, людей – автомобілями, залізницею і авіатранспортом. Займаючи центральне положення в Європі Німеччина приймає участь у створенні європейської системи автострад і трансєвропейських швидкісних залізниць. Німецька «Люфтганза» є однією з найбільших і найдосконаліших авіакомпаній світу.

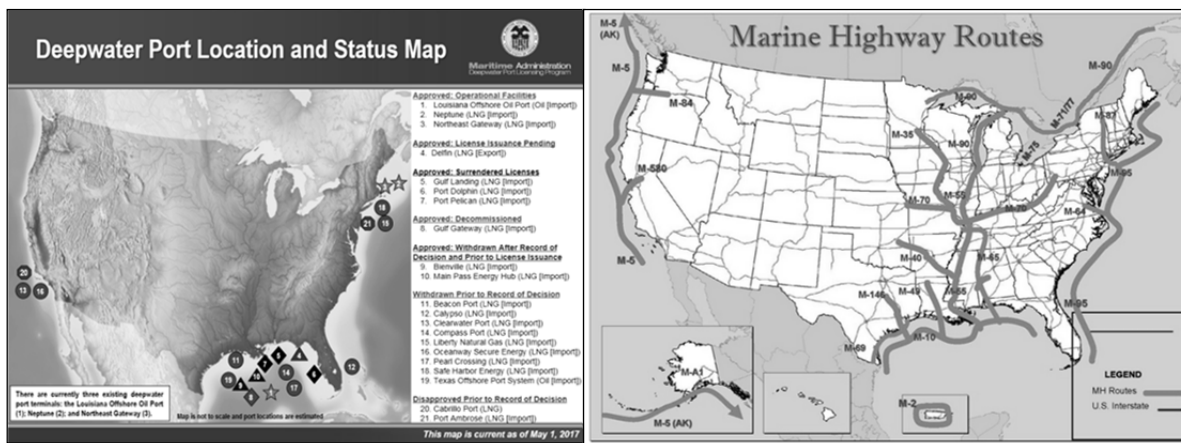


Рис. 4. Карти глибинних портів та морських шляхів морської адміністрації США



Рис. 5. Карта 25 морських портів США з рейтингом переробки контейнерних вантажів

Особливістю транспортної системи Німеччини є розвинений внутрішній водний транспорт, який здійснює 20% перевезень вантажів. Найважливіша роль належить системі Рейну, завдяки якому Рур і Південний Захід мають дешевий вихід через Нідерланди у Північне море. Рейн – одна з найзавантаженіших річок світу, на нідерландсько-німецькому кордоні щороку ним проходить близько 130 млн. т вантажів. Канал Рейн – Емс – Везер дав вихід Руру до Північного моря в межах національної території. Середньонімецький канал від Рейну до Одера перетнув країну із заходу на схід, з'єднавши всі північні річки і перетворивши їх на єдину водну систему. Збудований у 90-х роках канал Рейн – Майн – Дунай з'єднав Північне і Чорне моря та створив трансєвропейську водну магістраль.

Поромні переправи з'єднують Німеччину з Данією (о. Зеландія), Швецією і Фінляндією, а також з Литвою. Серед численних морських портів країни найбільшими є Гамбург і Бремен. Хінтерландом (нім. Hinterland – територія, що тяжіє до певного центру, порту тощо) Гамбурга є весь басейн Ельби і Одери, включаючи території Чехії і польської Сілезії. Значення Бремена підсилюють його спеціалізовані аванпорти: Вільгельмсгафен, Бремергафен, Куксгафен. Важливу роль для транспортної системи Німеччини має нідерландський порт Роттердам, хінтерландом якого є весь басейн Рейну.

Управління транспортом здійснюється **Міністерством транспорту та цифрової інфраструктури Німеччини**. До складу міністерства входять [18]:

Генеральна дирекція авіації (The Aviation Directorate-General) – займається питаннями національної та міжнародної авіаційної політики, аеропортами та безпекою повітряного транспорту. Генеральна дирекція сприяє збільшенню повітряного руху в Німеччині, забезпечує безпечну експлуатацію рухомого складу німецькими авіаперевізниками та відповідає за вирішення проблем пов'язаних із захистом навколишнього середовища. Генеральна дирекція також представляє інтереси Німеччини в міжнародних органах та організаціях.

Головне управління водних шляхів та судноплавства (The Waterways and Shipping Directorate-General) – є найвищим федеральним органом управління Федеральних водних шляхів і судноплавства, яке відповідає за технічне обслуговування та модернізацію водних шляхів. Вони складають 23000 км морських водних шляхів і 7 350 км внутрішніх водних шляхів. Іншою важливою сферою діяльності генерального директорату є участь у міжнародних організаціях, в яких вирішуються питання, що стосуються морського права.

Генеральна дирекція наземного транспорту (The Land Transport Directorate-General) відповідає за всі питання, пов'язані із залізничним та

автомобільним транспортом. Дирекція залізничних перевезень розглядає всі питання, пов'язані із залізницями, і розробляє регуляторну базу для пасажирських перевезень та інвестицій у залізничну інфраструктуру. Дирекція з питань дорожнього руху та транспорту займається такими питаннями, як отримання права на водіння, організації дорожнього руху, реєстрації транспортних засобів, включаючи пасажирський та вантажний транспорт. Одночасно дирекція розробляє та оновлює програму безпеки дорожнього руху.

Генеральна дирекція дорожнього будівництва (The Road Construction Directorate-General) несе відповідальність за збереження структурної цілісності дорожньої мережі. На сьогоднішній день це близько 12 800 км федеральних автомагістралей та близько 40 000 км автомобільних доріг. На даний момент основна увага приділяється систематичному зміцненню мостів, управлінню дорожньою мережею та модернізації існуючих доріг і будівництву нових.

Переліченими дирекціями збираються, аналізуються та зберігаються дані по кожному із видів транспорту як у вигляді баз даних так і у вигляді інтерактивних карт. Також такі дані включаються до загальних статистичних показників Європейського союзу.

Транспортна система Японії має добре розвинуті всі види транспорту, за винятком внутрішнього водного та трубопровідного, та за розмірами перевезень вантажів і пасажирів набагато перевершує транспортні системи європейських країн. У внутрішніх перевезеннях вантажів провідну роль відіграє каботажний флот, помітно зросло і значення автомобільного транспорту. Системи міського наземного транспорту оснащені системами автоматичного управління, що дозволяє обходитись без машиніста. Змінилася і структура внутрішнього пасажирообігу, в якому на перше місце вийшов автомобільний, на другому залишився залізничний, а третє посів повітряний транспорт. Зовнішні вантажоперевазень забезпечуються майже виключно морським транспортом.

Протяжність залізничних ліній Японії складає 27 182 км (18-е місце в світі) і забезпечує перевезення 23 млрд пасажирів в рік та близько 46,2 млн т (10-е місце), що становить до 1% національних перевезень. За обсягами пасажиропотоку у 380 млрд пас. км Японія лише недавно поступилася лідерством Китаю та Індії – країнам з мільярдним населенням. Не менш наочні і такі дані: кожен японець за рік у середньому проїжджає по залізниці 1900 км, тоді як француз – 1235 км, німець – 1170, росіянин – 1060, а англієць – 670 км.

Головні залізничні магістралі проходять уздовж північного і південного узбережжя о. Хонсю. Більш короткі поперечні шляхи перетинають центральну частину острова, пов'язуючи між собою берегові магістралі.

Доповненням до цієї системи виступають дороги на островах Хоккайдо, Кюсю і Сікоку. Майже всі залізничні шляхи продубльовані автомобільними магістралями і разом утворюють достатньо щільну мережу транспортних комунікацій.

Залізниці Японії мають дуже високий технічний рівень. Стандарт залізничної мережі є ширина колії 1067 мм. Швидкісна магістраль Синкансен – Тохоку має європейську колію 1435 мм і забезпечує швидкість пасажирських перевезень до 320 км/год. Швидкість перевезень звичайними залізницями – 130 км/год. Всі основні магістралі електрифіковані. Широке поширення отримали монорейкові дороги, дороги для руху поїздів на магнітній підвісці. Завдяки цьому Японія разом з Францією є світовим лідером з розвитку високошвидкісних залізниць.

Автомобільні траси зазвичай проходять паралельно залізницям, утворюючи так звані полімагістралі. Шосейні дороги Японії забезпечують дворядний, а то й багаторядний рух в обох напрямках.

В Японії важливе значення має морський транспорт, який виконує каботажні і всі зовнішньоторговельні перевезення. Морський флот Японії займає друге місце після Панами за кількістю суден (більше 2,5 тис.). Всього в країні налічується більше тисячі портів, 19 з них мають міжнародне значення, в тому числі 9 належать до категорії світових портів і мають вантажообіг понад 50 млн. т на рік та утворюють три портових комплекси.

Головний з них – Кейхин, розташований на узбережжі Токійської затоки і включає в себе чотири найбільших порти. Центральне місце в цьому комплексі займає Токіо, де побудований великий контейнерний термінал і розміщені причали для генеральних вантажів. Більше 2/3 всього вантажообігу порту Токіо припадають на каботажні перевезення, але він бере участь і в міжнародних перевезеннях. Аванпортом Токіо служить Йокогама, розташована в 30 км від столиці і пов'язана з нею судноплавним каналом. Між Токіо і Йокогама розташований порт Кавасакі, до причалів якого примикають підприємства важкої промисловості, а на протилежному березі Токійської затоки – порт Тіба, що спеціалізується в основному на нафтовантажах.

Друге місце займає портовий комплекс Ханшін, що знаходиться на березі протоки Акасі, який з'єднує Внутрішнє Японське море з Осацькою затокою. У цей комплекс входять порти Осака і Кобе. Велика частина території порту Кобе створена штучно, шляхом відсіпання ґрунту, і глибина тут сягає 12–15 м.

Третій портовий комплекс – Токай – розміщується на берегах затоки Ісе. У ньому виділяється Нагоя, причали якої мають глибину 5–15 м і пристосовані для прийому наливних, насипних і генеральних вантажів. А вивозять через

цей порт автомобілі, мінеральні добрива, метали, різне обладнання.

За рівнем розвитку повітряного транспорту Японія також знаходиться на одному з перших місць у світі і за обсягами пасажиро-обігу поступається тільки США. Найбільші в країні аеропорти знаходяться в Токіо (Ханеда, Наріта) і в Осаці. Повітряний транспорт забезпечує внутрішні і міжнародні перевезення.

Управління транспортом Японії здійснюється **Міністерством земель, інфраструктури, транспорту та туризму**, скорочено MLIT. Воно відповідає за третину всіх законів і розпоряджень у Японії і є найбільшим японським міністерством з точки зору співробітників, а також другого за величиною виконавчого органу японського уряду після Міністерства оборони [19].

Міністерство об'єднує в собі велику кількість департаментів, серед яких: **Дорожнє бюро, Бюро автомобільного транспорту, Залізничне бюро, Морське бюро, Бюро портів та гаваней, Бюро цивільної авіації**. Переліченими бюро узагальнюються, аналізуються та зберігаються дані по кожному з видів транспорту у вигляді баз даних. Доступ до інформації що зберігається в таких базах даних через мережу інтернет доволі обмежений. База даних високошвидкісних доріг Японії (відкритих для руху і тих, що ремонтуються) представлена у вигляді традиційної карти, що постійно оновлюється.

Транспортна система Австралії має своєрідну інфраструктуру. Трансавстралійською вважається лише одна залізниця завдовжки 1800 км (Порт-Пірі – Калгурлі), яка з'єднує Південь і Захід країни. Система державних залізниць тривалий час розділено підпорядковувалася різним штатам, а з 1991 р. вся система залізниць була підпорядкована Національній залізничній корпорації.

За масштабами обороту масових вантажів провідні позиції посідають порти Дампір (залізна руда), Порт-Хедленд (залізна руда), Ньюкасл (кам'яне вугілля і залізна руда) і Хей-Пойнт (кам'яне вугілля). Столиці всіх штатів розташовані на узбережжі і є вантажними портами загального типу. Мельбурн, Сідней, Брісбен і Фрімонтл (аванпорт Перта) є найбільшими портами за обсягами вантажообігу.

В Австралії існує національна система автомобільних доріг, фінансована федеральним урядом. Вона включає понад 1000 км доріг, якими можна користуватися безкоштовно. Будівництво платних доріг почалося з 1990-х років.

Розвиток повітряного транспорту в Австралії допоміг налагодити сполучення із зовнішнім світом і всередині країни. На внутрішніх авіалініях основні перевезення забезпечуються переважно компаніями "Куонтас" і "Ансетт".



Рис. 6. Інтерактивна карта вантажних автомагістралей Австралії

Управління транспортом Австралії здійснюється **Міністерством інфраструктури та регіонального розвитку**. Департамент інфраструктури та регіонального розвитку є австралійським відділом державної служби уряду Австралії, який відповідає за національну політику та програми, що сприяють, оцінюють, планують та інвестують в транспортну інфраструктуру. Департамент сприяє ефективній, стабільній, конкурентоспроможній та безпечній роботі транспортної системи. До складу департаменту відносяться: **Дирекція планування та координації інфраструктури; Дирекція транспортної безпеки; Дирекція сухопутного транспорту; Дирекція цивільної авіації та аеропортів; Дирекція морського транспорту; Адміністрація регіональних австралійських територій та регіональних програм** [20].

Переліченими дирекціями збираються, аналізуються та зберігаються дані по кожному з видів транспорту як у вигляді баз даних так і у вигляді інтерактивних карт. Інтерактивна карта що відображає транспортні потужності Австралії, залежно від обраного режиму: маршрути вантажного авто-транспорту, залізничні маршрути, місцезнаходження транспортних вузлів, місцезнаходження міст та чисельність населення наведено на рис. 6 [20].

Висновок. Проведений аналіз показує, що транспортно-розвинені країни приділяють велику увагу питанню формування інформаційно-аналітичних баз даних в сфері національного транспорту. Найбільш прогресивним представленням інформації з таких баз даних є створення інтерактивних карт на базі наявних веб-серверів географічних карт («HEPGIS», «Google Earth» та інш.), які дозволяють проводити аналіз наявної інформації та мають в розпорядженні інструменти планування транспортного процесу. Реалізація розглянутих підходів потребує

накопичення великих об'ємів систематизованої інформації про транспортні маршрути та об'єкти інфраструктури. Найбільш значимі результати на цьому шляху досягнуто Сполученими штатами Америки, що пояснюється високим рівнем розвитку геоінформаційних технологій, а також наявністю державного органу у складі Міністерства транспорту США який відповідає за збір, обробку інформації та адміністрування баз даних транспортного сектору.

На даний час робота з документування та аналізу транспортної інфраструктури України, яка проводиться Міністерством інфраструктури, не має комплексного системного підходу а отримані результати носять розрізнений характер.

Створення інформаційно-аналітичних баз даних транспортних об'єктів в Україні дозволить забезпечити державні органи доступною та актуальною інформацією про об'єкти транспортної інфраструктури; вирішення проблем підвищення її конкурентоспроможності; залучення інвестицій та підвищення транзитного потенціалу країни через відкритість та прозорість транспортного сектору; створення ефективних систем управління транспортом.

Таким чином, створення об'єднаних національних баз даних в сфері транспорту та їх функціонування на належному рівні має стати одним із основних завдань для Міністерства інфраструктури та науковців України.

Література

1. Прейгер, Д. К. Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку / Прейгер Д. К., Собкевич О. В., Смельянова О. Ю. – К. : НІСД, 2011. – 37 с.
2. Пасічник, А. М. Методологія формування логістичної транспортно-митної інфраструктури в Україні [Текст]: монографія / за ред. А. М. Пасічника. – Дніпропетровськ: УМСФ, 2016. – 168 с.

3. Чернега, О. Б. Основные структурные особенности реализации транспортно-транзитного потенциала Украины [Текст] / О. Б. Чернега, В. С. Белозубенко, А.С.Расторгуев // Вісник ХНУ. – 2008. – № 3. – С. 101–106.
4. Pasichnyk, A. Factors that influence the formation of the transport-logistics networks [Tekst] / A. Pasichnyk, I. Vitruh, V. Kutyrev // Systemy i srodki transportu samohodowego. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2013. – P. 517-526.
5. Позиція України в рейтингу країн світу за індексом глобальної конкурентоспроможності 2015-2016 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://edclub.com.ua/analitika/pozyciya-ukrayiny-v-reytingu-krayin-svitu-za-indeksom-globalnoyi-konkurentospromozhnosti-0>.
6. Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy. The International Bank for Reconstruction and Development // The World Bank. – 2016. – Washington, DC. – 64 p.
7. Пасічник, А. М. Світовий досвід створення транспортно-логістичної інфраструктури: стан та перспективи застосування в Україні [Текст] / А.М. Пасічник, В. В.Кутирев // Науково-вироб. Зб. «Вісті автомобільно-дорожнього інституту». ДНТУ, 2011. С. 121-128.
8. Міжгалузеві питання, логістика. Заключний звіт 7.2 /проєкт: Підтримка інтеграції України до Транс-Європейської транспортної мережі ТЕМ-Т/ РК7, 2010. – 50 с.
9. Міжгалузеві та прикордонні питання. Заключний звіт 7.3 / проєкт: Підтримка інтеграції України до Транс-Європейської транспортної мережі ТЕМ-Т/ РК7, 2010. – 91 с.
10. Office Federal of Lands Highway. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fhwa.dot.gov>.
11. Research & Technology. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.transportation.gov>.
12. Federal Motor Carrier Safety. U.S. Department of Transportation. Administration. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fincsa.dot.gov>.
13. Federal Railroad Administration. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fra.dot.gov>.
14. Federal Transit Administration. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.transit.dot.gov>.
15. Maritime Administration. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.marad.dot.gov>.
16. Bureau of Transportation Statistics. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bts.gov>.
16. National Transportation Library's. U.S. Department of Transportation. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ntl.bts.gov>.
17. Bundesministerium fur Verkehr und digital infrastruktur. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bmvi.de/DE/Home/home.html>.
18. Minister of Land, Infrastruktur, Transport and Tourism. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mlit.go.jp/en/kokusai/kokusai_fr1_000037.html.

19. Department of Infrastructure and Regional Development. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://infrastructure.gov.au>.

References

1. Preyher, D. K. Realizatsiya potentsialu transportnoyi infrastruktury Ukrainy v stratehiyi postkryzovoho ekonomichnoho rozvytku / Preyher D. K., Sobkevych O. V., Yemel'yanova O. YU. – K. : NISD, 2011. – 37 p.
2. Pasichnyk, A. M. Metodolohiya formuvannya lohistrychnoyi transportno-mytnoyi infrastruktury v Ukraini [Tekst]: monohrafiya / za red. A. M. Pasichnyka. – Dnipropetrovs'k: UMSF, 2016. – 168 p.
3. Chernaha, O. B. Osnovnye strukturnye osobennosti realizatsiyi transportno-tranzytnoho potentsyala Ukrainy [Tekst] / O. B. Chernaha, V. S. Belozubenko, A.S.Rastorhiev // Visnyk KHNU. – 2008. – №3. – P. 101–106.
4. Pasichnyk, A. Factors that influence the formation of the transport-logistics networks [Tekst] / A. Pasichnyk, I. Vitruh, V. Kutyrev // Systemy i srodki transportu samohodowego. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 2013. – P. 517-526.
5. Pozytyiya Ukrainy v reytynhu krayin svitu za indeksom hlobal'noyi konkurentospromozhnosti 2015-2016 [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: <http://edclub.com.ua/analitika/pozyciya-ukrayiny-v-reytingu-krayin-svitu-za-indeksom-globalnoyi-konkurentospromozhnosti-0>.
6. Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy. The International Bank for Reconstruction and Development // The World Bank. – 2016. – Washington, DC. – 64 p.
6. Pasichnyk, A. M. Svitovyy dosvid stvorennya transportno-lohistrychnoyi infrastruktury: stan ta perspektyvy zastosuvannya v Ukraini [Tekst] / A.M. Pasichnyk, V. V.Kutyryev // Naukovo-vyrob. Zb. «Visti avtomobil'no-dorozhn'oho instytutu». DNTU, 2011. P. 121-128.
7. Mizhhaluzevi pytannya, lohistryka, Zaklyuchnyy zvit 7.2 /proekt: Pidtrymka intehratsiyi Ukrainy do Trans-Yevropeys'koyi transportnoyi merezhi TYEM-T/ RK7, 2010. – 50 p.
8. Mizhhaluzevi ta prykordonni pytannya, Zaklyuchnyy zvit 7.3 / proekt: Pidtrymka intehratsiyi Ukrainy do Trans-Yevropeys'koyi transportnoyi merezhi TYEM-T/ RK7, 2010. – 91 p.
9. Office Federal of Lands Highway. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://www.transportation.gov>.
10. Research & Technology. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://www.fhwa.dot.gov>.
11. Federal Motor Carrier Safety. U.S. Department of Transportation. Administration. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <https://www.fincsa.dot.gov>.
12. Federal Railroad Administration. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://www.fra.dot.gov>.
13. Federal Transit Administration. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://www.transit.dot.gov>.
14. Maritime Administration. U.S. Department of Transportation. [Elektronnyy resurs]. Rezhym dostupu: <https://www.marad.dot.gov>.
15. Bureau of Transportation Statistics. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://bts.gov>.

16. National Transportation Library's. U.S. Department of Transportation. [Electronic resource]. Mode access: <https://ntl.bts.gov> .
17. Bundesministerium fur Verkehr und digital infrastruktur. [Electronic resource]. Mode access: <http://www.bmvi.de/DE/Home/home.html> .
18. Minister of Land, Infrastruktur, Transport and Tourism. [Electronic resource]. Mode access: http://www.mlit.go.jp/en/kokusai/kokusai_fr1_000037.html .
19. Department of Infrastructure and Regional Development. [Electronic resource]. Mode access: <https://infrastructure.gov.au> .

Пасечник А.Н., Кутырев В.В., Мирошніченко С.В. Анализ современных технологий реализации систем управления транспортной инфраструктурой

Проведен анализ опыта ведущих стран мира в вопросах применения современных геоинформационных технологий в системах управления и модернизации транспортной инфраструктуры. Показано, что основой построения таких систем является формирование информационно-аналитических баз данных по характеристике объектов транспортной инфраструктуры и транспортной статистике. Проведен анализ организационной структуры государственных органов управления функционированием транспортного комплекса в США, ФРГ, Японии и Австралии. Определены основные направления внедрения рассмотренных подходов в транспортном секторе Украины.

Ключевые слова. Транспортная инфраструктура, управление транспортом, интерактивные карты транспортных объектов.

Pasichnyk A.N, Kutyrev V.V, Miroshnichenko S.V. Analysis of modern technologies of implementation of transport infrastructure management systems

The analysis of the experience of the leading countries of the world in the application of modern geoinformation technologies in the management and modernization of transport infrastructure was carried out. It is shown that the basis for building such systems is the formation of information and analytical databases on the characteristics of transport infrastructure objects and transport statistics. The analysis of the organizational structure of the state bodies of management of the functioning of the transport complex in the USA, Germany, Japan and Australia is carried out. A systematic analysis of the transport infrastructure of railways, highways, water transport modes, as well as the airport and aviation communications system in these countries was carried out. Specific examples of representation of the characteristics of transport objects in the form of interactive maps are considered. The main directions of introduction of the considered approaches in the transport sector of Ukraine are determined.

Keywords. Transport infrastructure, transport management, interactive maps of transport objects.

Пасічник А.М. – доктор фізико-математичних наук, Університет митної справи та фінансів, Дніпро, Україна. E-mail: panukr977@gmail.com.

Кутырев В. В. – начальник сектору Донецької митниці ДФСУ, Маріуполь, Україна. E-mail: kutirevia4eslav@gmail.com.

Мірошніченко С. В. – старший інспектор енергетичної митниці ДФСУ, Полтава, Україна. E-mail: mytko86@ukr.net .

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Стаття подана 25.05.2018

УДК 004.632

ОДИН ІЗ СПОСОБІВ ДОСТУПУ ДО GOOGLE DRIVE БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ АВТОРИЗАЦІЇ

Полупан Ю.В., Полупан Є.В.

ONE OF THE WAYS OF ACCESS TO GOOGLE DRIVE WITHOUT USING THE AUTHORIZATION

Polupan J., Polupan E.

У статті наведено один із способів використання хмарних сховищ в практичних цілях. Було створено Web-застосування на основі патерну MVC на мові програмування C#, яке є засобом для отримання списку файлів загальнодоступної папки Google Drive без використання авторизації на основі Google Drive API та APIkey. Подібні застосування можуть використовувати фотоспільноти для своєї роботи.

Ключові слова: Web-застосування, Google Drive, APIkey, авторизація.

Вступ. Все більшого поширення в сучасному світі отримують хмарні технології. Ми можемо використовувати сховища різного об'єму, як платні, так і безкоштовні. Чи можемо ми їх використовувати в практичному трейдингу? У цій статті пропонується технологія обміну даними між користувачами Web-застосування через хмарні сховища.

Може виникнути питання: навіщо для цього взагалі використовувати хмарні сховища? Адже можна зберігати дані Web-застосування на хостингу у вигляді бази даних. Але, як відомо, за місце на хостингу, тобто за дисковий простір, звичайно ж, потрібно платити. Як правило, чим більше дисковий простір на хостингу, тим дорожче обходиться тарифний план. Якщо сайт приносить хороший дохід, то можна і дозволити собі такі витрати, але якщо ж дохід поки що маленький, то економити місце просто необхідно, щоб не викидати зайвих грошей. І в даному випадку прийдуть на допомогу безкоштовні хмарні сховища даних, наприклад Google Drive.

Постановка проблеми. Завдання зводиться до наступного: є Web-застосування зі структурою MVC, в представлення якого повинні виводитися файли із загальнодоступної папки Google Drive. Тобто необхідно використовувати загальнодоступну папку Google Drive для розміщення файлів (їх

перелік постійно змінюється), список яких потрібно відобразити користувачам Web-застосування, а користувачі програми, відповідно, повинні мати можливість вибрати будь-який файл і завантажити його. Так ось, цікавить питання, чи є спосіб отримати список файлів загальнодоступної папки Google Drive без використання авторизації? Або по-іншому, як отримати список файлів загальнодоступної папки Google Drive без авторизації користувача?

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Багато джерел, в тому числі і [1] говорять про те, що неможливо зробити це без перевірки автентичності. Однак можна аутентифікуватись як будь-який користувач і отримати список файлів загальнодоступної папки.

У джерелі [1] пропонується програмний код для отримання списку файлів із загальнодоступної папки але для консольного застосування. При реалізації цього коду буде отримано наступне вікно для авторизації (рис. 1):

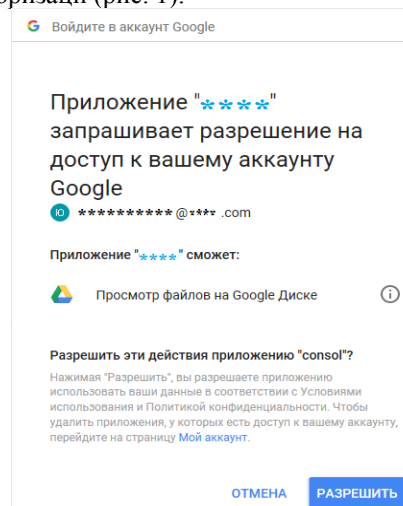


Рис. 1.

Тут і на далі у статті символ «*» використовується, щоб приховати актуальні дані проекту.

Нас це вікно не влаштовує, так як клієнти Web-застосування, по-перше, не повинні бачити облікові дані акаунту Google, які відображаються в цьому вікні; по-друге, багатьох потенційних клієнтів це вікно просто відлякає і вони не захочуть взагалі далі працювати з додатком. Тому, ми повинні обійтися без вікна входу в акаунт Google. Нижче описується один із способів того, як це зробити.

Для початку необхідно провести підготовчу роботу на стороні сервісу. Для роботи з Google Drive нам потрібен обліковий запис Google - або новий, або вже існуючий. Далі, на сайті Google переходимо в консоль розробників <https://console.developers.google.com/> (для доступу до консолі потрібно буде заново залогінитись в акаунті). Створюємо новий проект для нашого застосування на мові C #. Для цього перейдемо в панель проектів (кнопка "Вибрати проект" або гарячі клавіші "Ctrl + O"). На панелі проектів створимо новий проект (кнопка "+") (рис. 2).

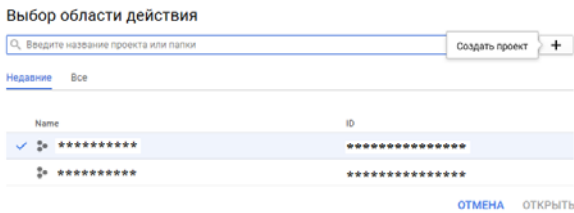


Рис. 2.

На сторінці, що відкрилася, задамо ім'я нашого проекту, погодимося з умовами використання та підтвердимо створення (рис. 3).

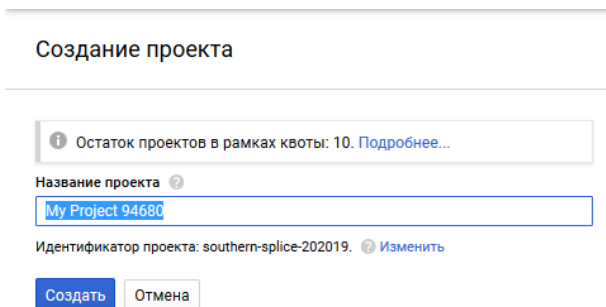


Рис. 3.

Потім в панелі проектів оберемо щойно створений проект і підключимо до нього Google Drive API. Для цього в бібліотеці API менеджера оберемо "Drive API" і активуємо вказаний API на сторінці, що відкрилася (рис. 4).

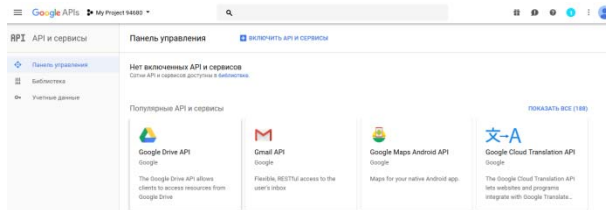


Рис. 4.

Активуємо кнопку «Включити».

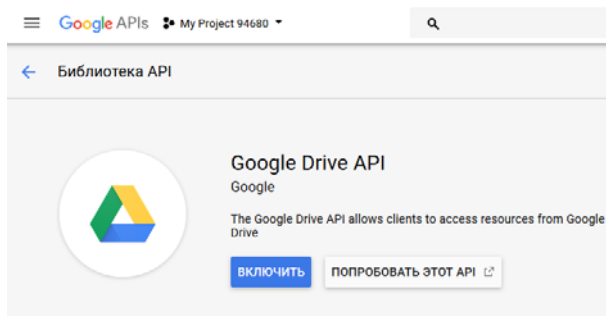


Рис. 5.

Новоявлена сторінка підкаже нам, що для використання API нам потрібні облікові дані. Їх ми і згенеруємо (кнопка "Створити") (рис. 6).

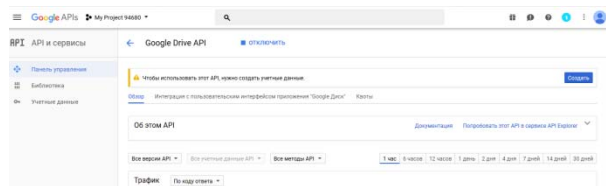


Рис. 6.

На рис. 7. активізуємо кнопку «Створити облікові дані» та обираємо «Ключ API» (рис. 8).

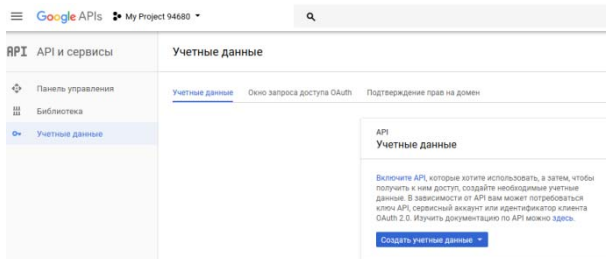


Рис. 7.

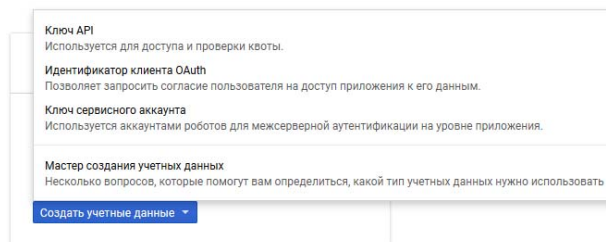


Рис. 8.

На рис. 9. представлено вікно зі згенерованим ключем, який не має обмежень, як нам і потрібно.

Ключ API создан

Чтобы подключиться к API, передайте этот ключ из приложения в качестве значения параметра: key=КЛЮЧ_API .

Ваш ключ API

⚠ Добавьте ограничения, чтобы предотвратить несанкционированное использование ключа в действующем проекте.

[ЗАКРЫТЬ](#) [ПРИМЕНИТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ КЛЮЧА](#)

Рис. 9.

На вкладці «Вікно запиту доступу OAuth» нашого проекту «My Project 94680» (рис. 10) можна всі поля залишити за замовчуванням, заповнивши лише поле "Назва програми, яке бачать користувачі". Після цього перейдемо на вкладку «Створити ідентифікатор клієнта OAuth» (рис. 8) вкажемо тип нашого застосування як "Інші типи", дамо ім'я клієнта і натиснемо кнопку "Створити" (рис. 11). У відповідь на наші дії сервіс згенерує "client ID" та "client secret" коди. Їх можна скопіювати, але в цьому немає необхідності: сервіс дає можливість завантажити їх у вигляді json файлу. Натискаємо "Ок" і потім завантажуюємо json файл з даними для доступу на локальний диск.

Учетные данные Окно запроса доступа OAuth Подтверждение прав на домен

Адрес электронной почты

Название продукта, которое видит пользователь

URL главной страницы (Необязательно)

URL логотипа продукта (Необязательно)

Так ваш логотип будут видеть пользователи. Максимальный размер: 120x120 пикселей

URL политики конфиденциальности
 Необходимо при развертывании приложения.

URL условий использования (Необязательно)

Это окно будет отображаться каждый раз, когда приложения, зарегистрированные в проекте, будут запрашивать доступ к личным данным пользователя.

Для аутентификации OAuth необходимо указать адрес электронной почты и название продукта.

Рис. 10.

← Создать идентификатор клиента

Тип приложения
 Веб-приложение
 Android Подробнее...
 Приложение Chrome Подробнее...
 iOS Подробнее...
 PlayStation 4
 Другие типы

Название

Рис. 11.

В результаті, наші облікові дані будут мати наступний вид (рис. 12):

Учетные данные

Ключи API

Имя	Дата создания	Ограничения	Ключ
Ключ API 1	23 апр. 2018 г.	Нет ограничений	*****

Идентификаторы клиентов OAuth 2.0

Имя	Дата создания	Тип	Идентификатор клиента
Другой клиент 1	23 апр. 2018 г.	Другие типы	*****

Рис. 12.

На цьому підготовчу роботу на стороні сервісу закінчено, і ми можемо приступити до написання програми. Будемо створювати Web-застосування з використанням патерну (або шаблону) MVC на мові C#.

Як Ви пам'ятаєте, для доступу до Google Drive, потрібно пройти аутентифікацію. Код для перевірки автентичності просто відображає веб-сторінку для користувача з проханням надати дозвіл на доступ до даних. Файлам Google Drive можна привласнювати різні типи прав доступу: «доступний тільки власнику», «доступний запрошеним користувачам», «доступний усім у кого є посилання» і «доступний усім в інтернеті». Якщо у документа налаштувати останній тип прав, то він потрапить в пошукову видачу Google. Усі зацікавлені користувачі зможуть його знайти і переглянути.

Якщо папка, де знаходиться файл на Google Drive має значення public, а файлу призначено тип доступу як «доступний усім в інтернеті», то немає необхідності проходити аутентифікацію. Можна отримати доступ до цього файлу програмно, використовуючи API Google-диску та загальнодоступний ключ API наступним чином [2]:

```
var services = new DriveService(new BaseClientService.Initializer() {
    Api_Key = "[API_key]",
    App_Name = "Drive_API_Example"});
```

Тепер у нас є сервіс дисків, який можна використовувати. Визначивши ID загальнодоступної папки, файли з якої необхідно вивести в представлення у формі списку, метод у контролері буде мати такий вид:

```
public ActionResult List()
{
    BaseClientService.Initializer bcs =
    new BaseClientService.Initializer();
    bcs.ApiKey = "Your_APIkey";
    bcs.ApplicationName = "App_Name";
    DriveService service = new
    DriveService(bcs);
    FilesResource.ListRequest listReq =
    service.Files.List();
    string folderID = "Your folderID";
    listReq.Q = "'" + folderID + "' in
    parents";
    listReq.PageSize = 20;
    listReq.Fields = "nextPageToken,
    files(id, name)";
```

```

        IList<Google.Apis.Drive.v3.Data.File>
files = listReq.Execute().Files;
        var files_name = new
List<string>();
        if (files != null && files.Count>0)
        {
            foreach (var f in files)
            {
                files_name.Add(f.Name);
            }
        }
        else
        {
            files_name.Add("File not found.");
        }
        ViewBag.Files_name = files_name;
        return View();
    }
}

```

Результуюче представлення може виглядати наступним чином (рис. 13):

```

@{
    ViewBag.Title = "List";
}
<table>
<tr>
<td>
<h4>Номер №</h4>
</td>
<td>
<h4> Список файлов общедоступной папки
Goolge Drive </h4>
</td>
</tr>
@{int i = 1;}
@foreach (var b in ViewBag.Files_name)
{
<tr>
<td><p>@i</p></td>
<td><p>@b</p></td>
</tr>
i++; }
</table>

```

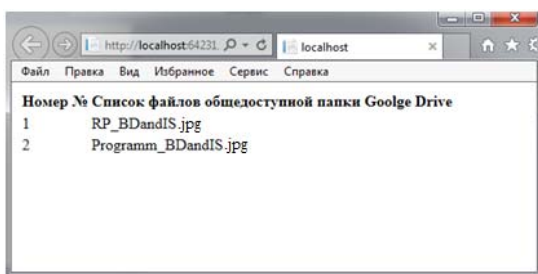


Рис. 13.



Рис. 14.

При цьому, в панелі управління Google APIs проекту My Project 94680 можна побачити трафік запитів до загальнодоступної папки Google drive (рис. 14).

Висновок. Звичайно, в статті ми не розглянули створення асинхронних запитів до Google Drive для кожного окремого користувача, так як користувачів, що одночасно звертаються до диску може бути більше одного. Але, в статті наведено один із способів використання хмарних сховищ в практичних цілях. Створено Web-застосування, яке є засобом для отримання списку файлів загальнодоступної папки Goolge Drive без використання авторизації на основі Goolge Drive API та APIkey. Далі можна доопрацювати створене представлення, щоб користувач зміг завантажити необхідний файл для подальшої роботи.

Література

1. <https://developers.google.com/drive/v3/web/quickstart/dotnet>
2. <http://www.daimto.com/google-drive-authentication-c/>

References

1. <https://developers.google.com/drive/v3/web/quickstart/dotnet>
2. <http://www.daimto.com/google-drive-authentication-c/>

Полупан Ю.В., Полупан Е.В. Один из способов доступа к Google Drive без использования авторизации.

В статье приведен один из способов использования облачных хранилищ в практических целях. Было создано Web-приложение на основе паттерна MVC на языке программирования C#, которое является средством для получения списка файлов общедоступной папки Goolge Drive без использования авторизации на основе Goolge Drive API и APIkey. Подобные приложения могут использовать фотосообществами для своей работы.

Ключевые слова: Web-приложение, Goolge Drive, APIkey, авторизация.

Polupan J., Polupan E. One of the ways of access to Google Drive without using the authorization

The article shows one of the ways to use cloud storage for practical purposes. A Web application based on the MVC pattern in the C # programming language was created, which is a tool for obtaining a list of files of the public Goolge Drive folder without using authorization based on the Google Drive API and APIkey. Such applications can be used by photo communities for their work.

Keywords: Web application, Goolge Drive, APIkey, authorization.

Полупан Ю.В. – к.т.н., доц. кафедри «Програмування та математики» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: juliy_polupan@i.ua.

Полупан С.В. – к.т.н., доц. кафедри «Залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин» СХУ ім. В. Даля, м. Северодонецьк, e-mail: iiscienceii@ukr.net.

Рецензент: д.е.н., проф. **Даніч В. М.**

УДК 629.463.027.23

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕССОРНОГО ПОДВЕШИВАНИЯ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ НАГРУЖЕННОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Рейдемейстер А. Г., Шикунов А. А.

INFLUENCE OF SPRING SUSPENSION PARAMETERS ON THE DYNAMIC LOADING OF CAST PARTS OF FREIGHT WAGON BOGIES

Reidemeister A. G., Shykunov O. A.

Приведены результаты исследования влияния основных параметров рессорного подвешивания на прочность боковой рамы трехэлементной тележки грузового вагона с использованием математической модели движения грузового вагона на трехэлементных тележках и конечно-элементной модели боковой рамы. Апробация математической модели проведена при сравнении результатов моделирования и ходовых динамических испытаний вагона модели 12-7039-01 на тележках модели 18-9836.

На первом этапе работы, при помощи математической модели колебаний вагона определены силы, действующие на боковую раму трехэлементной тележки, при различных значениях основных параметров рессорного подвешивания. В качестве варьируемых параметров приняты компоненты жесткости пружин рессорного комплекта и упругого элемента в буксовом адаптере, а также коэффициент относительного трения гасителя колебаний.

Далее, при помощи конечно-элементной модели, по результатам анализа распределения полей напряжений в боковой раме при I и III расчетном режиме, определены контрольные точки, по которым в дальнейшем проводилась оценка ее напряженного состояния. Для каждой внешней силы, действующей на раму, определены коэффициенты влияния силы на компоненты напряжений. По полученным из математической модели колебаний вагона силам и коэффициентам влияния определены напряжения в модели при различных значениях параметров рессорного подвешивания. По результатам моделирования получены зависимости амплитуды напряжений в контрольных точках от компонент жесткости пружин рессорного комплекта и упругого элемента в буксовом узле, а также от коэффициента относительного трения фрикционного гасителя колебаний.

Ключевые слова: тележка, боковая рама, динамическая нагруженность, изломы, грузовой вагон

Введение. Безопасность движения грузового вагона в значительной степени зависит от работы ходовых частей, причем эта зависимость двояка – с

одной стороны, конструкцией и параметрами тележки вообще и рессорного подвешивания в частности в значительной мере определены динамические силы взаимодействия элементов вагона друг с другом и вагона с верхним строением пути, с другой – элементы тележки, как и другие несущие элементы конструкции вагона, должны обеспечивать достаточный уровень прочности и сопротивления усталости.

Постановка Проблемы. С 2000-х годов на пространстве колеи 1520 мм отмечен рост частоты изломов боковых рам трехэлементных тележек грузовых вагонов [2, 4, 12]. Хрупкий излом одной из наиболее ответственных деталей ходовых частей вагона сильно снижает его надежность в целом.

Указывают следующие причины возникновения изломов:

1) некачественное литье, как из-за несовершенства технологии (либо из-за того, что технология в процессе изготовления не соблюдается) [5], так и из-за несоответствия материала требованиям нормативной документации [1];

2) несоответствие требований, предъявляемых к прочности элементов тележки и возникающих при ее эксплуатации нагрузок [9, 18];

3) недостаточный запас прочности боковой рамы, что особенно актуально в рамках увеличения осевой нагрузки с 23,5 тс до 25 тс, а в перспективе – до 30 тс.

Указанным обстоятельством обусловлена актуальность исследований, направленных на повышение прочности боковых рам.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ исследований, направленных на повышение надежности боковой рамы, показал, что основное внимание уделяют повышению ее прочности за счёт усиления или изменения

конструкции самой боковой рамы [11, 13, 15, 16]. При этом почти не рассматривается возможность снижения нагрузок, действующих на нее, что позволяет увеличить надежность без изменения конструкции рамы. Хотя исследования влияния изменения динамических качеств изношенных тележек на их нагруженность ведутся [6, 7, 14].

Цель статьи. Целью исследования является оценка влияния параметров рессорного комплекта на напряжения, возникающие в боковой раме трёхэлементной тележки.

Основная часть исследования. Для определения влияния сил, возникающих в эксплуатации, на напряжения в боковой раме тележки, на первом этапе исследования была разработана математическая модель движения вагона по участкам пути произвольного плана [17]. Адекватность модели проверена путем сравнения результатов моделирования движения вагона модели 12-7039-01 на тележках модели 18-9836 с результатами динамических испытаний этого вагона. В качестве иллюстрации на рисунке 1 приведены графики зависимости коэффициента вертикальной динамики от скорости движения, полученные экспериментальным и расчетным путем.

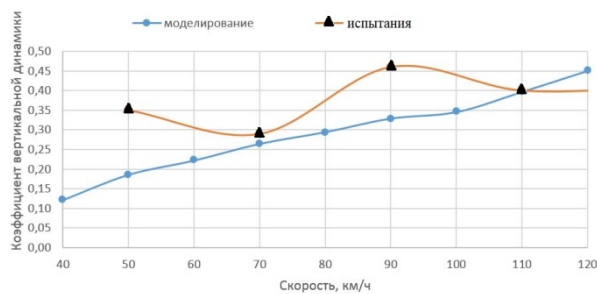


Рис. 1. Зависимость коэффициента вертикальной динамики от скорости движения для полувагона модели 12-7039-01

Нагрузки, действующие на боковую раму, возникают в местах взаимодействия ее с другими элементами трехэлементной тележки – надрессорной балкой (через пружины и фрикционные клинья рессорного подвешивания) и колесными парами (через буксы). Полные силы взаимодействия представляют собой сумму статической и динамической составляющей. Именно ее можно уменьшить за счет рационального выбора параметров ходовых частей.

При помощи созданной модели исследовано движение полувагона на тележках модели ZK1. От тележки модели 18-100 она отличается наличием упругой вставки в буксовом адаптере, диагональными связями между боковыми рамами и комплектом рессорного подвешивания из девяти двухрядных пружин с билинейной силовой характеристикой (рис. 2).

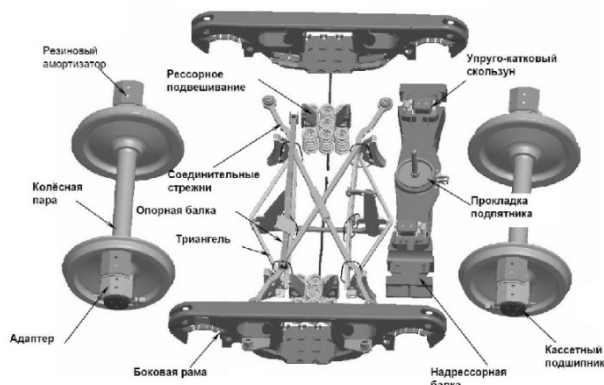


Рис. 2. Тележка модели ZK-1 [3]

Были определены силы, действующие на тележку при движении по прямым и кривым участкам со скоростью 120 км/ч и различных значениях параметров рессорного подвешивания.

В качестве варьируемых параметров были приняты компоненты жесткости комплекта рессорного подвешивания и упругой вставки в буксовом узле, а также коэффициент относительного трения фрикционного гасителя колебаний. Параметры изменяли в диапазоне 30% в обе стороны от номинальных. На рисунках 3-5 приведены зависимости сил, действующих на боковую раму от рассматриваемых параметров.

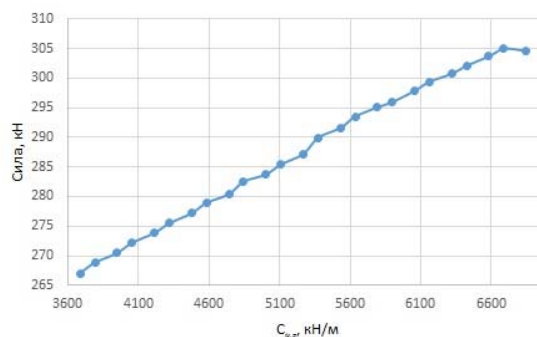


Рис. 3. Зависимость вертикальной силы в рессорном комплекте от его жесткости в вертикальном направлении $C_{u,z}$

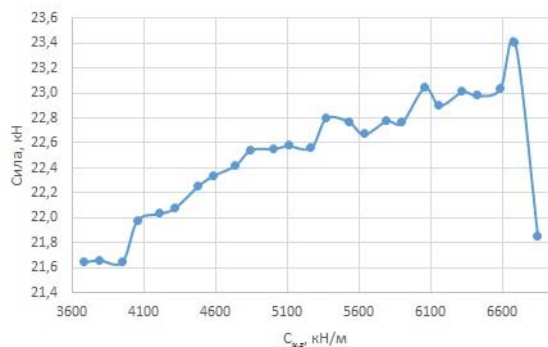


Рис. 4. Зависимость горизонтальной силы в рессорном комплекте от его жесткости в вертикальном направлении $C_{u,z}$

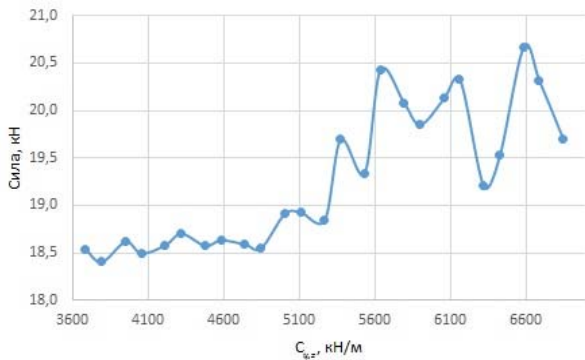


Рис. 5 Зависимость вертикальной силы в буксовом узле от жесткости рессорного комплекта в вертикальном направлении $C_{u,z}$

Для оценки влияния динамических нагрузок на напряжения в боковой раме разработана ее конечно-элементная модель. Применены объемные 10-узловые элементы с характерным размером ребра 30 мм. Размеры элементов варьируются по объему модели и уменьшаются в местах наличия отверстий, радиусных переходов и других возможных концентраторов напряжений.

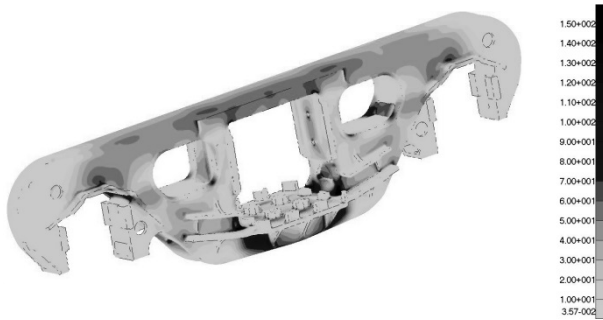


Рис. 6. Распределение напряжений в боковой раме при III расчетном режиме, МПа

К модели были приложены силы, соответствующие I и III расчетному режиму [8], и определены места возникновения максимальных напряжений. На рисунке 6 хорошо видны сильно нагруженные области в районе нижнего угла центрального рессорного приёма, на нижнем поясе, в углу буксового приёма и в районе технологического окна.

Для последующей оценки влияния параметров рессорного комплекта на напряжения в боковой раме, на основании полученных результатов и требований [10], выбраны 27 точек (рис. 7).

Для дальнейшего исследования были определены коэффициенты чувствительности тензоров напряжений к внешним нагрузкам, действующим на боковую раму. Для этого к местам взаимодействия рамы с рессорным комплектом и опирания на буксовый узел были последовательно приложены единичные силы, действующие в трех направлениях и уравновешенные силами инерции, распределенными по объему боковой рамы.

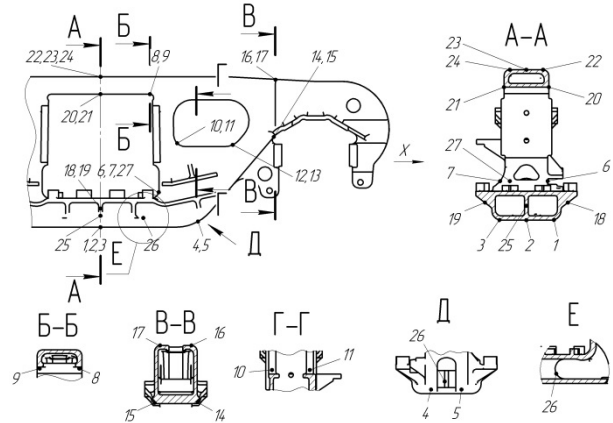


Рис. 7. Контрольные точки

Затем на основании полученных результатов – динамических сил, возникающих при движении по участкам пути различного очертания, и коэффициентов чувствительности – найдены значения напряжений в контрольных точках при различных параметрах ходовых частей.

На рисунках 8 и 9 представлены зависимости амплитуды напряжений в нижнем поясе (точка 1) и углу буксового проема от вертикальной жесткости пружин центрального рессорного проема.

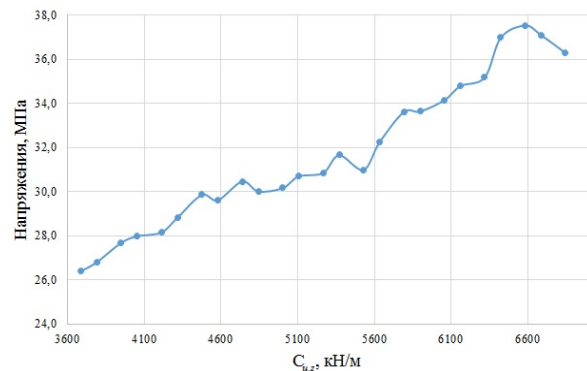


Рис. 8. Амплитуда напряжений в нижнем поясе (точка 1)

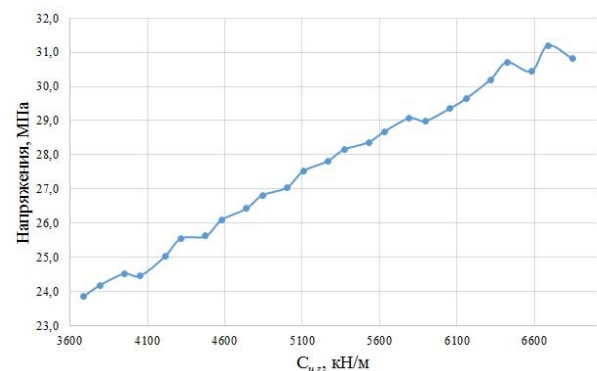


Рис. 9. Амплитуда напряжений во внутреннем углу буксового проема (точка 15)

В таблице 1 приведены точки с максимальными изменениями амплитуд напряжений от отдельных параметров рессорного подвешивания. В таблице 2 приведены изменения амплитуд напряжений в точках с максимальными значениями напряжений при действии нагрузок по I и III расчетному режиму. В таблице приняты обозначения:

$C_{i,j}$ – компоненты жесткости упругого элемента;

k – коэффициент относительного трения гасителя колебаний;

i – место установки упругого элемента;

b – буксовый узел;

ζ – центральный рессорный проем;

j – направления x , y или z .

Как видно из таблиц, наибольшее влияние на амплитуды напряжений в боковой раме оказывают параметры центрального рессорного комплекта – горизонтальная жесткость на нижний пояс и технологическое окно, вертикальная жесткость и коэффициент относительного трения на все приведенные точки. Параметры жесткости буксовой ступени оказывают на раму меньшее воздействие, при этом наименьшее воздействие оказывает продольная жесткость буксовой ступени.

Выводы.

1. Напряжения в боковой раме зависят от всех компонент жесткости центральной ступени подвешивания и только от поперечной и вертикальной жесткости в буксовой ступени подвешивания, а также от характеристик гасителя колебаний.
2. Чувствительность напряжений к параметрам рессорного комплекта низкая, но она вполне ощутимо влияет на сопротивление усталости и срок службы боковой рамы (при принятом в нормативной документации показателе кривой усталости $m=4$, уменьшение напряжений на 10% влечет увеличение срока службы в 1.46 раза)
3. Приведенные в статье результаты исследования могут быть использованы при подборе оптимальных параметров рессорного подвешивания трехэлементной тележки для повышения долговечности ее элементов. Наличие в буксовом узле упругих элементов, работающих в поперечном и вертикальном направлениях, положительно сказывается на напряженно-деформированном состоянии боковой рамы тележки.

Таблица 1

Точки максимального изменения амплитуды напряжений

Параметр рессорного подвешивания	№ точки	Расположение точки	Изменение амплитуды напряжений %
$C_{b,x}$	26	Усиливающее ребро в нижнем поясе	9
$C_{b,y}$	12	Наружный угол технологического окна	15
$C_{b,z}$	26	Усиливающее ребро в нижнем поясе	13
$C_{\zeta,xy}$	18	Ребро усиления на нижнем поясе	57
$C_{\zeta,z}$	2	Нижний пояс	53
k	19	Ребро усиления на нижнем поясе	58

Таблица 2

Изменения амплитуды напряжений в характерных точках

№ точки	Расположение точки	Изменение амплитуды напряжений %					
		$C_{b,x}$	$C_{b,y}$	$C_{b,z}$	$C_{\zeta,xy}$	$C_{\zeta,z}$	k
1, 2, 3, 25, 26	Нижний пояс	1-9 (26)*	2-14 (26)	7-13 (26)	8-45 (1)	31-53 (2)	24-51 (1, 3)
6,7,27	Нижний угол центрального рессорного проема	2-4 (7)	3-10 (7)	4-9 (6)	4-21 (7)	26-53 (6)	14-32 (7)
12, 13	Наружный угол технологического окна	4-6 (11)	9-15 (12)	6-9 (12)	18-36 (11)	22-40 (12)	25-51 (12)
14, 15	Внутренний угол буксового проема, зона r55	1-7 (14)	3-12 (14)	5-8 (14)	12-26 (14)	26-47 (15)	19-47 (15)

* – в скобках приведены номера точек с максимальным изменением амплитуды

Л и т е р а т у р а

1. Волченков, Н. Стальное литье и методы повышения качества [Электронный ресурс] / Н. Волченков, В. Моисеенков, Е. Сургаева // ИИС "Металлоснабжение и сбыт". – 2011. – Режим доступа: <http://www.metalinfo.ru/ru/news/49443>, свободный. – Загл. с экрана. – Проверено: 22.08.2016.
2. Демин, Р. О разрушениях рам тележек грузовых вагонов [Электронный ресурс] / Р. Демин // Магистраль – 22.02.2012 – Режим доступа: <http://www.magistral-uz.com.ua/articles/o-razrushenijah-ram-telezhok-gruzovyh-vagonov.html> – Загл. с экрана. – Проверено: 20.12.2016.
3. Динамические качества грузовых вагонов, имеющих тележки с диагональными связями [Текст] / Е.П. Блохин, К.Т. Алпысбаев, Р.Б. Грановский [и др.] // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – № 5, ч. 1. – С. 12-16.
4. Ишмухамметов, Ф. Рамы грузовых тележек продолжают ломаться [Электронный ресурс] / Ф. Ишмухамметов // Коммерсант.ru – 03.03.2014 – Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/2421946> – Загл. с экрана. – Проверено: 20.12.2016.
5. Конькова, Т.Е. О путях повышения эксплуатационной надежности стальных литых деталей тележек грузовых вагонов [Текст] / Т. Е. Конькова, В. Б. Беловодский, А. В. Великанов // Вестник ВНИИЖТ. – 2009. – № 1. – С. 22 – 26.
6. Мурадян Л. А. Залежність величини зносу пари тертя «п'ятник-підп'ятник» від пробігу вантажного вагона [Текст] / Л. А. Мурадян, Д. О. Подосьонов, В. Ю. Шапошник // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2017.– № 6 (72). – С. 61-69.
7. Мямлін, С. В. Технічний стан ковзунів як один із факторів впливу на динаміку вантажних вагонів [Текст] / С. В. Мямлін, Л. О. Недужа, А. О. Швець // Зб. наук. праць ДонІЗТ. ISSN 1993-5579. – 2013. – Вип. 35. – С. 65-72.
8. Національний стандарт України ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних); надано чинності 2014-01-02 К.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 162 с.
9. Определение параметров пространственного нагружения литых деталей тележки 18-9855 при проведении стендовых испытаний [Текст] / Д.В. Шевченко, Т.С. Куклин, А.М. Орлова, Р.А. Савушкин, С.В. Дмитриев, А.В. Белякин // Техника железных дорог. – М., 2016. Вып. 1 (33). – С. 68-74.
10. РД 24.050.37.95 «Вагоны грузовые и пассажирские - Методы испытания на прочность и ходовые качества». – М. : ГосНИИВ, 1995.
11. Рейдемейстер, А. Г. Способы увеличения прочности боковых рам трехэлементных тележек [Текст] / А. Г. Рейдемейстер, А. А. Шикунов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. – 2015. – №. 5 (59). – С. 141-149.
12. Шупелов, Н. Анализ изломов боковых рам (2006 ÷ 2014 гг.) [Электронный ресурс] / Н. Шупелов// MyShared. – Режим доступа: <http://www.myshared.ru/slide/992141/> – Загл. с экрана. – Проверено: 20.12.2016.
13. Kim, J. H. Optimum design on suspension joint parts of GFRP composite bogie frame with H-shaped side beams for urban railway trains [Text] / J. H. Kim, K. B. Shin, J. S. Kim // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2012. – Vol. 13. №. 1. – P. 71-76.
14. Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars [Текст]/ S. Myamlin, O. Lunys, L. Neduzha, O. Kyryl'chuk // Proc. of 21st Intern. Scientific Conf. «Transport Means. 2017». – Kaunas. – 2017. – P. 973-976.
15. Park, B. H. Bogie frame design in consideration of fatigue strength and weight reduction [Text] / B. H. Park, K. Yo. Lee // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2006. – Vol. 220. №. 3. – P. 201-206.
16. Park, B. H. Optimum design of tilting bogie frame in consideration of fatigue strength and weight [Text] / B. H. Park, N. P. Kim, Ju. S. Kim, K. Yo. Lee // Vehicle System Dynamics. 2006. – Vol. 44. №. 12. – P. 887-901.
17. Reidemeister O. H., Kalashnyk V. O., Shygunov O. A. Method of Constructing the Dynamic Model of Movement of the Multi-Mass System //Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2017. – №. 5 (71). – С. 99-106.
18. Shygunov, O. A. Three-element bogie side frame strength [Text] / O. A. Shygunov // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. 2017. – №. 1 (67). – P. 183-193.

R e f e r e n c e

1. Volchenkov, N. Steel Casting and Methods of Improving Quality [Electronic resource] / N. Volchenkov, V. Moiseenkov, E. Surgaeva // IIS "Metal Supply and Sales". – 2011. – Access mode: <http://www.metalinfo.ru/en/news/49443>, free. – Title from the screen. – Checked on: 08/22/2012.
2. Demin, R. On the destruction of the frames of trolleys of freight cars [Electronic resource] / R. Demin // Magistral – 22.02.2012 – Access mode: <http://www.magistral-uz.com.ua/articles/o-razrushenijah-ram-telezhok-gruzovyh-vagonov.html> – Title from the screen. – Checked on: 12/20/2016.
3. Dynamic qualities of freight wagons having trolleys with diagonal links [Text] / E.П. Blokhin, K.Т. Alpybaev, R.В. Granovsky [and others] // News of the East Ukrainian National University Volodymyr Dahl. – 2012. – № 5, part 1. – P. 12-16.
4. Ishmuhammetov, F. The frames of the trucks continue to break [Electronic resource] / F. Ishmuhammetov // Kommersant.ru – 03/03/2014 – Access mode: <http://www.kommersant.ru/doc/2421946> – Title from the screen. – Checked on: 12/20/2016.
5. Konkova, T.E. About ways of increase of operational reliability of steel cast parts of carriages of freight cars [Text] / T.E. Konkova, V.B. Belovodsky, A.V. Velikanov // VNIIZhT Bulletin. – 2009. – No. 1. – P. 22 - 26.
6. Muradyan L.A. The chargeability of the magnitude of the word "couple-pyatnik-pidpyatnik" for the test of the wagon [Text] / L.A. Muradyan, D.O. Podsonov, V. Yu. Shaposhnik // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2017.– No.6 (72). – P. 61-69.
7. Myamlin, S. V. Technical condition of sliders as one of the factors influencing the dynamics of freight cars [Text] / S.V. Miamlin, L.O. Nedouzh, A.O. Shvets // Sb. sciences works DonIZT. ISSN 1993-5579. – 2013. – Issue 35. – P. 65-72.
8. National standard of Ukraine DSTU 7598: 2014. Freight cars. General requirements for calculations and designing of new and upgraded railroad weights of 1520 mm (non-self propelled); Enforced 04/01/2014: State Enterprise "UkrNDCs", 2017. – 162 with.

9. Determination of the parameters of the spatial loading of the cast parts of the trolley 18-9855 when carrying out bench tests [Text] / D.V. Shevchenko, T.S. Kuklin, A.M. Orlova, R.A. Savushkin, S.V. Dmitriev, A.V. Belyankin // Technique of railways. – M., 2016. Issue. 1 (33). – P. 68-74.
10. RD 24.050.37.95 "Freight and passenger cars – Test methods for strength and driving performance". – M.: GosNIIV, 1995.
11. Reidemeister, A.G. Methods of increasing the strength of side frames of three-element trolleys [Text] / A.G. Reidemeister, A.A. Shykunov // Science and progress of transport. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport. – 2015. – No. 5 (59). – P. 141-149.
12. Shupelov, N. Analysis of fractures of side frames (2006 ÷ 2014) [Electronic resource] / N. Shupelov // MyShared. – Access mode: <http://www.myshared.ru/slide/992141/> – Title from the screen. – Checked out: 12/20/2016.
13. Kim, J. H. Optimum design on suspension joint parts of GFRP composite bogie frame with H-shaped side beams for urban railway trains [Text] / J. H. Kim, K. B. Shin, J. S. Kim // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 2012. – Vol. 13. №. 1. – P. 71-76.
14. Mathematical Modeling of Dynamic Loading of Cassette Bearings for Freight Cars [Текст] / S. Myamlin, O. Lunys, L. Neduzha, O. Kyryl'chuk // Proc. of 21st Intern. Scientific Conf. «Transport Means. 2017». – Kaunas. – 2017. – P. 973-976.
15. Park, B. H. Bogie frame design in consideration of fatigue strength and weight reduction [Text] / B. H. Park, K. Yo. Lee // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2006. – Vol. 220. №. 3. – P. 201-206.
16. Park, B. H. Optimum design of tilting bogie frame in consideration of fatigue strength and weight [Text] / B. H. Park, N. P. Kim, Ju. S. Kim, K. Yo. Lee // Vehicle System Dynamics. 2006. – Vol. 44. №. 12. – P. 887-901.
17. Reidemeister, O. H. Method of Constructing the Dynamic Model of Movement of the Multi-Mass System /, O.H. Reidemeister, V. O. Kalashnyk, O. A. Shykunov // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. – 2017. – №. 5 (71). – C. 99-106.
18. Shykunov, O. A. Three-element bogie side frame strength [Text] / O. A. Shykunov // Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport. 2017. – №. 1 (67). – P. 183-193.

Рейдемейстер О. Г., Шикунів О. А. Вплив параметрів ресорного підвищення на динамічну навантаженість литих деталей візків вантажних вагонів

Наведено результати дослідження впливу основних параметрів ресорного підвищення на міцність бічної рами трьохелементного візка вантажного вагона з використанням математичної моделі руху вантажного вагона на трьохелементних візках і скінченно-елементної моделі бічної рами. Апробація математичної моделі проведена при порівнянні результатів моделювання і ходових динамічних випробувань вагона моделі 12-7039-01 на візках моделі 18-9836.

На першому етапі роботи, за допомогою математичної моделі коливань вагона визначено сили, що діють на бічну раму трьохелементного візка, при різних значеннях основних параметрів ресорного підвищення. В якості параметрів, що варіюються прийняті компоненти жорсткості пружин ресорного комплексу і пружного

елемента в буксовому адаптері, а також коефіцієнт відносного тертя гасника коливань.

Далі, за допомогою скінченно-елементної моделі, за результатами аналізу розподілу полів напружень в бічній рамі при I і III розрахунковому режимі, визначені контрольні точки, за якими в подальшому проводилася оцінка її напруженого стану. Для кожної зовнішньої сили, що діє на раму, визначені коефіцієнти впливу на компоненти напружень.

За отриманими з математичної моделі коливань вагона силами і коефіцієнтами впливу визначені напруження в моделі, при різних значеннях параметрів ресорного підвищення. За результатами моделювання отримано залежності амплітуди напружень в контрольних точках від компонент жорсткості пружин ресорного комплексу і пружного елемента в буксовому вузлі, а також від коефіцієнта відносного тертя фрикційного гасителя коливань.

Ключові слова: візок, бічна рама, динамічна навантаженість, злами, вантажний вагон.

Reidemeister A. G., Shykunov O. A., Influence of spring suspension parameters on the dynamic loading of cast parts of freight wagon bogies

The results of a study of the influence of spring suspension parameters on the strength of the side frame of a three-piece bogie for freight cars are presented. These results are obtained with using the mathematical model of the freight car movement and the finite element model of the side frame. The approbation of the mathematical model was carried out by comparison the results of modeling and running dynamic tests of the car model 12-7039-01 on the bogies model 18-9836.

With the mathematical model of the wagon oscillations the forces acting on the lateral frame of the three-element bogie are determined for different values of spring suspension parameters. The stiffness of the spring suspension and the stiffness of the elastic axlebox as well as coefficient of relative friction of the wedge dampers are considered as variable parameters.

Further the control points were determined on the basis of stress field calculation with the finite element model of the side frame. For each external force acting on the frame, the coefficients of influence on stress in control points are determined.

The stresses in the frame for various values of the spring suspension parameters are determined.

Keywords: bogie, side frame, dynamic loading, kinks, freight car

Рейдемейстер Олександр Геннадійович – к.т.н, доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. E-mail: reidemeister.a@gmail.com, ORCID 0000-0001-7490-7180

Шикунів Олександр Анатолійович – асистент кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. E-mail: tri_s@ua.fm, ORCID 0000-0002-8256-2634

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Стаття подана 15.06.2018

УДК 541.127: 542.943

ВПЛИВ НАДЛИШКУ ОСАДЖУВАЧА НА ОЧИЩЕННЯ Cr^{6+} ВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Шорохов М.М., Суворін О.В., Казаков В.В., Ожередова М.А.

INFLUENCE OF THE PRECIPITATOR ON THE PURIFICATION OF Cr^{6+} -CONTAINING WASTE WATER FROM INDUSTRIAL FACTORIES

Shorokhov M.N., Suvorin O.V., Kazakov V.V., Ozheredova M.A.

Досліджено вплив надлику та надлишку осаджувачів на ступінь очищення стічних вод промислових підприємств, які містять Cr^{6+} . Показана можливість досягнення залишкових концентрацій Cr^{6+} в очищеній воді на рівні ГДК. Використання значних надлишків розчинів BaCl_2 та $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ призводить до збільшення концентрацій побічних продуктів реакцій, що викликає необхідність додаткового очищення вод. Встановлено, що найбільш ефективним осаджувачем іонів Cr^{6+} з стічних вод є водний розчин $\text{Ba}(\text{OH})_2$, а його надлишок – 30-50% від стехіометрично необхідного.

Ключеві слова: хромової кислота, осаджувач, надлишок, нейтралізація, залишкова концентрація, рівень ГДК.

Постановка проблеми. Сполуки шестивалентного хрому широко використовуються в сучасній промисловості. На сьогодні найважливішою сферою застосування цих сполук залишаються гальванічні виробництва, а саме, процеси хромування, хроматування, хімічного оксидування, хімічного травлення і пасивації різних металів і сплавів, травлення пластиків перед металізацією. Всі ці виробництва передбачають неминуче утворення великої кількості хромвмісних стічних вод: як відпрацьованих електролітів, так і промивних вод.

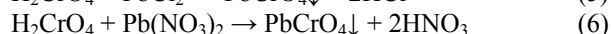
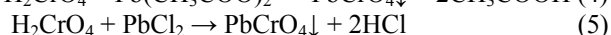
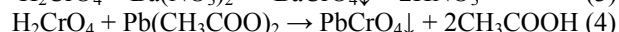
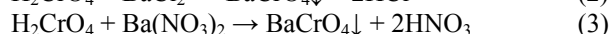
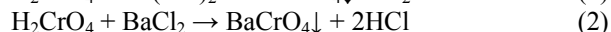
Всі сполуки Cr^{6+} токсичні й канцерогенні. В повітрі ГДК Cr^{6+} в перерахунку на CrO_3 становить від 0,01 до 5 мг/м³ в залежності від хромвмісної речовини [1]. Лімітуючий показник шкідливості для хрому - санітарно-токсикологічний, клас небезпеки - 3. У водопровідній воді (в окислювальних умовах) і особливо при обробці води такими реагентами як хлор і озон порівняно малотоксичний тривалентний хром окислюється в більш токсичний шестивалентний.

Для очищення водних розчинів від сполук Cr^{6+} використовується багато методів, в основі яких лежать різні фізико-хімічні процеси [2]. В даний час ці методи поділяють наступним чином: реагентний, електрокоагуляційний, гальванокоагуляційний,

іонообмінний, електро-флотажний, електродіаліз, зворотньоосмотичний і ультрафільтраційний, рідинної екстракції, дозованого випарювання, біологічний і ін.

Всі ці методи мають свої переваги та недоліки. Найбільш поширений на сьогодні реагентний метод вимагає використання великої кількості, часто дорогих, реактивів. В якості кінцевого продукту він дає, як правило, неліквідний шлам і стічні води з підвищеним солевмістом, а досягнення залишкової концентрації Cr^{6+} на рівні санітарних вимог – ускладнене [2, 4, 5].

Однак, незважаючи на перераховані недоліки, реагентний метод знешкодження стічних вод, що містять хром (VI) не втратив своєї актуальності. Так, наприклад, якщо в якості осаджувача використовувати водні розчини сполук Ba^{2+} ($\text{Ba}(\text{OH})_2$, BaCl_2 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ та інші водорозчинні сполуки) або водорозчинних сполуки Pb^{2+} ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, PbCl_2 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ та ін.), то в результаті реакцій отримаємо важкорозчинні хромати барію або свинцю.



У таблиці наведено значення залишкових концентрацій CrO_3 , отримані розрахунком з відомих значень добуток розчинності (ДР) при температурах 18÷25°C [5, 6] і які принципово можуть бути досягнуті при осадженні відповідними осаджувачами без врахування мольного співвідношення «осаджувач: $\text{Cr}(\text{VI})$ та наявності побічних продуктів реакцій (1 – 6). Використання солей Ba^{2+} (BaCl_2 або $\text{Ba}(\text{OH})_2$) для осадження хромат-іона дозволяє

отримати залишкову концентрацію CrO_3 , яка приблизно в 13 разів вище значення ГДК для водойм (0,1 мг/л) [1]. При цьому концентрація Ba^{2+} менше ГДК для водойм (4 мг/л) в 2,3 рази.

Таблиця 1
Досяжні значення залишкових концентрацій CrO_3^-

Речовина, що осаджується	ДР	Остаточна концентрація, мг/л		
		CrO_3	Ba^{2+}	Pb^{2+}
BaCrO_4	$1,6 \cdot 10^{-10}$	1,26	1,74	-
PbCrO_4	$1,77 \cdot 10^{-14}$	0,013	-	0,028

При використанні для осадження хромат-іона солей Pb^{2+} залишкова концентрація CrO_3 нижче за значення ГДК в 7,7 разів. До того ж, концентрація Pb^{2+} знаходиться на рівні ГДК для водойм (0,03 мг/л) [1].

Мета. Для перевірки отриманих теоретичних результатів в даній роботі були проведені експериментальні дослідження щодо можливості досягнення зазначених залишкових концентрацій аніонів та катіонів при осадженні іонів CrO_4^{2-} водними розчинами солей $\text{Ba}(\text{OH})_2$, BaCl_2 та $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

Матеріали та результати дослідження. Експерименти проводили з модельними розчинами, які містять H_2CrO_4 з концентрацією 0,02% мас (97 мг/л $\text{Cr}(\text{VI})$), тобто з такою концентрацією, яка зазвичай існує в промислових водах електрохімічних виробництв. Як осаджувачі використовували близькі до насичених при 25°C водні розчини $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (4,7 % мас), BaCl_2 (27,2% мас) та $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (29,8% мас). Експерименти проводили при температурі 23 – 25°C. Після додавання до розчину H_2CrO_4 заданої кількості розчину осаджувача (від 50% недоліку до стехіометрично необхідної кількості до 3-ри кратного надлишку), отримані суспензії відстоювали та аналізували їх на

вміст залишкових концентрації катіонів та аніонів за відомими методиками [7].

Результати виміру залишкової концентрації $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеній воді та розрахунку ступеня очищення в залежності від кількості подаваного осаджувача представлені на рис. 1 а, б.

Наведені дані свідчать, що остаточна концентрація $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеній воді на рівні 0,107 мг/л (при ГДК 0,1 мг/л) і ступень очищення води від $\text{Cr}(\text{VI})$ на рівні 99,89% досягаються при 20%-му надлишку, над стехіометрично необхідної кількості, розчину $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$. Близькі концентрації $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеній воді та ступені очищення досягаються при використанні як осаджувач також розчину $\text{Ba}(\text{OH})_2$, але при його надлишку вже в 30 - 50%. При використанні як осаджувач розчину BaCl_2 ступень очищення води від $\text{Cr}(\text{VI})$ не перевищує 94,1% при використанні й 3 – 3,5 – разового надлишку розчину осаджувача. При цьому залишкова концентрація $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеній воді перевищує 5,7 мг/л, що, приблизно, в 60 разів більше норма ГДК.

Як свідчать дані рис. 2а, при використанні як осаджувач 20%-го надлишку розчину $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, при якому досягається залишкова концентрація $\text{Cr}(\text{VI})$ на рівні ГДК, а залишкова концентрація CH_3COOH в очищеному розчині становить 16,5 мг/л, що перевищує рівень ГДК (0,2 мг/л) майже у 82 рази. При цьому залишкова концентрація $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ становить 158 мг/л, що 5300 разів перевищує рівень ГДК (0,03 мг/л в перерахунку на Pb^{2+}).

При стехіометричному співвідношенні Pb^{2+} : Cr^{6+} залишкова концентрація $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеному розчині становить 0,6 мг/л, що перевищує значення ГДК в 6 разів, а концентрація $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ – 5,6 мг/л, що перевищує рівень ГДК майже в 160 разів. Тобто, такі розчини потребують додаткової очистки від сполук свинцю (II).

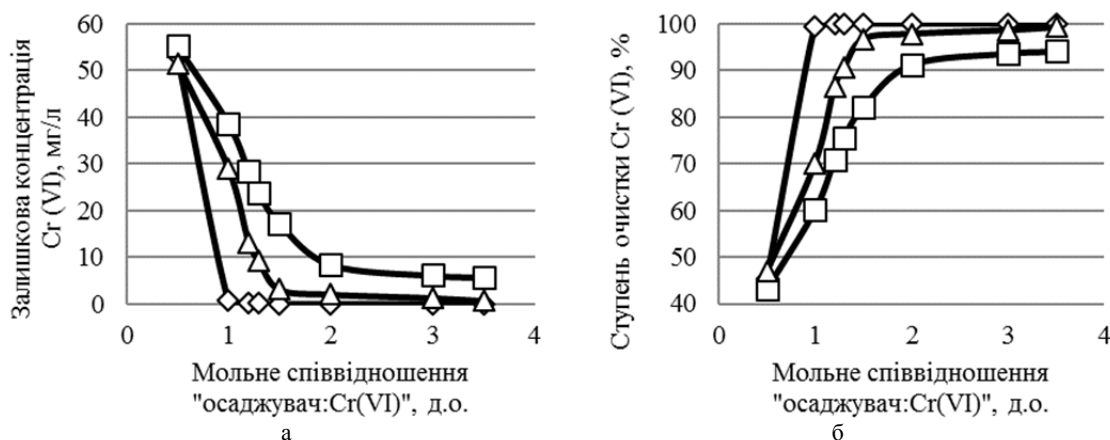


Рис. 1. Вплив мольного співвідношення «осаджувач:Cr(VI)» на залишкову концентрацію $\text{Cr}(\text{VI})$ в очищеній воді (а) та ступінь очищення (б) при використанні як осаджувач розчинів:

□ – BaCl_2 , Δ – $\text{Ba}(\text{OH})_2$, ◇ – $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$.

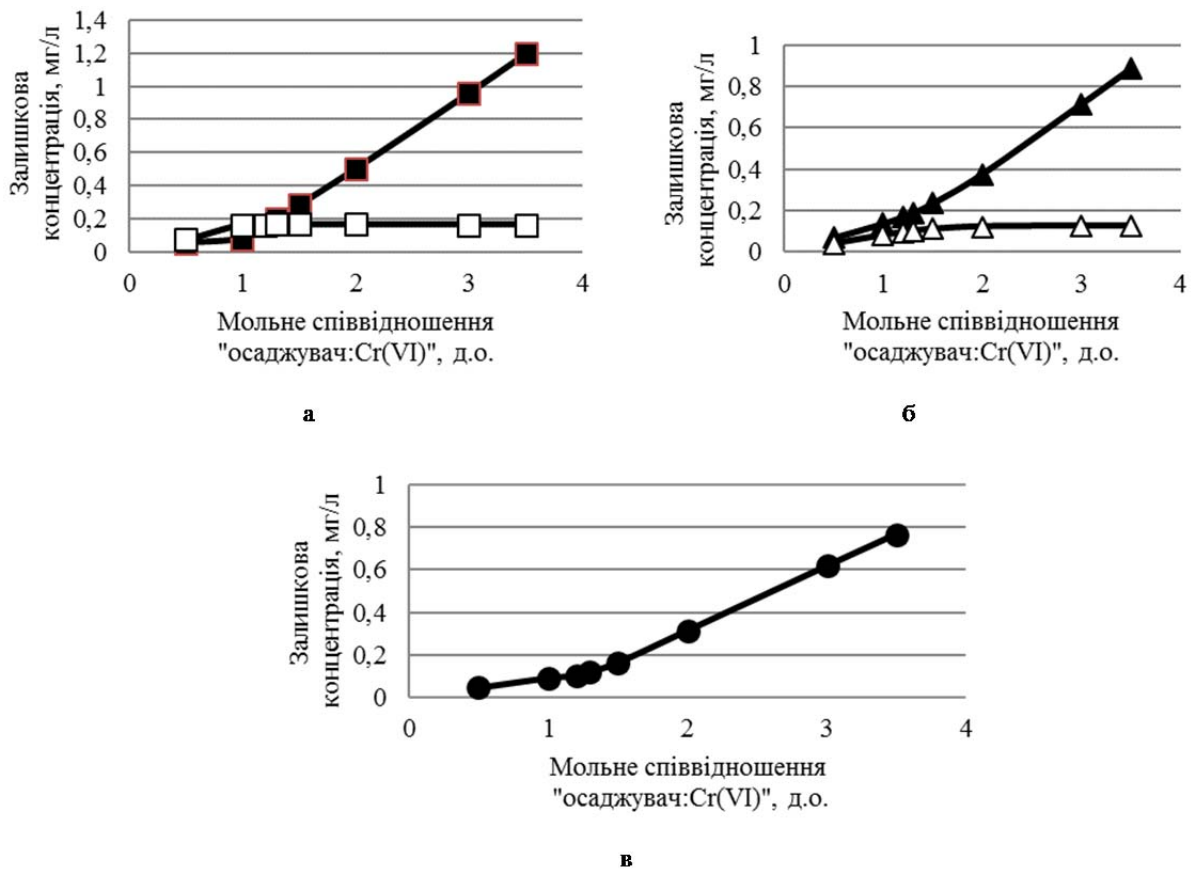


Рис. 2. Залежність залишкової концентрації речовин від мольного співвідношення «осаджувач:Cr(VI)» після очищення води від Cr(VI) при використанні як осаджувач: а – розчин Pb(CH₃COO)₂, б – розчин BaCl₂, в – розчин Ba(OH)₂.
Вміст речовин: ■ - Pb(CH₃COO)₂, □ - CH₃COOH, ▲ - BaCl₂, Δ - HCl, ● - Ba(OH)₂.

При 3-ри разовому надлишку розчину BaCl₂, залишкова концентрація Ba²⁺ становить 71,4 мг/л, що майже в 18 разів перевищує рівень ГДК (4 мг/л), а концентрація Cr⁶⁺ нижча в 23 рази (ГДК=300 мг/л). Однак, при цьому далека від значень ГДК залишкова концентрація Cr(VI).

При використанні як осаджувач розчину Ba(OH)₂ з надлишком над стехіометрично необхідною кількістю 50% для досягнення залишкової концентрації Cr(VI) на рівні ГДК, залишкова концентрація Ba²⁺ знаходиться на рівні 16,5 мг/л, що лише в 4 рази вище за рівень ГДК.

Недостатній ступень вилучення з водних розчинів Cr(VI) при використанні як осаджувач розчину BaCl₂ у всьому досліджуваному діапазоні надлишку, а також наявність значної залишкової концентрації іонів Pb²⁺ при використанні як осаджувач розчину Pb(CH₃COO)₂ є результатом негативного впливу кислотності утвореного середовища (рис. 3) [8].

Наявність лужного середовища, яке вже спостерігається при надлишку розчину Ba(OH)₂ в 50% сприяє зменшенню залишкової концентрації Cr(VI) в очищеній воді з розрахованої теоретично - 1,26 мг/л (таблиця 1) до 0,11 мг/л.

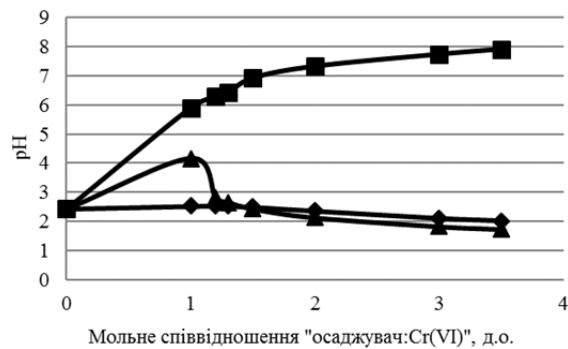


Рис. 3. Зміна pH середовища від надлишку розчину осаджувача:
■ – розчин Ba(OH)₂, ▲ – розчин BaCl₂, ◆ – розчин Pb(CH₃COO)₂

Висновки. Проведеними дослідженнями на модельних розчинах, які імітують промивні води процесів електрохімічного хромування металевих виробів, показана доцільність використання насичених водних розчинів Ba(OH)₂ для хімічного осадження іонів Cr(VI). Встановлено, що для досягнення залишкової концентрації хромат-іонів на рівні ГДК достатньо надлишку розчину Ba(OH)₂ 30 – 50% над стехіометрично необхідною кількістю.

Використання в якості осаджувачів насичених розчинів BaCl_2 не дозволяє отримати необхідного ступеня видалення Cr(VI) у всьому дослідженому інтервалі надлишків. Використання як осаджувача насичених водних розчинів $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, хоч і дозволяє досягти залишкової концентрації Cr(VI) на рівні норм ГДК, але наявність в розчинах після очищення значних залишкових концентрацій Pb^{2+} та CH_3COOH , потребує їх додаткового очищення.

Література

1. Беспамятов Г. П. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник / Г. П. Беспамятов, Ю. А. Кротов // Л.: Химия, 1985. – 528 с.
2. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. Под ред. проф. В. Н. Кудрявцева. Изд. 2-е, перераб. и доп.; М.: Глобус, 2002. – 352 с.
3. Виноградов С. С. О положительных и отрицательных сторонах электро- и гальванокоагуляционных методов очистки сточных вод / Виноградов С. С., Кругликов С. С. // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2008. – Т. 16. – № 1. – С. 46 - 47.
4. Справочник по аналитической химии / Ю. Ю. Лурье - М.: Химия, 1979. – С 92 – 101. Режим доступа: <http://www.chemport.ru/data/data11.shtml>
5. Гусева А. Ф. Справочник по общей и неорганической химии / Гусева А. Ф., Закс Е. В. - Екатеринбург: УГУ им. А.М. Горького, 2001 - 239 с.
6. Лидин Р. А., Андреева Л. Л., Молочко В. А. Константы неорганических веществ: Справочник. Под ред. Р. А. Лидина. – изд 3-е, стереотип. – М.: Дрофа, 2008. – 685 с.
7. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье – М.: Химия, 1984. – 448 с.
8. Авербух Т. Д. Технология соединений хрома. Изд. 2-е, испр. / Т. Д. Авербух, П. Г. Павлов – Л.: Химия, 1973 – 336 с.
9. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н. С. Ахметов, М.: Высшая школа, 1988. – 640 с.

References

1. Bepamiatov H. P. Predelno-dopustymye kontsentratsyy khymicheskyykh veshchestv v okruzhaiushchei srede. Spravochnyk / H. P. Bepamiatov, Yu. A. Krotov // L.: Khymiya, 1985. – 528 s.
2. Vynogradov S. S. Ekologicheskyy bezopasnoe halvanycheskoe proyzvodstvo. Pod red. prof. V. N. Kudriavtseva. Yzd. 2-e, pererab. y dop.; M.: Hlobus, 2002. – 352 s.
3. Vynogradov S. S. O polozhytelnykh y otrytatelnykh storonakh elektro- y halvanokoahulyatsyonnykh metodov ochystky stochnykh vod / Vynogradov S. S., Kruhlykov S. S. // Halvanotekhnika y obrabotka poverkhnosty. – 2008. – T. 16. – № 1. – S. 46 - 47.
4. Spravochnyk po analyticheskoi khymyy / Yu. Yu. Lure - M.: Khymiya, 1979. – S 92 – 101. Rezhym dostupu: <http://www.chemport.ru/data/data11.shtml>
5. Huseeva A. F. Spravochnyk po obshchei y neorhanycheskoi khymyy / Huseeva A. F., Zaks E. V. - Ekaterynburh: UHU ym. A.M. Horkoho, 2001 - 239 s.
6. Lydyn R. A., Andreeva L. L., Molochko V. A. Konstanty neorhanycheskyykh veshchestv: Spravochnyk. Pod red. R. A. Lydyna. – yzd 3-e, stereotyp. – M.: Drofa, 2008. – 685 s.

7. Lure Yu. Yu. Analyticheskaia khymiya promyshlennykh stochnykh vod / Yu. Yu. Lure – M.: Khymiya, 1984. – 448 s.
8. Averbukh T. D. Tekhnolohiya soedynenyi khroma. Yzd. 2-e, uspr. / T. D. Averbukh, P. H. Pavlov – L.: Khymiya, 1973 – 336 s.
9. Akhmetov N. S. Obschchaia y neorhanycheskaia khymiya. – 2-e yzd., pererab. y dop. / N. S. Akhmetov, M.: Vysshhaia shkola, 1988. – 640 s.

Шорохов М. М., Суворин А. В., Казаков В.В., Ожередова М. А. Влияние избытка осадителя на очистка Cr^{6+} содержащих сточных вод промышленных предприятий

Исследовано влияние недостатка и избытка осадителей на степень очистки сточных вод промышленных предприятий содержащих Cr^{6+} . Показана возможность достижения остаточных концентраций Cr^{6+} в очищенной воде до уровня ПДК. Использование значительных избытков растворов BaCl_2 и $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ приводит к увеличению концентрации побочных продуктов реакций, вызывает необходимость дополнительной очистки вод. Установлено, что наиболее эффективным осадителем ионов Cr^{6+} из сточных вод является водный раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$, а его избыток - 30-50% от стехиометрически необходимого количества.

Ключевые слова: хромовая кислота, осадитель, избыток, нейтрализация, остаточная концентрация, уровень ПДК.

Shorokhov M. N., Suvorin O. V., Kazakov V. V., Ozheredova M. A. Influence of the precipitator on the purification of Cr^{6+} -containing wastewater from industrial factories

The effect of deficiency and excess of precipitants on the level of sewage treatment of industrial enterprises containing Cr^{6+} has been investigated. The possibility of reaching the residual concentrations of Cr^{6+} in purified water to the level of maximum permissible concentration is shown. The using of significant excess solutions of BaCl_2 and $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ leads to an increase in the concentrations of reactions by-products, causing the need for additional water purification. It has been established that the most effective precipitant of Cr^{6+} ions from waste water is the aqueous solution of $\text{Ba}(\text{OH})_2$, and its excess is 30-50% of the stoichiometrically required amount.

Keywords: chromic acid, precipitant, excess, neutralization, residual concentration, level of maximum allowable concentration.

Шорохов Михайло Миколайович – аспірант кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Суворин Олександр Вікторович – д. т. н., професор, завідувач кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. tnre.sti.2014@gmail.com

Казаков Валентин Васильович – д. т. н., доцент, професор кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. tnre.sti.2014@gmail.com

Ожередова Марина Анатоліївна – к. т. н., доцент, доцент кафедри хімічної інженерії і екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. ozheredovama@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

UDC 66.084.2: 661.7

SYNTHESIS OF DIISOPROPYL ETHER VIA CATALYTIC DEHYDRATION OF ISOPROPANOL USING THE TECHNOLOGY OF AEROSOL NANOCATALYSIS

Philips T.C, Kudryavtsev S.A, Glikin I M, Korol D

СИНТЕЗ ДІЗОПРОПІЛОВОГО ЕТЕРУ КАТАЛІТИЧНОЮ ДЕГІДРАТАЦІЄЮ ІЗОПРОПІЛОВОГО СПИРТУ ПО ТЕХНОЛОГІЇ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ

Філіпс Т., Кудрявцев С.О., Глікiна І.М., Король Д.Р.

This paper proposes and describes a new method for the production of DIPE, using the technology of aerosol nanocatalysis on a vibrating fluidized bed. The catalyst used was NaX, which was later treated with ammonium nitrate, in order to increase its acidity and bridge the OH group, which in turn increased the bronsted acid sites. Parameters such as flowrate, temperature and mechanical chemical activation frequency of vibration were varied in order to ascertain the best conditions for the synthesis of DIPE through catalytic dehydration of isopropyl alcohol.

Keywords: aerosol nanocatalysis, vibrating bed, DIPE, bronsted acid sites, DIPE, NaX zeolite, mechanical chemical activation frequency.

1. Introduction.

Oxygenates are essential because they provide positive and distinguished compatible gasoline blending properties which include favourable octane rating, distillation temperatures that are low and ordinarily would not exist if they were not in production and application. Due to their extremely low reaction rate in the atmosphere, oxygenates decrease the long term toxicity of CO in the air, which invariably lowers smog and ozone formation.[1]

Experimentally oxygenates show that they substantially reduce primary particulate matter by as much as 25% to 30%. DIPE (Diisopropyl Ether) can be a potential oxygenate as it compares favourably with other ethers, that are obtained by etherification of isolefin with methanol in the case of Methyl Tert Butyl Ether (MTBE) or Ethyl Tert Butyl Ether (ETBE). DIPE can be seen to be more advantageous due to the much availability of olefin feedstock in the form of isopropylene, which is several times greater than the resources of isobutylene and isoamylenes. Consequently DIPE can be produced virtually in any refinery independent of external sources of alcohols, where water is used instead, and it compares favourably, due to its low toxicity, reduced emission and low cost of production.[2,6]

The synthesis of DIPE in this study is carried out by the catalytic dehydration of isopropanol over zeolite catalyst using aerosol nanocatalysis. Zeolites are much favourable because they operate at a higher temperature and it enables the production of DIPE via acidic catalytic dehydration of isopropanol. Due to the availability of both basic and acidic sites on NaX zeolite, it was necessary to enhance its acidic content by exchanging its sodium content with ammonium nitrate, in order to increase the bronsted acid site.[3]

The scientific foundation of catalytic dehydration of isopropanol to DIPE depends on the following factors, which are:

- High acidic content of the catalyst
- High pressure,
- Temperature and reaction time.

The principle of aerosol nanocatalysis is founded upon the following concepts:

- There is an exclusion from the catalytic process intra-diffusion stages;
- Synthesis in situ of superactive nanoparticles of a catalyst with a size of 8-100 nm;
- There is the absence of carriers in the catalytic system
- In situ implementation of continuous mechanochemical activation of the catalyst surface by a moving solid material;
- Equal accessibility for active surface reagents.

The foundations of AnC were developed by Soviet scientists under the leadership of Glikin M. in the Severodonetsk branch of the State Institute of Nitrogen Industry [4]. At the heart of AnC technology are mechanochemical effects arising from the constant mechanical action of the catalytically active substance. The catalyst system in AnC technology is a moving dispersing material. During the continuous movement of the dispersing material, there is a constant mechanochemical activation of the catalyst that occurs, which leads to a change in the thermodynamic potentials of the activated substance, creating surface

defects, and eventually leading to the grinding up to the nanoscale state [5].

The main goal of the study was to evaluate the main parameters of the catalytic dehydration of isopropyl under the conditions of aerosol nanocatalysis technology in a vibrating fluidized bed reactor.

- Implementation of the basic principles of AnC technology in a vibrating fluidized bed reactor, conducting experiments on the catalytic dehydration of isopropyl alcohol;

- Proof of the course of catalytic processes in a laboratory installation,

- The study of the influence of the intensity of mechanochemical activation on the efficiency of the process (selectivity, degree of conversion);

-The influence of bronsted acid sites/increased acidity on Zeolites and its influence on the dehydration of isopropyl alcohol.

-Detailed analysis of experimental data, selection of the most optimal variant of process parameters

2. Analysis of the current level of research in the field of AnC. The technology of Aerosol nanocatalysis is founded upon the mechanism of mechanochemical activation, which is used to improve the performance of the catalyst [8,9]. During mechanical interaction, the temperature rises at the points of contact and relaxation of the stress field [7, 9]. As a result of the moving and vibration of the catalyst bed, most of the work which would have been done against frictional forces manifests itself in the form of heat, which later influences the catalytic activity. On the surface layer, the temperature can instantaneously increase to 1300°K. Pulses of high energies lead to the sintering of nanoparticles. The time of existence of such temperature flares on an area of 10^{-7} - 10^{-9} m² is of the order of 10^{-4} s. Emerging freshly formed surfaces on the catalyst carry an electric charge. As a result, the destruction of reagents is likely on the surface layer. Under optimal conditions of the vibrating bed, defects are formed on the surface of the crystallites and the electronic properties of the surface change, which leads to an increase in the catalytic activity of the substances, the increase in catalytic activity is believed to be associated with crystal lattice distortions, rather than with an increase in surface area and this provides, new opportunities for controlling the kinetics of processes [8].

The implementation of catalytic processes in the conditions of AnC technology (without carrier) leads to a decrease in the amount of catalytically active substance (up to 10^6 times), and also removes mechanical and thermal limitations associated with the use of a carrier [16]. Under the conditions of this technology, it is possible to reduce the temperature range of the course of destructive transformations and increase the conversion of raw materials.

At the next stage of the development of AnC technology, it was suggested to carry out etherification studies in installations with a vibro-impact or vibrating layer, where the mechanochemical activation of the

catalyst is carried out by vertical reciprocal movements of the laboratory reactor and the catalytic system inside it [17]. The process was called Aerosol nanoCatalysis with Vibrating Bed (AnCVB). There is the expectation that the capacity of the reactor with the vibro-impact layer provides, new opportunities for controlling the kinetics of processes [17].

3. Experimental part.

AnC catalyst system consists of a catalytically active material powder with initial particle size of 200 microns and its dispersing solid material (mm) with a size of 1.0-1.2 mm. Both types of particles in the reactor are in constant motion. Such conditions allow the synthesis of nanoparticles of different size by mechanical action on the raw material dispersing catalyst particles [10]. In previous studies [11] with the aid of foreign scientists we were able to identify directly catalyst particle sizes during the reaction: 8-100 nm [12].

Previous work established that before the start of the experiment there should be starting materials for preparation of the catalyst system. A specific feature of AnC is the adhesion (type sorption) of the catalyst on the surface of the dispersing material [10]. It is necessary to ensure maximum adsorption of the catalyst particles in a reactor under conditions of vibration. This allows determining the amount of catalyst in the gas phase.

Before starting the experiment, the catalyst should be pre-adsorbed onto the surface of the dispersing material. Work is carried out as follows: for the experiment a certain amount of dispersing material (in laboratory experiments, is the glass bead with a diameter of 1.0-1.2 mm), which occupies about 50% of the reactor volume. Loading the material in an amount more than necessary into a glass flask. To this was introduced the catalyst powder, that was weighed on an analytical balance to the nearest 0.0001 g, in an amount exceeding the adsorption capacity of DM. The flask was covered and required a vigorous shaking performed at room temperature for 10 - 15 min. After shaking, the catalyst and the dispersing material are loaded into the vibrating reactor, and the reactor is operated at a vibration frequency to enable the total dispersion and heating of the catalyst on the dispersing material. Then, the catalyst system is discharged from the flask and sieved in order to separate the catalyst which was not adsorbed. The separated catalyst is weighed on an analytical balance. If the mass of the catalyst is less than the initial amount, a new measured catalyst is added to the glass beads in a flask, and then shook vigorously, and later loaded again unto the reactor which vibrates on a non definite MCA frequency for 1 hour. The process is repeated until; there is no change in mass

from the unloaded catalyst after heating in the reactor, in comparison with the 1st previously weighted catalyst after shaking in a flask. [13]

Previous studies have shown that in the absence of a catalyst in gas phase, as when it is excess, the reaction rate is minimal [13]. The catalyst powder is weighed and added to the reactor so as to create a constant concentration in the reaction volume. The reactor was checked for leaks before conduction of experiment [13].

Description of experimental setup: The process of synthesizing DIPE from catalytic dehydration of isopropanol using aerosol nanocatalysis technology was conducted in a laboratory setting, shown in Fig. 1 [17].

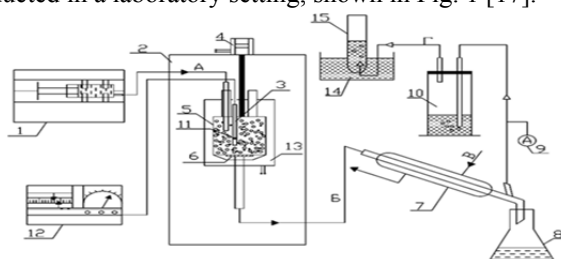


Fig. 1. Schematic diagram of the pilot unit: (1) - Syringe batcher; (2) - Thermal cabinet; (3) - Pocket of thermocouple; (4) - Vibrating device; (5) - Reactor; (6) - Metal-cloth filter; (7) - Water condenser; (8) - Receiver of liquid fraction; (9) - Sampling point; (10) - Gas washer; (11) - Thermocouple; (12) - Regulator for oscillation frequency and temperature; (13) - Heater; (14) - Water container; (15) - Gas receiver

The experiments were conducted on 2 different forms of catalyst, the normal NaX zeolite and the modified NaX (H-X) zeolite, using the same set of parameters, to analyse the difference in selectivity and conversion of IPA to DIPE and to analyse how the set principles of etherification influence the catalytic dehydration of isopropanol using the technology of aerosol nanocatalysis.

Before each reaction, the catalyst was preheated in situ for 2 hours at 150°C-300°C under nitrogen gas that was passed through the reactor through an aircompressor, after which isopropanol was fed into the reactor (5) by a syringe-batcher (1), which is located in the thermal cabinet (2), and it was then subjected to thermal treatment by heater (13). Etherification reactions took place inside the reactor. Experiments were conducted at temperatures: 140°C, 160°C, 180°C, 200°C, 220°C, 240°C, and at frequencies of 1.4 and 2.0 Hz. The temperature in the reaction zone was measured by a thermocouple (11), and sustained by a regulator (12). In order to keep the catalyst inside the reactor, a metal-cloth filter (6) was placed at the bottom of reactor, the liquid reaction products pass through a water-cooled condenser (7) and were then gathered in a flask for the liquid fraction (8). The etherification products were two fractions – liquid and gas. The non-condensed gases from the cracking process go through the sampling point (9), and were then sent to the gas

washer (10) where they bubble through the water layer. The gases were then directed into a gas container (15), and passed through container with water (14). The reactor moves upward and downward in a back-and-forth linear motion with the help of vibrating device (4). The oscillation frequency and temperature were set and controlled by a regulator (12).

The content of the gaseous products of the reaction were analytically determined by using calibrated gas chromatographs such as LHM-8, COLOR-500. and UNHPLC system, propylene (C_3H_6) was determined with an accuracy not less than 0.01 vol. %.

The products gotten from extractive distillation, were analysed with a UNHPLC chromatography apparatus.

The results gotten from the chromatograph indicated the presence of DIPE, IPA and water.

4. Materials and research results. The NaX zeolite used in this study was obtained from REAXIM Ukraine. It was in the form of 1.5mm extrudate. The Isopropyl alcohol was also purchased from REAXIM Ukraine. The NaX zeolite was treated with ammonium nitrate in order to increase its acidity.

The major goal of this research was to find out the possibility of synthesizing DIPE using the conditions of aerosol nanocatalysis on a vibrating fluidized bed, while adhering to the scientific principles of etherification, considering ACnVFB offers the following advantages, that are not common with other etherification reactions like:

- Strength and heat resistance of the catalyst;
- Use of a simple catalytic system;
- Creation of an optimum quasi-structure of the catalyst, controlling its concentration in the reaction zone;
- Mechanical activation of the catalyst in situ with changes in the surface properties of catalysis important for catalysis: adsorption, electrical conductivity, surface energy, electromagnetic effect, work function of an electron, etc.;
- Achievement (in terms of mass) of the aerosol activity of the catalyst is 10^4 - 10^5 times higher than that of the carriers;
- Possibility of catalyst regeneration by mechanical surface treatment in situ;
- Reducing the amount of catalyst used in the reactor by 10^5 - 10^6 times and bringing it to 4-10 g / m³ of the reaction volume. [16]

However synthesizing DIPE on a normal Na-X zeolite catalyst did not yield any result regardless of the variation in the operating parameters of aerosol nanocatalysis technology, the parameters being:

- Frequency of vibration
- Temperature
- Flow rate

Below are the results obtained from synthesis of DIPE using a non modified Na-X zeolite and modified H-X zeolite, with the variation of the above parameters

Table 1

For a flow rate of 0.03 ml/min and a frequency of =1.4Hz, using a normal Na-X zeolite

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18	0.15	0.2	0	0
160	18	0.15	0.3	0	0
180	17.7	0.2	0.6	0	0
200	17.5	0.311	2.4	0	0
220	18	0.3275	3.57	0	0
240	18	0.4285	2.53	0	0

Table 2

For a flow rate of 0.03 ml/min and a frequency of =2.0Hz, using a normal Na-X zeolite

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	17.7	0.15	1.1	0	0
160	18.1	0.19	0.8	0	0
180	18.3	0.14	0.9	0	0
200	17.9	0.245	0.7	0	0
220	18.3	0.28	1.9	0	0
240	18.2	0.34	2.1	0	0

Table 3

For a flow rate of 0.1 ml/min and a frequency of =1.4Hz, using a normal Na-X Zeolite

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18.2	0.15	0.4	0	0
160	18.2	0.15	0.6	0	0
180	18.3	0.2	2.1	0	0
200	18	0.3	1.92	0	0
220	17.9	0.305	3	0	0
240	18.1	0.4	0.4	0	0

Table 4

For a flow rate of 0.1 ml/min and a frequency of =2.0Hz, using a normal Na-X Zeolite

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	17.9	0.24	2.1	0	0
160	18.1	0.185	1.3	0	0
180	18.4	0.185	1.5	0	0
200	18.1	0.18	1.4	0	0
220	18.2	0.205	1.9	0	0
240	18.1	0.19	2.3	0	0

The following tables are results gotten based on an acidic modified zeolite based on variations of parameters as (1) Temperature (2) Frequency (3) Flow rate

Table 5

For a flow rate of 0.03 ml/min and a frequency of =1.4Hz, using modified Na-X zeolite (H-X Zeolite)

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18.5	0.15	1.1	0	0
160	18	0.19	0.8	0	0
180	18.3	0.376	0.9	70.394	4.575
200	17.7	0.468	0.7	70.023	5.487
220	18	0.51	1	74.936	6.3
240	18	0.4	2	37.007	1.8

Table 6

For a flow rate of 0.03 ml/min and a frequency of =2.0Hz, using modified Na-X zeolite (H-X Zeolite)

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18.6	0.15	1.1	0	0
160	18.3	0.19	0.8	0	0
180	18.1	0.41	1	68.667	4.7
200	17.56	0.594	1.12	73.016	6.84
220	18.2	0.645	1.3	78.101	8.19
240	18.1	0.45	3	18.327	0.9

Table 7

For a flow rate of 0.1 ml/min and a frequency of =1.4Hz, using modified Na-X zeolite (H-X Zeolite)

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18.3	0.2	1.5	0	0
160	18.1	0.185	1.4	0	0
180	18.3	0.335	1	64.01	3.6
200	17.9	0.425	2.5	51.682	3.97
220	18.1	0.47	2.1	59.859	4.7
240	18.25	0.35	3	23.387	1.2

Table 8

For a flow rate of 0.1 ml/min and a frequency of =2.0Hz, using modified Na-X zeolite (H-X Zeolite)

T, °C	Liquid product(ml)	% Conversion IPA	Volume of H ₂ O (ml)	% Mass Selectivity DIPE	Volume of DIPE(ml)
140	18.3	0.145	0.9	0	0
160	18.2	0.185	0.7	0	0
180	18.1	0.385	1.2	60.559	3.6
200	18.4	0.5435	1.13	73.922	5.82
220	18.2	0.5875	2.1	68.521	6.74
240	18.3	0.5	4	10.9	0.6

These results show that synthesizing DIPE via aerosol nanocatalysis is possible, but there is also a re-emphasis on the importance of the role acidity plays in the production of DIPE, as it was seen based on the results, that DIPE could not be synthesized, if there is no high acidity, and also that pressure is not as important as the operating parameters that exist under the technology of aerosol nanocatalysis.

nanocatalysis is achievable based on the following four factors:

- The residence time of the reactant in the reactor
- High frequency of vibration of the reactor
- High acidic content of the catalyst
- Temperature

These four factors go in tandem; to achieve high DIPE selectivity. The residence time (flow rate) showed that, a decrease in flow rate of the reactants into the reactor, enabled the reactants to effectively interact with the catalyst, which resulted in the reactant having equal access to the sintered nanocatalyst. It was also observed that under the technology of aerosol nanocatalysis, the longer the residence time of the reactant in the vibrating reactor, the greater the synthesis of DIPE. The high catalytic activity is due to the result of the high pulses of energy that is introduced via the vibrating reactor, which leads to the formation of freshly formed electric charge on the surface of the catalyst. It is worth noting, that the destruction of reagents takes place on the surface of the catalytically charged catalyst. Under optimal conditions, defects are formed on the surface of the catalyst and the electronic properties of the surface change, which leads to an increase in the catalytic activity of the substances. In addition the catalytic system is a combination of a

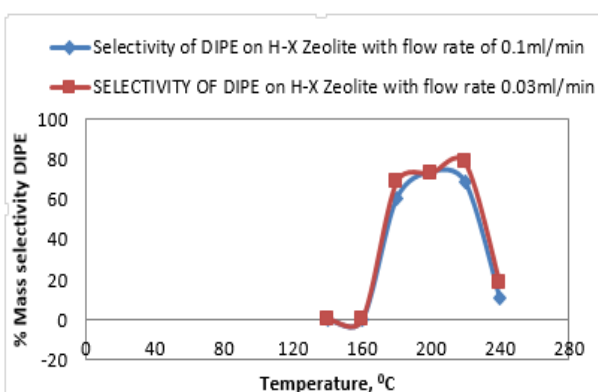


Fig. 2. Comparing the % mass DIPE selectivity of modified Na-X zeolite(H-X Zeolite) catalysts, using the same frequency of vibration=2.0Hz, but with different flow rates

Based on the following experiments, it was evidenced that synthesizing DIPE via aerosol

moving inert heat-resistant solid material and an aerosol of a catalytically active substance (without a carrier) in the reactor. The moving inert material carries out in-situ grinding of the initial catalytically active material, thereby ensuring mechanochemical synthesis of catalyst nanoparticles and constant activation of their surface, which in turn increases activity of the catalyst [7].

In other words, it can be said, that a high vibration frequency ensures a highly active catalytic system, which is believed to be associated with crystal lattice distortions, rather than with an increase in surface area [14]. Furthermore, a high frequency of vibration enabled the system always maintained its liquid phase, which is an important criterion in the synthesis of DIPE.

It was also noted that a synthesis of DIPE, has a favorable temperature range, because the selectivity of zeolite catalyst to DIPE ether, appears to have an optimum temperature [15], and it was noted using the modified Na-X zeolite (H-X Zeolite); that the optimum temperature to obtain DIPE was 220°C after which, the catalyst became more selective to propylene.

Conclusions

The conditions of aerosol nanocatalysis technology using a vibrating fluidized bed does not depend on an external pressure source, has been shown to be an effective option to synthesize DIPE, because the intensive mixing induced by the vibrating bed can create conditions for almost complete isothermocity, which is important for catalysis, also the effect of constant vibration ensures the reaction takes place in a liquid phase, which is essential for DIPE synthesis, but all these depends on the catalyst possessing sufficient amount of bronsted acid sites.

References

- G. Martini, U. Manfredi, JRC scientific and policy reports- Effect of oxygenates in gasoline on fuel consumption and emissions in 3 euro 4 passenger cars-2013
- Лавриненко Алексей Александрович "Получение диизопропилового эфира путем каталитической конденсации изопропанола на гетерополисоєдинєннях" *Москвой-2011*.
- Qiu, L., Murashov, V., White, M.A.: Zeolite 4A: heat capacity and thermodynamic properties. *Solid State Sci.* 2, 841–846 (2000)
- Tanaka, H., Fujii, A., Fujimoto, S., Tanaka, Y.: Microwave-assisted two-step process for the synthesis of a single-phase Na-A zeolite from coal fly ash. *Adv. Powder Technol.* 19, 83–94 (2008)
- Tanaka, H., Fujii, A.: Effect of stirring on the dissolution of coal fly ash and synthesis of pure-form Na-A and -X zeolites by two-step process. *Adv. Powder Technol.* 20, 473–479 (2009)
- M. A. Aramendia, V. Borau, C. Jiménez, J. M. Marinas, A. Porras, F. J. Urbano. Magnesium Oxides as Basic Catalysts for Organic Processes: Study of the Dehydrogenation–Dehydration of 2-Propanol. *J. Catal.* 161(1996) 829–838.
- Симіонеску К., Опрєа Кл. В. Механохімічний синтез // *Успєхи хімії*. – 1988, Т. VII. – Вип. 3. – С. 502–523.
- В.В. Молчанов, Р.А. Буянов. Механохімія каталізаторов // *Успєхи хімії*. – 2000, №69(5). – С.476–493
- Е.Г. Аввакумов. Механічні методи активациі хімічних процесов: Новосібірськ, 1986. – 300 с.
- Kapustin V.M The oil refining industry of the USA and the former USSR / V.M Kapustin, SG Kukes, RG Bertolusini - Moscow "Chemistry", 1995. - 304 p [32] Patent No. 792682, 1958 (United Kingdom).
- Kashcheev A.S Catalytic cracking of a vacuum gasoil on the zeolite-containing catalyst (type Y) using technology of aerosol nanocatalysis / A.S Kashcheev, I.M Glikina, S.A Kudryavtsev, S.V Leonenko // IV International Conference of Students and Young Scientists Chemistry and Chemical Technology April 4-6, 2012. Collection of abstracts. Kyiv: The Ministry of Education, Youth and Sports of Ukraine National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" Chemical Engineering Department. - 2012. - p. 96.
- Крекінга мікросферическіє [відеозапись]/ KNT группа – http://kntgroup.ru/65/video_katalizatory_krekinga_mikrosfericheskie.
- S.A. Kudryavtsev. The process of hydrocarbon cracking to gasoline and olefins by aerosol nanocatalysis technology / S.A. Kudryavtsev, M.A. Glikin, I.M. Glikina // VIII Ukrainian-Polish Symposium «Theoretical and experimental studies of interfacial phenomena and their technological applications». – Odessa – 2004
- E80694518A2- Production of Isopropyl alcohol and Diisopropyl ether, Knifton John Frederick et al. 05/1996.
- Glikin M.A. Aerosolnij kataliz // *Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii* – 1996. Т. 30, № 4, P. 430–435.
- Glikina I.M. Osnovy tekhnologii aerosolnoji nanokatalitichnoji pererobky organichnykh spolkov u vibrozhihenomu shari. // *Avtoreferat disertacii na zdobuttja naukovoogo stupenya kandidata tehnicnykh nauk*, Lviv. 2005. 20 p.
- 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 promislovisť Ukrainy*. -2005. - №4. – P. 30–38.

Філіппс Т., Кудрявцев С.О., Глікїна І.М., Король Д.Р. Синтез діізопрілового етеру каталітичною дегідратацією ізопрілового спирту по технології аерозольного нанокаталізу

Анотація: В даній статті проведено порівняльний огляд можливостей технології аерозольного нанокаталізу в віброздіженому шарі каталітичної системи та запропоновано застосування цієї технології в галузі синтезу кисневмісних сполук. Досліджувався процес дегідратації ізопрілового спирту із утворенням в якості основного продукту діізопрілового етеру. Проведено пошук оптимальних умов для активізації каталізатора, в якості якого запропоновано застосувати натрієвий цеоліт, промотований нітратом амонію. Обробка цеоліту дозволила підвищити концентрацію Бренстедовських активних центрів та збільшила кислотність каталізатора. В якості змінних параметрів, що впливають на хімічну реакцію, варіювались температура та витрата сировини, а також специфічний для аерозольного нанокаталізу параметр – частота механохімічної активізації каталізатору. Дослідження показали перспективність подальших досліджень в цьому напрямку.

Ключові слова: аерозольний нанокатализ, віброзріджений шар, діізопропиловий етер, Бренстедовські кислотні центри, цеолит NaX, механохімічна активація, частота.

Філліпс Т., Кудрявцев С.А., Гликіна І.М., Король Д.Р. Синтез діізопропилового ефіра каталитической дегидратацией изопропилового спирту по технологии аерозольного нанокатализа

В статтє описан новий метод для получения діізопропилового ефіра с применением технологии, известной как аерозольный нанокатализ в виброожигженном слое каталитической системы. В процессе в качестве катализатора предложено применить цеолит NaX, промотированный нитратом аммония для увеличения кислотности и повышения содержания ОН групп. Это способствует увеличению числа Бренстедовских кислотных центров в цеолите. Для поиска оптимальных условий синтеза діізопропилового ефіра изменяли таких параметры, как температуру, расход сырья, и специфическую для аерозольного нанокатализа частоту механохимической активации катализатора. Оптимизации подвергалась химическая реакция дегидратации изопропилового спирта.

Ключевые слова: аерозольный нанокатализ, виброожигженный слой, діізопропиловый эфир,

Бренстедовые кислотные центры, цеолит NaX, механохимическая активация, частота.

Філліпс Тобенна – аспірант кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: tcphilips@yahoo.com

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

Глікіна Ірина Маратівна. – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: igene555@i.ua

Король Данііл Романович – студент-магістрант кафедри хімічної інженерії та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Северодонецьк, Україна; e-mail: korol.danila@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 11.05.2018

УДК 656.071.8

КЕРУВАННЯ РОЗВИТКОМ МЕЗОЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Харламов П.О., Харламова О.М.

DEVELOPMENT MANAGEMENT OF THE MESOLOGISTIC SYSTEM OF ROLLING STOCK MAINTENANCE

Kharlamov P., Kharlamova O.

В статті проаналізовані аспекти керування розвитком мезологістичної системи ремонту рухомого складу. В якості мезологістичної системи було прийняте виробниче підприємство з ремонту рухомого складу як транспортно-логістичний кластер з віртуальними зв'язками. Розглянуто процес міжсистемної взаємодії, розроблена математична модель оптимального розподілу ресурсів і поетапної оптимізації ресурсної, структурної й функціональної надмірності роботи ремонтного підрозділу в мезологістичній системі та запропоновано алгоритм її практичної реалізації.

Ключові слова: мезологістична система, віртуальний транспортно-логістичний кластер, система ремонту, розподіл ресурсів.

Вступ. Ремонтні підрозділи залізничного транспорту, відгороджені від ринку внутрішнім середовищем підприємства системами, що застаріли, планування й нормування ремонтних робіт, заплутаним порядком обліку витрат і ще цілим рядом проблем, стають тем «слабкою ланкою», яке здатне виявити істотний негативний вплив на роботу всього підприємства. Традиційна ізоляція самого промислового транспорту від ринку ще більше збільшує ситуацію, та вимагає ефективних підходів до формування взаємозв'язків систем, різних по своїх функціональних, територіальних і галузевих ознакам. Це стає можливим шляхом реалізації сучасної мережевої концепції розвитку економіки транспорту. Найбільшу популярність здобувають проекти, засновані на мережевій взаємодії, а саме на створенні мезологістичних систем і їх особливій формі - мережних транспортно-логістичних кластерів з віртуальними зв'язками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У цей час у якості одного з можливих і найбільш діючих шляхів підвищення ефективності системи ремонту промислового залізничного рухомого складу, причому без яких-небудь додаткових інвестицій, виступає зміна існуючої стратегії й

методів проведення ремонтів і технічного обслуговування [1, 2, 7, 8, 9]. Основні дослідницькі роботи останнім часом спрямовані на оптимізацію витрат на ремонт парку рухомого складу й зокрема витрат, пов'язаними із системою запасів. Гуїлаури Р., Розенстіль Є., Букан Д. і Кинисберг Є. розглядали стратегії керування запасами з багатьма критичними рівнями, а також найпростіші багатокаскадні системи постачання. Основною математичною моделлю, яка застосовується в теорії керування запасами, є так звана класична модель оптимального розміру замовлення, яка описана в багатьох роботах і, зокрема, в [5, 6].

На цей час ученими й фахівцями розроблені концепції «точно в строк» (just-in-time), KANBAN, оптимального планування матеріальних ресурсів MRP (materials resource planning) концепція «худого виробництва» [3, 4], які дозволяють визначити мінімально необхідний і достатній рівень запасів для підприємства, а також забезпечити стійкий процес реалізації в дійсних умовах постачання, збуту й організації виробництва.

Мета статті. Обґрунтувати можливість і необхідність застосування логістичних принципів і методів при формуванні ефективної мезологістичної системи ремонту із використанням мережних транспортно-логістичних кластерів з віртуальними зв'язками, яка стала б частиною єдиної системи оптимального розподілу ресурсів у ремонтному підрозділі.

Результати досліджень. Згідно проведеній класифікації [10] сучасну систему ремонту рухомого складу можна віднести до мезологістичних систем та їх різновиду - мережних транспортно-логістичних кластерів з віртуальними зв'язками. Віртуальний мережевий транспортно-логістичний кластер (або мережний транспортно-логістичний кластер з віртуальними зв'язками) являє собою об'єднання контрагентів поточкових процесів на основі взаємодії через загальний інформаційно-

аналітичний центр, стабільність якого забезпечена включенням у структуру кластера мережних транспортно-експедиційних, логістичних і оптово-роздрібних компаній – постачальників послуг і конструкційних складових рухомого складу. Зрозуміло, при такому великому й різнобарвному складі учасників у перспективі можуть виникати конфліктні ситуації, викликані різними типами логістичних ризиків, з розбіжністю інтересів декількох сторін логістичного процесу й проявляються в момент вибору альтернативи.

Стратегія керування розвитком віртуального мережного транспортно-логістичного кластера являє собою модель дій, необхідних для реалізації цілей керування потоковими процесами, з урахуванням досягнення заданих значень контролюючих параметрів і критеріїв метасистеми – системи ремонту в нашому випадку.

Згідно [10] класифікація конфліктів керуючих і керованих логістичних систем, а також способу їх вирішення, до мезологістичних систем відноситься ресурсний конфлікт. Ресурсний конфлікт представляє дефіцит технічних, транспортних, кадрових і складських ресурсів у підсистемах кластера. Розв'язком даного конфлікту є знаходження цільової функції оптимального розподілу ресурсів у системі ремонту.

Цільова функція завдання оптимального розподілу ресурсів у ремонтному підрозділі полягає в мінімізації приросту відмов від виконання ремонтів у плинні звітного (заданого) відрізка часу:

$$\sum_{t=1}^{T_0} \sum_{i=1}^N (m_{i,t-1} - m_{i,t}) \rightarrow \min \quad (1)$$

де t - розрахунковий момент часу;

T_0 - планований період;

i - номер ділянки ремонтної зони;

N - кількість ділянок (елементів) у складі ремонтної зони;

$m_{i,t}$ - кількість відмов на i -м ділянці в t -й момент часу:

$$m_{i,t} = \sum_i (1 - m_i) \quad (2)$$

де m_i - ознака працездатності i -ї ділянки.

Якщо $m_i = 1$, то це означає повну працездатність ділянки, а якщо ні, то $m_i = 0$.

Усі обмеження, що накладаються на цільову функцію, задають рівень вимог до працездатності й ефективності роботи ремонтного підрозділу. Кількість відмов від ремонтів обмежується наявними в ремонтному підрозділі ресурсними, структурними й функціональними резервами.

Обмеження на ресурсний резерв – сума відхилень продуктивності кожної ділянки

(елемента) ремонтного підрозділу S_i від заданого інтервалу $[Q_{\min}, Q_{\max}]$ не повинна перевищувати нормованого в ремонтній програмі значення S :

$$\sum_{i=1}^{T_0} S_i \leq S, \text{ де} \quad (3)$$

$$\begin{cases} S_i = 0, \text{ при } Q_{\min} \leq q_i \leq Q_{\max}; \\ S_i = 1, \text{ при } q_i \leq Q_{\min} \text{ або } q_i \geq Q_{\max} \end{cases}$$

Обмеження на структурний резерв - сумарна величина зношування основних фондів pf_i і середній рівень стажу (кваліфікації) працівників pl_i по всіх ділянках ремонтного підрозділу не повинні відхилитися від нормованих значень, відповідно - PF і PL:

$$\sum_{i=1}^N pf_i \leq N, \text{ де} \quad (4)$$

$$\begin{cases} pf_i = 0, \text{ при } pf_i \leq PF_{\max}; \\ pf_i = 1, \text{ при } pf_i \geq PF_{\max}, \end{cases}$$

$$\sum_{i=1}^N pl_i \leq N, \text{ де} \quad (5)$$

$$\begin{cases} pl_i = 0, \text{ при } pl_i \leq PL_{\min}; \\ pl_i = 1, \text{ при } pl_i \geq PL_{\min}, \end{cases}$$

Обмеження на масштаб відмови - падіння продуктивності ремонтного підрозділу в результаті зупинки його ділянок для усунення виявленого порушення не повинне перевищувати заданої величини. Зупинка ділянки ремонтного підрозділу може бути здійснена по трьом основним причинам: відбулося відхилення продуктивності ділянки від установлених величин; зношування основних фондів на ділянці перевищив припустимий рівень; середній рівень кваліфікації (середній стаж) працівників на ділянці нижче встановленого рівня:

$$\sum_{i=1}^N (m_i \cdot q_i) \leq Q, \text{ де} \quad (6)$$

$$\begin{cases} m_i = 1, \text{ при } s_i \cdot pl_i \cdot pf_i = 0; \\ m_i = 0, \text{ при } s_i \cdot pl_i \cdot pf_i = 1, \end{cases}$$

де m_i - ознака працездатності i -ї ремонтної ділянки;

q_i - середня продуктивність i -ї ремонтної ділянки;

Q - величина припустимого зниження продуктивності ремонтного підрозділу.

Обмеження на час усунення причин відмови (фактора, який може привести до відмови від проведення ремонту) на i -м ділянці:

$$\sum_{i=1}^N (m_i \cdot t_i) \leq T, \text{ де} \quad (7)$$

$$\begin{cases} m_i = 1, \text{ при } s_i \cdot pf_i \cdot pl_i = 0; \\ m_i = 0, \text{ при } s_i \cdot pf_i \cdot pl_i = 1, \end{cases}$$

де t_i - тривалість усунення причин відмови (фактора, що приводить до відмови від виконання ремонту) на i -й ділянці;

T - припустиме для ремонтного підрозділу, у цілому, час на усунення причин відмов (виявлених факторів).

Обмеження на фінансові (матеріальні) резерви, наявні в ремонтному підрозділі й використовувані для усунення причин відмов (факторів) на i -й ділянці:

$$\sum_{i=1}^N (m_i \cdot r_i) \leq R, \text{ де} \quad (8)$$

$$\begin{cases} m_i = 1, \text{ при } s_i \cdot pf_i \cdot pl_i = 0; \\ m_i = 0, \text{ при } s_i \cdot pf_i \cdot pl_i = 1, \end{cases}$$

де r_i - грошові (матеріальні) ресурси, необхідні для усунення причин відмови (фактора) на i -й ділянці;

R - наявні грошові (матеріальні) ресурси, використовувані для усунення причин відмов (виявлених факторів).

У такій постановці завдання мінімізації приросту кількості відмов (факторів, що приводять до відмов) вирішується для заданої величини ресурсних, структурних і функціональних резервів. Крім цього, у відповідності зі швидкістю перетворення ресурсів у структурно-функціональних елементах, виявляються напрямки використання резервів. У першу чергу вони направляються в ті елементи, швидкість перетворення ресурсів у яких мінімальна, а кількість відмов і витрати на їхнє усунення - максимальні.

Як тільки досягається мінімум цільової функції (приріст відмов зупинений) при заданих величинах резервів, необхідно здійснювати перехід на більш високий рівень використання ресурсів і ефективності роботи ремонтного підрозділу. Для цього змінюються граничні умови завдання - задається нова кількість ресурсних, структурних і функціональних резервів ремонтного підрозділу.

Мінімізація приросту відмов дозволяє привести продуктивність ремонтного підрозділу до заданого рівня, створює запаси й резерви ресурсів (фінансів, матеріалів і часу), необхідні для переведення ремонтного підрозділу на більш високий рівень працездатності й ефективності; визначає можливість виконання ремонтних впливів у повному обсязі. На більш високому рівні ці запаси й резерви

витрачаються для усунення відмов, які на поточному рівні, у силу більш твердих обмежень, переходять із розряду безпечних у розряд небезпечних.

Таким чином, при обмежених резервах неможливо забезпечити необхідну продуктивність ремонтного підрозділу по видах, обсягах і строкам ремонтів залізничного рухомого складу при мінімальному прирості відмов. Зниження резервів продуктивності й кількості відмов приводить до того, що умови (4) і (5) (частково й (3)) перестають бути граничними, тобто виникає резерв фінансів, матеріалів, часу й масштабу. Граничним залишається умова (1) (частково (2)). При жорсткості вимог до продуктивності, умови (3), (4) і (5) знову стають граничними.

Фактично, умови (3), (4) і (5) є «фільтром» для визначення небезпечних і (або) важко переборних відмов. Наявність відмов, що не пройшли через ці фільтри, знижує продуктивність (обмеження (1)). Необхідна продуктивність досягається при відсутності небезпечних і важко переборних відмов, тобто при переведенні їх у категорію безпечних.

Для локалізації дії негативних факторів, у ремонтному підрозділі створюються проміжні ємності - буфери між окремими елементами або технологічними процесами системи. У ремонтному підрозділі в якості одного з таких буферів виступають запаси відреставрованих (відновлених) вузлів і агрегатів, запчастин і комплектуючих, створювані на складах за рахунок випередження ремонтних робіт або наявності обігового фонду.

Висновок. Для оптимального розподілу ресурсів і поетапної оптимізації ресурсної, структурної й функціональної надмірності роботи ремонтного підрозділу рекомендується використовувати розроблену математичну модель, яка реалізується в наступній послідовності:

- створення системи обліку наявності й витрати ресурсів, переоцінка запасів і створення резерву ресурсів;
- підвищення ефективності використання елементів системи (ремонтного встаткування, оснащення, будинків і т.д.), створення структурних резервів;
- поліпшення взаємодії суміжних елементів і структурних ланок системи, оптимізація ресурсних і структурних резервів;
- забезпечення погодженої й ритмічної роботи ремонтного підрозділу, створення резервів на основі керування ресурсами, структурою й функціями мезологістичної системи.

Л і т е р а т у р а

1. Жданов В.Н. и др. Ремонт вагонов промышленного транспорта: Учеб, пособие. - М.: Транспорт, 1996. -180 с.
2. Кузнецов А.Г., Жданов В.Н. и др. Ремонт вагонов промышленного транспорта: Учеб, пособие. - М.: УМК МПС, 1996. -180 с.

3. Радионов Р.А., Радионов А.Р. Управление сбытовыми запасами и оборотными средствами предприятия: Учеб, пособие. - М.: Дело и сервис, 1999. - 400с.
4. Ремонт электроподвижного состава промышленного транспорта / Забелин Г.Д., Курасов Д.А., Пацовский Ю.В., Соловьев В.В. Под ред. Потапова М.Г. - М.: Транспорт, 1982. - 288 с.
5. James R. Stock, Douglas M. Lambert. Strategic Logistics Management. McGraw-Hill/Irwin, 2001. -872p.
6. Roy D. Shapiro, James L. Heskett. Logistics strategy: cases and concepts. West Pub. Co., 1985. – 602p.
7. Третьяков А.В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации - Дисс. докт. техн. наук. - С-Пб. 2004. - 382 с.
8. Шанченко П.А., Подшивалов А.Б., Яныгин В.Ю. Статистическая оценка показателей качества работы локомотивного хозяйства // Вестник ВНИИЖТ. 2002. № 5. С. 20-25.
9. Экономика, организация и планирование локомотивного хозяйства / Под ред. С.С. Маслакова. - М.: Транспорт, 1983. - 359 с.
10. Сосунова Л.А., Фрейдман Л.А. Управление развитием мезологистической системы на принципах гомеостатического подхода. Вестник Самарского государственного экономического университета. Выпуск № 6(128) 2015 г. – С.59-63.

References

1. Zhdanov V.N. i dr. Remont vagonov promyshlennogo transporta: Ucheb, posobie. - М.: Transport, 1996. -180 s.
2. Kuznecov A.G., Zhdanov V.N. i dr. Remont vagonov promyshlennogo transporta: Ucheb, posobie. - М.: UMK MPS, 1996. -180 s.
3. Radionov R.A., Radionov A.R. Upravlenie sbytovymi zapasami i oborotnymi sredstvami predpriyatija: Ucheb, posobie. - М.: Delo i servis, 1999. - 400s.
4. Remont jelektropodvizhnogo sostava promyshlennogo transporta / Zabelin G.D., Kurasov D.A., Pacovskij Ju.V., Solov'ev V.V. Pod red. Potapova M.G. - М.: Transport, 1982. - 288 s.
5. James R. Stock, Douglas M. Lambert. Strategic Logistics Management. McGraw-Hill/Irwin, 2001. -872p.
6. Roy D. Shapiro, James L. Heskett. Logistics strategy: cases and concepts. West Pub. Co., 1985. – 602p.
7. Shanchenko P.A., Podshivalov A.B., Janygin V.Ju. Statisticheskaja ocenka pokazatelej kachestva raboty lokomotivnogo hozjajstva // Vestnik VNIIZhT. 2002. № 5. S. 20-25.
8. Ekonomika, organizacija i planirovanie lokomotivnogo hozjajstva / Pod red. S.S. Maslakova. - М.: Transport, 1983. - 359 s.
9. Sosunova L.A., Frejdman L.A. Upravlenie razvitiem mezologisticheskoy sistemy na principah gomeostaticeskogo podhoda. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo jekonomicheskogo universiteta. Vypusk № 6(128) 2015. – S.59-63.

Харламов П.А., Харламова Е.Н. Управление развитием мезологистической системы ремонта подвижного состава.

В статье проанализированы аспекты управления развитием мезологистической системы ремонта подвижного состава. В качестве мезологистической системы было принято производственное предприятие по ремонту подвижного состава как транспортно-логистический кластер с виртуальными связями. Рассмотрен процесс межсистемного взаимодействия, разработанная математическая модель оптимального распределения ресурсов и поэтапной оптимизации ресурсной, структурной и функциональной чрезмерности работы ремонтного подразделения в мезологистической системе, а также предложен алгоритм ее практической реализации.

Ключевые слова: мезологистическая система, виртуальный транспортно-логистический кластер, система ремонта, распределение ресурсов.

Kharlamov P., Kharlamova O. Development management of the mesologistic system of rolling stock maintenance

Repair units of the railway transport are under the influence of the outdated system of planning and rationing repair work, which has a significant negative impact on the work of the entire enterprise. Specificity of the work of the railway transport requires effective ways to the formation of interconnections systems, different in their functional, territorial and sectoral features. This is possible through the implementation of a modern network concept for the development of transport economics - the creation of mesologistic systems and their special form - network transport and logistic clusters with virtual communications. From these systems, optimization of expenses for the repair of the fleet of rolling stock and the cost of the stock system depends. Were considered advanced concept of "just-in-time", KANBAN, MRP (materials resource planning), which can determine the minimum necessary and sufficient reserves for the company and reasonable opportunity and need for logistics principles and methods for the formation of an effective mesologistic repair system.

Key words: mesologistic system, virtual transport and logistics cluster, repair system, resource allocation.

Харламов Павло Олександрович - к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту, Kharlamov.erps@gmail.com

Харламова Олена Миколаївна - ст. викладач кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту, kharlamova.inyazdep@kart.edu.ua

Рецензент: д.т.н., проф. **Глікін М.А.**

Статья подана 28.05.2018

УДК 547.223

ВЛАСТИВОСТІ ГАЛОГЕНАНТРАХІНОНІВ В СИНТЕЗІ БІАРИЛІВ ДЛЯ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ БАРВНИКІВ ТА ПІГМЕНТІВ

Шапкін В.П., Парамонова Л.М., Мороз О.В., Бушуєв А.С.

THE PROPERTIES HALOGENANTHRAQUINONES IN THE SYNTHESIS BIARILS FOR POLYCYCLIC DYES AND PIGMENTS

Shapkin V., Paramonova L., Moroz A., Bushuev A.

Досліджено вплив розчинника та концентрації реагентів на перебіг і результати синтезу біарилів з галогенантрахінонів на прикладі реакції 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону з міддю. Застосування концентрованих реакційних сумішей і донорних апротонних біполярних розчинників при співвідношенні мідь-арилгалогенід, яке незначно перевищує еквімолярне, призводить до скорочення тривалості індукції і збільшення виходу біарилів, що пояснюється взаємодією компонентів комплексу метал-арилгалогенід-розчинник. Розроблену удосконалену технологією синтезу 4-хлор-1-бензоїламіноантрахінону апробовано в дослідницькому цеху ВАТ "Рубежанський "Краситель" з антрахінону коксохімічної смоли з випуском пігменту червоного антрахінонового для лакофарбової промисловості.

Ключові слова: біарильний синтез, арилгалогенантрахінони, 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінон, 4,4'-добензоїламіно-1,1'-біантрахіноніл, антрахінонові барвники, технологія

Вступ. Раніше було встановлено [1], що при взаємодії 1-галогенантрахінонів з порошком міді в киплячому диметилформаміді (ДМФА) протікає паралельно утворення відповідних біантрахінонілів, їх дегалоген- і алкілпохідних субстратів [2-4], а кінетичні криві утворення основних продуктів мають характерну S-подібність з явно вираженим індукційним періодом. Також було виявлено, що в киплячому розчині ДМФА на арилгалогенантрахінони, каталітичну дію оказує не тільки мідь, але і такі 3d-метали, як залізо, кобальт і нікель, причому біарили утворюються з дещо меншим виходом, ніж при використанні міді [5].

Постановка проблеми. Високоцінні поліциклічні антрахінонові барвники на сьогоднішній день мають досить широке використання, в зв'язку з чим є цікавим та перспективним дослідження впливу розчинників та концентрації вихідних сполук на перебіг реакції при їх отриманні. В якості характерного прикладу досліджено взаємодію 1-хлор-4-

бензоїламіноантрахінону (I_a) з міддю в середовищі органічних розчинників. Вибір арилгалогеніду (I_a) обумовлений тим, що ациламіногрупа майже не впливає на рухливість галогену. Важливо і те, що на основі цього субстрату здійснено синтез промислово важливих 2,2'-добензоїламіно-1,1'-біантрахінонілу, 4,4'-добензоїламіно-1,1'-біантрахінонілу (II_a) і на їх основі – високоцінних поліциклічних антрахінонових барвників: жовтого Ч (С.І. Пігмент жовтий 24 – флавантрон), помаранчевого (С. І. Пігмент помаранчевий 48 – пірантрон) і червоного (С. І. Пігмент червоний 177) [6]

Мета статті. Метою проведених досліджень було з'ясування впливу розчинників а також концентрації реагентів на перебіг і результати біарильного синтезу в ряду антрахінону.

Основні матеріали досліджень

Експериментальна частина. а). Синтез 4,4'-добензоїл-1,1'-біантрахінонілу (II_a). Суміш 47 ммоль порошку міді і 100 мл ДМФА нагрівали до 155±5°C, додавали 27,6 ммоль 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону (I_a), кип'ятили при перемішуванні 2 год. Початок реакції фіксували візуально по утворенню осаду лимонного кольору 4,4'-добензоїламіно-1,1'-біантрахінонілу (II_a). Кінець реакції відзначали за відсутності вихідної сполуки (I_a) методом ТШХ. Осад, що випав, відфільтровували від гарячого розчину, промивали киплячим ДМФА (5x40 мл) і 50 мл води, потім для виділення непрореагованого порошку міді осад змішували з 100 мл води, яка містить 1,1 ммоль КСlO₃ і 2 мл концентрованої сульфатної кислоти (H₂SO₄), суспензію витримували 30 хв. при 95±5°C. Осад з виходом (60%) відфільтровували, промивали гарячою водою і висушували. При гідролізі отриманої сполуки (II_a) в кількості 5,41 г у концентрованій сульфатній кислоті при 95±5°C з кількісним виходом утворюється 4,4'-діаміно-1,1'-біантрахіноніл з T_{пл.} 356-358°C [1]. В аналогічних умовах реакцію проводили з варіюванням вихідної

концентрації сполуки (I_a) (табл. 1), а також в середовищі інших органічних розчинників (табл. 2).

б). Суміш 95 ммоль порошку міді і 70 мл ДМФА нагрівали до $155 \pm 5^\circ\text{C}$, додавали 14 ммоль 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону (I_a) і кип'ятили при перемішуванні 1 год. Початок реакції фіксували візуально по утворенню осаду сполуки (II_a) і методом ТШХ. В цей момент до реакційної суміші додавали 42 ммоль вихідної сполуки (I_a) і витримували при температурі кипіння 30 хв. Кінець реакції відзначали за відсутності вихідної сполуки (I_a) методом ТШХ. Осад сполуки, що випав (II_a), відфільтровували від гарячого розчину, промивали киплячим ДМФА (3x50 мл) і 100 мл води. Порошок міді видаляли з осаду, як зазначено вище (див. методику а). Вихід сполуки (II_a) склав 13,6 г (76 %).

Обробку проб для кінетичних вимірювань проводили наступним чином. Щоб уникнути гідролізу мідьорганічних або інших мідьмісних сполук, реакцію в пробах припиняли розбавленням попередньо зваженої порцією ДМФА (50 мл), суміш також зважували і по різниці ваги визначали масу проби. Суспензію перемішували, осад відфільтровували, промивали 5 мл води, висушували і зважували. У розчині визначали концентрацію хлорид-іонів методом потенціометричного титрування, вміст сполук (I_a) і (III_a) за спектрами поглинання і флуоресценції, а концентрацію іонів міді вимірювали методом атомно-абсорбційної спектроскопії. При розрахунку концентрацій аналізованих компонентів реакційної суміші враховували маси осаду і проби.

в). Синтез 1,1'-біантрахіонілів ($II_{б-е}$). Суміш 10,3 ммоль порошку міді і 100 мл ДМФА нагрівали до $155 \pm 5^\circ\text{C}$ і додавали 60 ммоль 4-заміщеного 1-хлорантрахінону ($I_{б-д}$) [сполуку (I_e) додавали у кількості 30 ммоль]. Контроль перебігу реакції і обробку продуктів реакції проводили за методикою (а). Умови реакції, виходи і характеристики отриманих біантрахіонілів ($II_{б-е}$) представлені в табл. 3 (поряд з посиланнями на відомі методи їх отримання, крім сполук, отриманих вперше).

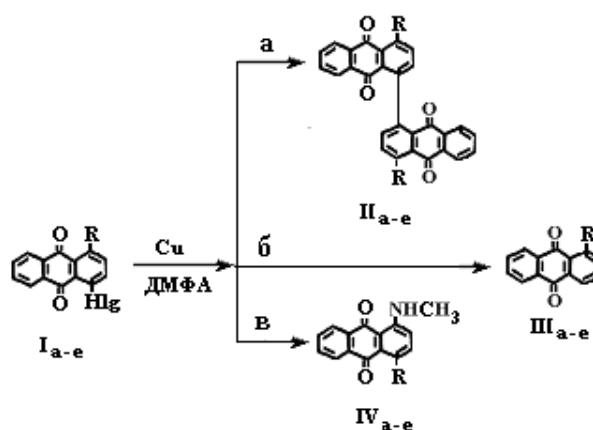
В експериментах до суспензії порошку міді в органічному розчиннику, нагрітої до температури кипіння, додавали порошок арилгалогеніду (I_a) і отриману реакційну суміш перемішували з постійною швидкістю при постійній температурі протягом декількох год. Варіювалися початкова концентрація сполуки (I_a), співвідношення мідь-арилгалогенід і розчинник. Кінетику досліджували методом послідовного відбору проб, в яких визначали концентрацію хлорид-іонів, іонів міді і сполук (I_a) і (III_a) з відносною похибкою 1-5%.

Електронні спектри поглинання ДМФА-розчинів 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону (I_a) і 1-бензоїламіноантрахінону (III_a) записували на спектрофотометрах СФ-4 і СФ-14. Для вимірювання спектрів флуоресценції використовували спектрофлуориметр на базі чутливого в області 515 нм спектрометра ДФС-12. Атомно-абсорбційні

спектри міді вимірювали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі «Сатурн» за стандартною методикою. Контроль за ходом реакції і індивідуальністю речовин проводили методом ТШХ (пластинки Silufol UV-254, елюент – хлорбензен-етилацетат 10:1).

У першій серії експериментів початкову концентрацію арилгалогеніду (I_a) в ДМФА $[I_a]_0$ змінювали в межах від 0,01 до 0,3 моль/дм³. Співвідношення мідь-арилгалогенід залишалось постійним $[Cu]_0/[I_a] = 1.7$.

Результати досліджень. Встановлено, що протікають дві конкуруючі реакції, основними продуктами яких є біарил (II_a) і 1-бензоїламіноантрахінон (III_a). В продуктах реакції виявлена також незначна домішка 1-диметиламіно-4-бензоїламіноантрахінону (IV_a), що утворюється з виходом до 5% при взаємодії арилгалогеніду (I_a) з ДМФА. Надалі при кінетичних вимірах цю домішку не враховували. Аналогічно протікає біарильний синтез на основі інших 1-галогенантрахіонів ($I_{б-е}$)



I-IV: R = $NHCOCH_2H_5$ (а); H – (б); CH_3 – (в); $NHCHO$ – (г); $NHCOCH_3$ (д); $NHCH_3$ (е); $Hgl=Cl$ (а-д)

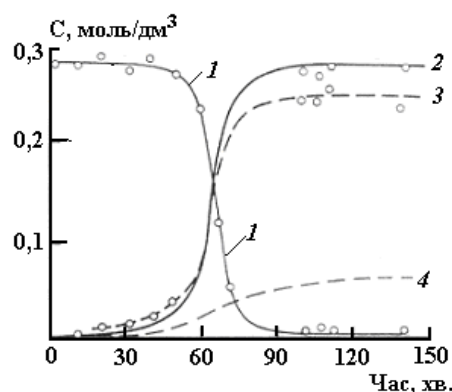


Рис. 1. Залежність концентрації вихідного 1-галогенантрахінону (I_a) і продуктів реакції від тривалості синтезу біарилу (II_a): 1 – 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону (I_a), 2 – іони хлору (Cl^-); 3 – іони міді (Cu^{2+}); 4 – біарил (II_a)

Типова картина перебігу реакції представлена на рис. 1. Результати реакції характеризувалися

виходами основних продуктів $\eta(\text{II}_a)$ і $\eta(\text{III}_a)$, їх співвідношенням $\eta(\text{II}_a)/\eta(\text{III}_a)$ і найбільшим ступенем перетворення арилгалогеніду (I_a), а її розвиток – тривалістю індукції (ϵ), за який ступінь перетворення арилгалогеніду (I_a) досягає 5%, а також характерним терміном реакції (τ), за який досягалася найбільша швидкість перетворення реагенту (I_a), що близько до терміну напівперетворення арилгалогеніду (I_a). Основні результати цієї серії експериментів представлені в табл. 1 (середні величини за результатами трьох дослідів).

З отриманих даних випливає, що при підвищенні вихідної концентрації арилгалогеніду (I_a) переважно утворюється біарил (II_a), а при її зниженні відбувається сприяння протіканню дегалогенування (шлях б), збільшення індукційного періоду і характерного продовження τ . Дійсно, в окремому досвіді в таких же умовах, але при вихідній концентрації арилгалогеніду (I_a) 0,01 моль/дм³ його перетворення протікає повільно, через 20 год досягнута ступінь перетворення 43%, причому утворюється тільки продукт дегалогенування (III_a), а отримання біарилу (II_a) не зафіксовано.

Таблиця 1

Вплив початкової концентрації 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону (I_a) на процес синтезу біарилу (II_a) в ДМФА, (155 ± 5)°C, $[\text{Cu}_0/\text{I}_a] = 1.7$

Вихідна концентрація сполук (I_a), $[\text{I}_a]$, моль/дм ³	Вихід сполук (II_a), $\eta(\text{II}_a)$, %	Відношення $\eta(\text{II}_a)/\eta(\text{III}_a)$	Тривалість індукції, τ_0 (хв)	Характерний термін, τ (хв)	Час витримки, $\tau_{\text{виг.}}$ (хв)
0,30	65	2,3	40	45	120
0,28	60	1,7	50	58	120
0,10	35	0,6	110	120	240
0,03	13	0,6	-	-	300

Таким чином, змінюючи вихідну концентрацію арилгалогеніду (I_a), можна спрямовувати процес переважно як по шляху а, так і по шляху б (див. схему реакції). У всіх наведених випадках взаємодія арилгалогеніду (I_a) з міддю в середовищі ДМФА являє собою гетерофазну реакцію, на початку якої твердою фазою є порошок міді, а при закінченні – прореагований порошок міді і мало розчинний в ДМФА біарил (II_a). З отриманих результатів (табл. 1) також випливає, що внаслідок гетерофазності процесу значне підвищення вихідної концентрації $[\text{I}_a]$ не ефективне, тобто існує верхня межа величини концентрації $[\text{I}_a]$, яка визначається не тільки розчинністю арилгалогеніду (I_a) в ДМФА, але і його в'язкістю в розчині і в реакційній суміші в цілому в реальних умовах. Більш ефективним виявився прийом порційного введення арилгалогеніду (I_a) в реакційну суміш. Спочатку вводили приблизно чверть необхідної кількості арилгалогеніду (I_a), забезпечуючи високу, але не граничну концентрацію його в період індукції. Після завершення індукційного періоду, в момент

бурхливого розвитку реакції, швидко придавали решту арилгалогеніду (I_a). При цьому не вдавалося виявити якого-небудь уповільнення реакції внаслідок продовження тривалості індукції навіть з введенням нової порції арилгалогеніду (I_a). Навпаки, у всіх випадках спостерігалось різке зростання швидкості реакції, і вже через хвилину після придавання останньої порції арилгалогеніду $[\text{I}_a]_0$ його максимальна концентрація $[\text{I}_a]_m$ становила менше половини сумарної розрахункової концентрації $[\text{I}_a]_c$. Так, при $[\text{I}_a] = 0,197$ моль/дм³ і $[\text{I}_a] = 0,788$ моль/дм³ зафіксована концентрація $[\text{I}_a]_m = 0,337$ моль/дм³ з виходом біарилу (II_a) $\eta(\text{II}_a) = 76\%$, $\eta(\text{II}_a)/\eta(\text{III}_a) = 3,8$. Кінетика перетворення арилгалогеніду (I_a) при порційному введенні його в реакційну суміш приведена на рис. 2.

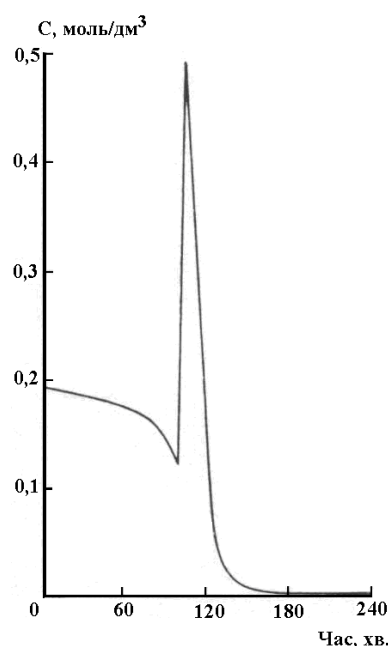


Рис. 2. Залежність зміни концентрації вихідного 1-галогенантрахінону (I_a) від часу при порційному введенні сполуки (I_a) в ході синтезу біарилу (II_a)

Для успішного проведення синтезу біарилів з арилгалогенідів зазвичай на ВАТ "Рубежанский "Краситель" використовували 5-кратний надлишок міді проти еквімолярної кількості. Однак, така практика не обгрунтована, виходячи з уявлень про можливий механізм реакції. Тому в другій серії експериментів проведені дослідження по впливу співвідношення мідь-арилгалогенід на результати біарильного синтезу. Умови були такі ж, як і в першій серії дослідів. Вихідна концентрація арилгалогеніду (I_a) становила 0,276 моль/дм³, а вихідне молярне співвідношення мідь-арилгалогенід $[\text{Cu}]_0/[\text{I}_a]_0$ змінювалося, приймаючи такі величини: 4,00, 2,50, 1,71, 1,15, 0,50, 0,25. При цьому вихід біарилу (II_a) змінювався в (%) в такій послідовності: 58, 61, 59, 60, 43, 18. Відношення концентрації галогенід-іонів до концентрації іонів міді $[\text{Cl}^-]/[\text{Cu}^+]$ у період прискорення реакції дещо більше одиниці.

У період спаду реакції це відношення майже не змінюється, якщо є надлишок порошку міді, тобто, якщо $[Cu]_o/[I_a]_o > 1$, то $[Cl^-]_\infty/[Cu^+]_\infty \geq 1$. Однак при недоліку порошку міді в період спаду реакції ставлення $[Cl^-]/[Cu^+]$ збільшується: при $[Cu]_o/[I_a]_o = 0.5$ $[Cl^-]_\infty/[Cu^+]_\infty \approx 1,3$, а при $[Cu]_o/[I_a]_o = 0,25$ $[Cl^-]_\infty/[Cu^+]_\infty \approx 1,7$. Ці результати прямо вказують на те, що мідь в біарильному синтезі грає роль реагента-відновника. До кінця реакції мідь, що окислюється, знаходиться в розчині переважно у вигляді іонів Cu^+ з невеликою домішкою Cu^{2+} , якщо порошок міді узятो з надлишком або з невеликим недоліком. Якщо недолік порошку міді значний, то до кінця реакції мідь повністю переходить в розчин переважно у вигляді Cu^{2+} . Наявність іонів Cu^{2+} в реакційній суміші при біарильному синтезі підтверджено методом ЕПР. З отриманих результатів також випливає, що багаторазовий надлишок порошку міді не є необхідним і не визначає результати реакції.

Зазвичай біарильний синтез ведуть при високих температурах (вище 200°C) і тому застосовують висококиплячі органічні розчинники, такі як нітробензен, 1,2,4-трихлорбензен, дифеніл та ін. [7]. Тому в третій серії експериментів досліджено вплив розчинника на перебіг і результати синтезу біарилів при більш низьких температурах. Досліди проводилися у зіставних умовах: при температурі реакційної суміші не вище 160°C. Встановлено, що в неполярних і малополярних розчинниках (нафталін, 1,2,4-трихлорбензен), а також у протонодонорних розчинниках (етиленгліколь, діетиленгліколь, циклогексанол) реакція не протікає і арилгалогенід (I_a) не змінюється. Результати, отримані при використанні апротонних біполярних розчинників, представлені в табл. 2. Для порівняння в табл. 2 приведені також відомі розчинники, які характеризуються донорними і акцепторними числами [8] і дипольними моментами D (в Дебаях) за даними в науковій [9] і патентній літературі (див. табл.3)

Отримані результати показують, що вихід біарилу (II_a) залежить швидше не від полярності розчинника, а від його донорно-акцепторних властивостей. У полярних, але слабо-донорних розчинниках (нітробензен) в умовах експерименту реакція не протікає. Навпаки, в електрондонорних

апротонних розчинниках біарил (II_a) утворюється з високим виходом при ступені перетворення сполуки (I_a) $\epsilon = 100\%$. У ряді випадків (1-метил-2-піролідон, диметилсульфоксид – ДМСО) для досягнення високого виходу потрібна інертна атмосфера, роль якої може бути виявлена при проведенні спеціальних додаткових досліджень.

Таблиця 2

Вплив апротонних біполярних розчинників на процес синтезу біарилу (II_a)

Розчинник	Донорне число (DN)	Акцепторне число (AN)	Дипольний момент (μ), Д	Температура реакції, °C	Вихід біарилу, (II_a), %
Нітробензен	4,4	14,8	4,0	160	0 ^a
ДМФА	26,6	16,0	3,8	155	66
1-метил-2-піролідон	27,3	13,3	4,1	160	53 ^b
ДМАА	27,8	-	3,8	160	39
ДМСО	29,8	19,3	3,9	160	61 ^b
Піридин	33,1	14,2	2,2	115	35

Примітка: ^aступінь перетворення сполуки (I_a) $\epsilon_{\infty} = 0$; ^bреакцію проводили в струмі азоту.

Отже, вибір розчинника, котрий є оптимальним для конкретного арилгалогеніду з поєднанням протон- і електрондонорними властивостями, тобто апротонного розчинника з великим дипольним моментом і високою донорністю, дозволяє проводити синтез біарилів у більш м'яких умовах. Це поєднання властивостей визначається, мабуть, взаємодією компонентів комплексу «метал-арилгалогенід-розчинник», що утворюється в початковий період реакції. Виходи і деякі характеристики отриманих біарилів (I_{6-c}) наведено в табл. 3.

Таким чином, у трьох серіях експериментів досліджено вплив розчинників, а також концентрації арилгалогеніду і міді на перебіг і результати синтезу біарилів і запланований підхід до вибору оптимальних умов для проведення цієї реакції. Виявлені закономірності проявляються при використанні в біарильному синтезі не тільки модельного арилгалогеніду (I_a), але і інших 4-заміщених 1-галогенантрахінонів. З урахуванням цих закономірностей було синтезовано ряд біарилів (II_{6-c}) з арилгалогенідів (I_{6-c}).

Таблиця 3

Константи, виходи та дані елементного аналізу біарилів (II_{6-c}), отримані з 4-заміщених 1-галогенантрахінонів (I_{6-c}); 155±5°C, ДМФА

Номер сполуки	Концентрація $[I]_o$, моль/дм ³	Вихід біарилу, %	Тпл., оС	Знайдено, %			Формула	Розраховано, %		
				С	Н	N		С	Н	N
II_b	0,6	50	428	81,18	3,11	-	$C_{28}H_{14}O_4$	81,15	3,40	-
II_v	0,6	32 ^a	384	81,43	4,00	-	$C_{30}H_{18}O_4$	81,44	4,10	-
II_r	0,6	64	418	71,60	3,00	6,08	$C_{30}H_{16}N_2O_4$	72,00	3,22	5,60
II_d	0,6	57	385	75,88	3,92	5,89	$C_{30}H_{20}N_2O_4$	76,26	4,27	5,93
II_e	0,3	48	433	72,31	3,95	5,12	$C_{32}H_{20}N_2O_6$	72,72	3,81	5,30

Примітка: ступінь перетворення сполуки (I_b) $\epsilon = 85\%$, а сполук (I_6) і (I_{6-c}) – 100%.

За результатами дослідження розроблено удосконалену технологією синтезу 4-хлор-1-бензоїламіноантрахінону з антрахінону коксохімічної смоли з підвищеним виходом продукту на 7,4%, зниженим на 3,49 т/т матеріальним індексом, збільшеною на 25,1 кг/(м³·год) продуктивністю процесу з заміною токсичного нітробензену на менш токсичний хлорбензен. За розробленою удосконаленою технологією синтезу пігменту червоного антрахінонового підвищений на 4% вихід і знижений матеріальний індекс на 7 т/т, збільшена продуктивність на 12 кг/(м³·рік) та зменшена стадійність процесу з 12 до 7.

Удосконалена технологія освоєна на дослідно-промисловій установці ВАТ "Рубежанский "Краситель" (м. Рубіжне), де з 4-хлор-1-аміноантрахінону синтезували 4,4'-добензоїламіно-1,1'-діантрахіноніл (барвник кубовий яскраво-жовтого кольору для текстильної промисловості і фарбування багатьох полімерів), з якого при подальшому дебензоїлюванні в середовищі концентрованої сульфатної кислоти отримували 4,4'-діаміно-1,1'-діантрахіноніл (пігмент червоний антрахіноновий, С.І. 177) [1], котрий володіє високою стійкістю до дії хімічних реагентів і органічних розчинників, термо- і погодостійкістю а також користується попитом у лакофарбовій промисловості у виробництві високоякісних фарб і емалей для літако- і машинобудування.

Висновок. Досліджено вплив розчинника та концентрації реагентів на перебіг і результати синтезу біарилів з галогенантрахінонів на прикладі реакції 1-хлор-4-бензоїламіноантрахінону з міддю. Застосування концентрованих реакційних сумішей і донорних апротонних біполярних розчинників при співвідношенні мідь-арилгалогенід, котре незначно перевищує еквімолярне, призводить до скорочення тривалості індукції і збільшення виходу біарилів, що у свою чергу пояснюється взаємодією компонентів комплексу метал-арилгалогенід-розчинник.

За результатами проведених досліджень проведені випробовування удосконаленої технології синтезу 4-хлор-1-бензоїламіноантрахінону у дослідницькому цеху ВАТ "Рубежанский "Краситель" (м. Рубіжне) з антрахінону коксохімічної смоли з випуском пігменту червоного антрахінонового для лакофарбової промисловості.

Л і т е р а т у р а

1. Шапкін В.П., Парамонова Л.М., Мороз О.В. Синтез барвника червоного антрахінонового з 4-хлор-1-бензоїламіноантрахінону – похідного антрахінону з коксовугільної смоли / Хімічна промисловість України. – 2016. – №5-6. – С.30-37.
2. Шапкін В.П., Мороз А.В. Синтез 5,13-діазопирантрона из 1-хлор-2-аминоантрахинона / В.П. Шапкин, А.В. Мороз / Хімічна промисловість України. – 2013. – № 6. – С. 14-20.
3. Шапкін В.П., Мороз О.В. 16,17-Диметоксивоантрон. Синтез каталітичним метилуванням 16,17-дигідроксивоантронну / Хімічна промисловість України. – 2014. – № 2. – С. 23-29.
4. Шапкин В.П., Мороз А.В. Металлокомплексный и межфазный катализ процессов синтеза ряда N-, O- и S-содержащих ароматических продуктов / Хімічна промисловість України. – 2014. – № 3. – С. 38-42.
5. Парамонова Л.Н. В сб.: Тезисы докладов конференции «Ароматическое нуклеофильное замещение». – Новосибирск. – 1982. – С. 59.
6. COLORINDEX 80. Band 2. Farbstoffe für Leder und Rauchwaren, Farbstoffe für andere Industriezweige sowie organische Pigmente / «ИНТЕРХИМ». – Галле, 1980. – 647 с.
7. Гошаев М., Отрошенко О.С., Садьков А.С. Реакция Ульмана / Усп. хим. – 1972, т. 41. – С. 2198-2223.
8. Бургер К. Сольватация, ионные реакции и комплексообразование в неводных средах. – М.: Мир. – 1984. – 256 с.
9. Рейхардт Х. Растворители в органической химии. – Л.: Химия. – 1973. – 150 с.

References

1. Shapkin V. P., Paramonova L. M., Moroz A. V. the Synthesis of the red dye antrahinonove 4-chloro-1-benzocaineenthol – derived anthraquinone with koksovalnoj resin / Chemical industry of Ukraine.
2. Shapkin V. P., Moroz A. V. the Synthesis of 5,13-diazapentane of 1-chloro-2-aminoanthraquinone / U. P. Shapkin, A. V. Moroz / Chemical industry of Ukraine. – 2013. – No. 6. – P. 14-20.
3. Shapkin V. P., Moroz A. V. 16,17-Dimethoxysilane. Synthesis of catalytic methylomonas 16,17-digtransferring / Chemical industry of Ukraine. – 2014. – No. 2. – S. 23-29.
4. Shapkin V. P., Moroz A. V. metal complex and phase transfer catalysis synthesis of a series of N-, O - and S-containing aromatic products / HMN promislovosti Ukraine. – 2014. – No. 3. – P. 38-42.
5. Paramonova L. N. In proceedings of: abstracts of the conference "Aromatic nucleophilic substitution". – Novosibirsk. – 1982. – S. 59.
6. COLORINDEX 80. Band 2. Farbstoffe für Leder und Rauchwaren, Farbstoffe für andere Industriezweige sowie organische Pigmente / «INTERCHIM». – Galle, 1980. – 647 s.
7. Goshayev M., Otroschenko O. S., Sadykov A. S. / Advances in chemistry. – 1972, vol. 41. – S. 2198-2223.
8. Burger K. Solvation, ionic reactions and complexation in non-aqueous media. – M.: Mir. – 1984. – 256 p.
9. Reichardt X. Solvents in organic chemistry. – L.: Chemistry. – 1973. – 150 p.

Шапкин В. П., Парамонова Л. Н., Мороз А. В., Бушуев А. С. Свойства галогенантрахинонов в синтезе биариллов для полициклических красителей и пигментов.

Исследовано влияние растворителя и концентрации реагентов на протекание и результаты синтеза биариллов из галогенантрахинонов на примере реакции 1-хлор-4-бензоиламиноантрахинона с медью. Использование концентрированных реакционных смесей и донорных апротонных биполярных растворителей при соотношении медь – арилгалогенид, незначительно превышающее эквимольное, приводит к уменьшению

длительности индукции и увеличению выхода биариллов, что объясняется взаимодействием компонентов комплекса метал – арилгалогенид – растворитель. Разработанная усовершенствованная технология синтеза 4-хлор-1-бензоиламиноантрахинона прошла апробацию в исследовательском цеху ОАО «Рубежанский Краситель» из антрахинона коксохимической смолы с выпуском пигмента красного антрахинонового для лакокрасочной промышленности.

Ключевые слова: биарильный синтез, арилгалогенантрахинон, 1-хлор-4-бензоиламиноантрахинон, 4,4'-добензоиламино-1,1'-биантрахинонил, антрахиноновые красители, технология.

Shapkin V., Paramonova L., Moroz A., Bushuev A.
The Properties halogenanthraquinones in the synthesis biaryls for polycyclic dyes and pigments

The influence of solvent and concentration of reactants on the progress and results of the synthesis of biaryls with galogen anthraquinones for example, reaction of 1-chloro-4-benzylaminoanthraquinone with copper has been investigated. The use of concentrated reaction mixtures and dipolar aprotic donor solvents at a ratio of copper–arylhalogenide, slightly more than equimolar, leads to a reduction of the duration of induction and the increase in the yield of biaryls that is due to the interaction of the components of the complex metal–arylhalogen–solvent. Advanced technology for the synthesis of 4-chloro-1-benzoilaminoanthraquinone tested

research Department of JSC "Rubezhnoye "Dye" from anthraquinone coke and tar with the release of antrahinonone pigment red for paint industry has been developed

Keywords: biaryl synthesis, arylgalogenanthraquinone, 4-chloro-1-benzoilaminoanthraquinone, 4,4'-benzoilamino-1,1'-bianthraquinonil, anthraquinone dyes, technology.

Шапкін Володимир Петрович – к.х.н., доцент кафедри хімічних і фармацевтичних технологій, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). Shapkinvp@gmail.com

Парамонова Людмила Миколаївна – науковий співробітник Інституту хімічної технології і промислової екології (ІХТПЕ) ВАТ «Рубежанський Краситель», м. Рубіжне.

Мороз Олексій Валерійович – к.т.н., асистент кафедри екології, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне).

Бушуєв Андрій Сергійович – к.т.н., доцент кафедри хімічних і фармацевтичних технологій, Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Рубіжне). bushuev@i.ua

Рецензент: д.х.н., проф. **Суворін О.В.**

Стаття подана 1.03.2018

УДК 620.179.143

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО УСУНЕННЯ МАГНІТНИХ ЗАВАД ПРИ ФЕРОЗОНДОВОМУ КОНТРОЛІ ОСЕЙ КОЛІСНИХ ПАР

Шведчикова І.О., Шевченко О.І., Нікітченко І.В.

ANALYSIS OF APPROACHES TO REMOVING OF MAGNETIC INTERFERENCE UNDER FLUXGATE TESTING OF AXES OF WHEEL PAIRS

Shvedchykova I.O., Shevchenko O.I., Nikitchenko I.V.

В статті визначено та проаналізовано основні підходи до зменшення або усунення магнітних завад при ферозондovому контролі дефектів в осях колісних пар. За результатами порівняльного аналізу виділено три основних напрямки усунення магнітних завад: використання схемних рішень, фільтрація сигналів з ферозонду за допомогою цифрових фільтрів та впровадження конструктивних удосконалень блоку ферозондових датчиків. Показано, що найбільш універсальним напрямком зменшення магнітних завад є конструктивні удосконалень ферозондових датчиків, варіанти технічної реалізації яких запропоновані в статті.

Ключеві слова: вісь колісної пари, дефект, неруйнівний контроль, магнітне поле, завада, ферозонд.

Вступ. Високі швидкості руху на залізничному транспорті та перспективи їх подальшого зростання висувають підвищені вимоги до безпеки руху потягів. Одним з найбільш відповідальних вузлів рухомого складу є колісна пара, порушення в роботі якої неприпустимі. Будь-який дефект колісної пари, наприклад, злам осі, може привести до непоправних наслідків, які супроводжуються великими економічними втратами, а часто, і людськими жертвами. Враховуючи, що колісна пара є основним вузлом рухомого складу та найбільш схильна до динамічних навантажень, то діагностика стану колісної пари і, в першу чергу осей, є актуальним науково-технічним завданням.

Постановка проблеми. Основною перешкодою для використання ферозондового методу неруйнівного контролю східчастих циліндричних поверхонь, зокрема осей колісних пар, є магнітне поле завади, обумовлене крайовим ефектом і високою кривизною поверхні на сходинах. Попри те, що топографія магнітного поля завади відома, вона не є детермінованою, оскільки відрізняється для різних осей і різних умов намагнічування. У цій роботі ставиться завдання проаналізувати відомі

підходи до усунення завади постійного магнітного поля або магнітного поля, що повільно змінюється, при ферозондovому контролі дефектів несущальності в осях колісних пар.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В процесі експлуатації утворюються, зокрема, такі дефекти осей колісних пар [1, 2]:

тріщини – через невиявлені при виготовленні виробничо-технологічні дефекти;

рифлення – в результаті ураження поверхні катання колеса електричним струмом певної частоти в результаті пробою;

задири і риси на підматочинних частинах осі – через схоплювання металу при розпресуванні коліс з осі або при провороті колеса на осі при порушенні пресового з'єднання колеса з віссю;

корозійні ушкодження на шийках і галтелях осі – через взаємодію з поверхнево активними хімічними речовинами, водою і вологою.

Для своєчасного виявлення і вилучення з експлуатації осей колісних пар з дефектами в процесі виготовлення та ремонту передбачені візуальні обстеження, а також застосування технічних засобів магнітної, ультразвукової або вихорострумової дефектоскопії [1-7]. Так, в [3] описана установка, що призначена для виявлення внутрішніх і поверхневих дефектів при проведенні автоматизованого неруйнівного контролю колісних пар вантажних вагонів ультразвуковим і вихорострумовим методами. Недоліками вказаних методів контролю є великі завади, що виникають із-за конструктивних особливостей осі.

У практиці магнітної дефектоскопії осей колісних пар в період їх виготовлення або ремонту найбільше поширення отримав магнітопорошковий метод, заснований на візуальній реєстрації магнітних полів розсіяння, що виникають над дефектами. Він дозволяє контролювати вироби будь-яких розмірів і форм [4, 5]. В процесі магнітопорошкового

контролю значну роль відіграє людський чинник, що знижує достовірність контролю. Навіть при використанні оптико-електронних засобів спостереження за станом поверхні магнітопорошковий метод є візуальним, тобто роль оператора-дефектоскопіста в процесі контролю зберігається домінуючою.

Для підвищення якості неруйнівного контролю осей колісних пар вагонів в [6] запропоновано поряд з існуючими методами ультразвукового та магнітопорошкового контролю використовувати додатковий контроль за величиною коерцитивної сили з визначенням залишкових і робочих внутрішніх напружень металу.

Таким чином, аналіз літературних джерел показав, що існуючі методи неруйнівного контролю осей колісних пар характеризуються суб'єктивністю в оцінці дефектів і складністю автоматизації процесу контролю. Повністю автоматизувати процес контролю дозволяє магнітоферозондовий (ферозондовий) метод. Проте для контролю осей рухомого складу цей метод досі не отримав широкого застосування через поля розсіяння східчастої поверхні осі, яка створює поле завади, що перевищує за величиною поле розсіяння дефектів.

Мета статті. Аналіз відомих підходів до усунення завад магнітного поля при ферозондовому контролі дефектів несущальності в осях колісних пар.

Результати дослідження. Ферозондовий метод неруйнівного контролю заснований на зчитуванні розподілу параметрів магнітного поля на поверхні намагніченої контрольованої деталі за допомогою ферозондових перетворювачів [7]. Порівняння отриманого розподілу поля з еталонним (характерним для бездефектної деталі) дозволяє прийняти рішення про виявлення (чи не виявлення) дефекту.

У ферозондах реалізується процес взаємодії двох полів: зовнішнього вимірюваного і власного поля збудження. Ферозонд складається з двох осердь, виконаних з магнітом'якого матеріалу (аморфне залізо), і має дві обмотки: збудження і вимірювальну. Обмотка збудження живиться синусоїдальним струмом такої амплітуди, щоб доводити осердя до стану, близького до насичення. Спектр вихідної електричної містить, окрім другої гармоніки, також вищі гармоніки, амплітуди яких пропорційні вимірюваному полю H_0 . Найбільш часто використовуються стрижневі ферозонди.

Основним методом усунення завади постійного магнітного поля при ферозондовому контролі дефектів несущальності є включення напівелементів ферозондів за градієнтнометричною схемою. Метод цей є ефективним за рахунок простоти реалізації і можливості глибокого пригнічення завади.

На рис.1 показана вертикальна складова поля завади H_n і різницевої напруженості ΔH_n сигналу і завади на осі з дефектом в галтельному переході. З

графіків видно, що навіть включення ферозонду за градієнтнометричною схемою не усуває заваду, викликану негладкістю поверхні осі колісних пар. Завада має максимальне значення у сходитці осі, напруженість поля завади перевищує рівень корисного сигналу. Проте швидкість зміни сигналу від подовжньої координати осі різна, тобто є можливість виділення сигналу на тлі завади [8].

Застосування градієнтнометричного методу не завжди ефективне, оскільки відстроювання від завади, що має низькочастотний просторовий спектр, шляхом застосування градієнтнометричної схеми включення потребує низького порогу чутливості ферозонду і високої його чутливості. При цьому виникає проблема завадостійкості магнітометричного каналу, оскільки величина порогу чутливості ферозонду стає співрозмірною з рівнем електромагнітних завад [9]. Тому іншим варіантом виключення завади, що має низькочастотний спектр, є частотний аналіз вихідного сигналу [10]. Частотна селекція інформаційного сигналу ускладнена, оскільки функції спектральної щільності цих сигналів розташовані близько один від одного і селекція аналоговими технічними сигналами малоефективна. Рациональним методом виділення інформаційного сигналу є фільтрація сигналів за допомогою цифрових фільтрів.

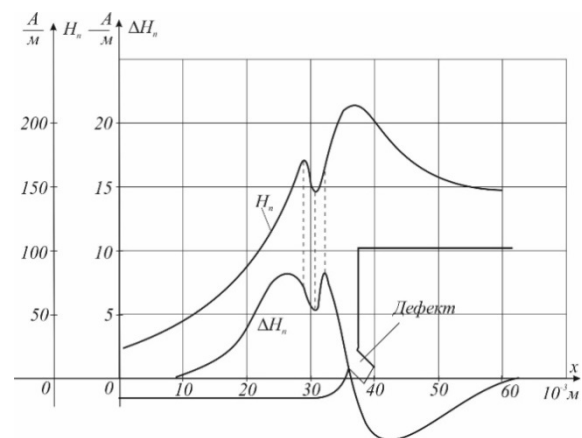


Рис.1. Розподіл вертикальної складової H_n і різницевої напруженості ΔH_n магнітних полів сигналу і завади у сходитці осі

На думку авторів статті найбільш універсальним напрямком зменшення магнітних завад є конструктивні удосконалення ферозондових датчиків. Розглянемо це більш детально на наступних прикладах.

У [11] запропоновано реалізувати компенсацію поля завади за рахунок введення в магнітну систему вимірювального перетворювача дефектоскопа компенсаційного ферозонду. Довжина осердь компенсаційного ферозонду вибирається такою, що він стає практично нечутливим до поля розсіяння дефекту, зберігаючи високу чутливість до поля

завад, джерелом яких є сходинок поверхні контрольованої осі і її краю. Конструкція такого вимірювального перетворювача показана на рис. 2.

Основний і компенсаційний ферозонди вимірюють одну (нормальну до поверхні деталі) складову напруженості магнітного поля. Співвідношення між довжинами осердь вибирається таким, щоб відношення максимального значення магнітного потоку від дефекту в осерді основного ферозонду було в п'ять разів більше максимального значення потоку в осерді компенсаційного ферозонду. Перевагою запропонованої конструкції є те, що при повороті осі вимірювального перетворювача обертаються одночасно основний і компенсаційний ферозонди.

Розроблена в [11] методика розрахунку магнітного потоку, наведеного в осерді ферозонду полем дефекту, дає можливість розрахувати співвідношення довжин осердь основного і компенсаційного ферозондів, при якому забезпечується необхідне пригнічення сигналу від дефекту в компенсаційному ферозонді. Розміщувати основний і компенсаційний ферозонди необхідно як можна ближче один до одного. При цьому вони мають взаємний вплив один на одного, що, зрештою, знижує коефіцієнт перетворення ферозондів.

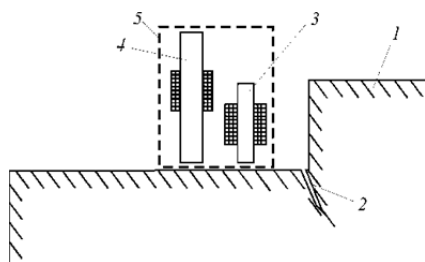


Рис. 2. Принцип компенсації поля завади за допомогою додаткового ферозонду (компенсаційного): 1 – контрольована деталь; 2 – дефект; 3 – ферозонд; 4 – компенсаційний ферозонд; 5 – корпус

Поверхня осі контролюється вимірювальним перетворювачем, що містить П-образний електромагніт і систему ферозондів, контроль робиться в залишковому полі. В якості джерела зондуючого поля може також використовуватися накладна котушка. Блок-схема обробки вихідних сигналів ферозондів, основного і компенсаційного, показана на рис. 3. Вихідні сигнали ферозондів проходять традиційну обробку з виділенням другої гармоніки. Канали обробки ферозондів ідентичні.

Вимірювальний перетворювач для виявлення дефектів осей колісних пар показаний на рис. 4. Він складається з пластмасового корпусу (обойми) 1, який знаходиться у феромагнітному екрані 2. Екран потрібний для зменшення впливу завад. Два ферозонди 3, 4 розміщені в спеціальній ніші. Один ферозонд – компенсаційний, довжина його осердь складає 22 мм, за рахунок чого він практично нечутливий до поля розсіяння дефекту. Другий

ферозонд має осердя завдовжки 2,5 мм і є основним. Обмотки ферозонду включені за схемою полеміра. Показано, що при тріщинах з розкриттям до 0,1 мм градієнтметричний метод виявляється непрацездатним, а при розкритті дефектів більше 0,1 мм, виявлення дефектів градієнтметричним методом на 40-60% гірше, ніж запропонованим компенсаційним [10]. Проте значною мірою чутливість компенсаційного ферозонду до поля дефекту зберігається, до того ж через істотну різницю в довжинах сердечників основного і компенсаційного ферозондів з'являється складність при компенсації завади.

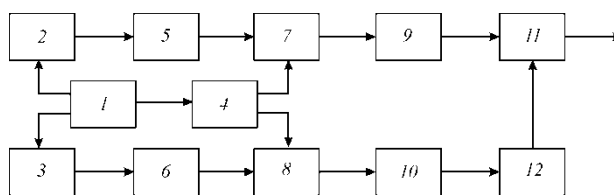


Рис. 3. Блок-схема дефектоскопа: 1 – генератор збудження; 2, 3 – основний і компенсаційний ферозонди; 4 – подвоювач частоти; 5, 6 – підсилювачі другої гармоніки; 7, 8 – фазові детектори; 9, 10 – підсилювач постійного струму; 11 – пристрій компенсації; 12 – пристрій формування компенсаційного сигналу

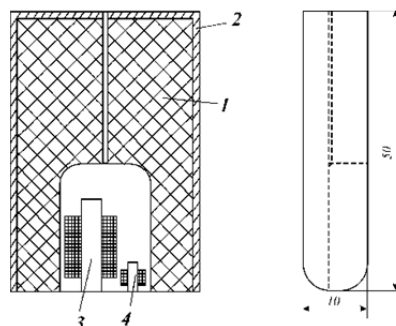


Рис. 4. Конструкція вимірювального перетворювача дефектоскопа для контролю деталей із ступінчастою поверхнею: 1 – корпус; 2 – екран; 3 – компенсаційний ферозонд; 4 – основний ферозонд

Інше вирішення проблеми підвищення завадостійкої ферозондових дефектоскопів при контролі осей колісних пар запропоноване в [12]. Для здійснення достовірного контролю дефектів при високому градієнті напруженості поля магнітної завади необхідно використовувати два ферозонди, один з яких чутливий як до поля дефекту, так і до поля завади, а другий – тільки до поля завади. Для цього в якості вимірювального перетворювача ферозондового дефектоскопа пропонується використовувати блок магнітної системи, що складається з двох ідентичних ферозондів з U-образними осердями (рис. 5). Вихідні обмотки двох ферозондів включаються за диференціальною

схемою. Ферозонд, чутливий до поля дефекту, називається вимірювальним, другий, такий, що має низьку чутливість до поля дефекту і достатню чутливість до поля завади, є компенсаційним.

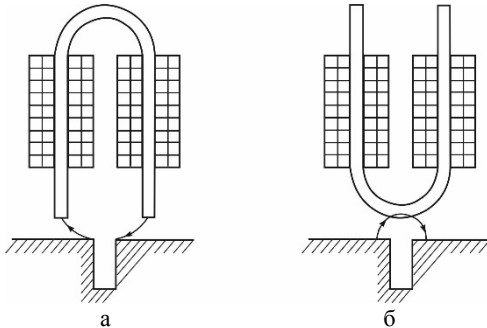


Рис. 5. Магнітні системи вимірювального (а) і компенсаційного ферозондів (б)

У магнітопроводі вимірювального ферозонду (а) поле розсіяння дефекту замикається через все осердя, утворюючи магнітний потік в магнітопроводі осердя, який зчеплений з обмотками ферозонду. У компенсаційному ферозонді (б) перемичка осердь шунтує магнітний потік, що створюється дефектом, і з котушками зчеплена тільки мала частина потоку, тому компенсаційний ферозонд практично не реагує на поле дефекту, яке зосереджене в малій області в околиці дефекту.

Магнітне поле завади розподілене в області, яка у багато разів перевищує об'єм осердь, тому на поле завади і основний, і компенсаційний ферозонди реагують приблизно однаково. Як видно з рис. 5, вимірювальний ферозонд має перемичку осердь згори, тобто в протилежній стороні від дефекту, у компенсаційного ферозонду (б) перемичка осердь знаходиться у безпосередній близькості від дефекту і шунтує поле дефекту. Тому чутливість компенсаційного ферозонду до поля дефекту практично відсутня. В той же час чутливість компенсаційного ферозонду до поля магнітної завади така ж, як і у основного ферозонду. Оскільки магнітні системи двох ферозондів ідентичні, можлива повна компенсація магнітного поля завади при збереженні сигналу дефекту. Розташування ферозондів над дефектом показано на рис. 6.

Слід зазначити, що наступною складністю при використанні ферозондового методу контролю усієї циліндричної поверхні осі колісної пари є спосіб переміщення ферозонду по цій поверхні. При контролі ступінчастої деталі для кожної ділянки, що має постійний діаметр, потрібний окремий ферозонд, оскільки переміщення ферозонду через сходінку і установка на поверхню нової ділянки викликає технічні труднощі. Необхідно також, щоб циліндрична деталь оберталася і ферозонд переміщався по поверхні деталі. При контролі осей колісних пар доцільно обертати її навколо осі з певною кутовою швидкістю ω . В цьому випадку

один оборот осі відповідатиме одному фрагменту контролю.

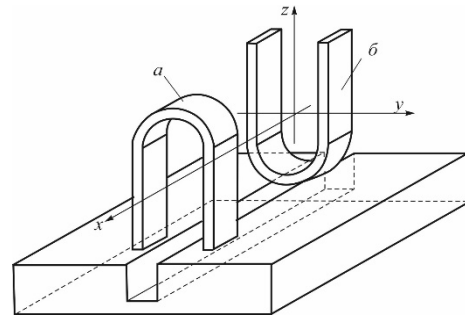


Рис. 6. Розташування ферозондів над дефектом

Висновки. Проведений у статті аналіз показав, що можна виділити три наступних підходи до усунення магнітних завад при ферозондовому контролі дефектів в осях колісних пар: використання схемних рішень при включенні ферозондів; фільтрація сигналів з ферозонду за допомогою цифрових фільтрів; застосування конструктивних удосконалень блоку ферозондових датчиків. Використання додаткових компенсаційних ферозондів різних геометричних розмірів та форм відкриває найбільш широкі можливості для компенсації магнітного поля завади при зберіганні сигналу дефекту. Напрямок подальших досліджень є визначення способу переміщення ферозонду по поверхні об'єкту складної геометричної форми, що необхідно для автоматизації процесу контролю.

Л і т е р а т у р а

1. Останин С.Н. Неисправности вагонных колесных пар и их элементов / С.Н. Останин // Вагонный парк. – 2015. – № 9-10 (102-103). – С. 32-36.
2. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць України колії 1520 мм. ВНД 32.0.07.001-2001 (Нова редакція). – К., 2011. – 168 с.
3. Мищенко В. П. Установка автоматизированная для комплексного неразрушающего контроля колесных пар вагонов СНГ КП-8. Опыт эксплуатации на предприятии ГП «Укрспецвагон» / В. П. Мищенко, А. В. Свистун // Неразрушающий контроль. – 2012. – № 1. – С. 4-13.
4. Інструкція по магнітному контролю відповідальних деталей тягового рухомого складу залізниць України (затверджено наказом "Укрзалізниця" від 04.03.03 р. №60-Ц). – К., 2003. – 87 с.
5. Ершов С. Г. Современные автоматизированные установки автоматизированного магнито-порошкового контроля концов и торцов труб / С. Г. Ершов // В мире неразрушающего контроля. – 2004. – №3. – С. 32-37.
6. Борзилов І. Д. Підвищення якості неруйнівного контролю осей колісних пар вагонів за допомогою коерцитиметрії / І. Д. Борзилов, К. В. Шевченко, В. Ю. Калитюк // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – Вип. 147. – С. 27-31.

7. ГОСТ 21104-75. Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод. Москва. Дата введения 1976-07-01.
8. Шевченко О. І. Удосконалювання системи діагностики осей колісних пар рухомого складу залізниць методом ферозондової дефектоскопії : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.07 «Рухомий склад залізниць і тяга поїздів» / О.І. Шевченко. – Луганськ, 2004. – 20 с.
9. Реутов Ю. Я. Об эффективности борьбы с помехами путем градиентометрического соединения магниточувствительных элементов / Ю.Я. Реутов, А.А. Литвиненко// Дефектоскопия. – 1989. – №3. – С. 76–82.
10. Шевченко А. И., Яковенко В. В., Тхафер Басим. Дефектоскоп для контроля осей колёсных пар подвижного состава / А. И. Шевченко, Яковенко В. В., Тхафер Басим // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2002. – № 1(47). – С. 25-27.
11. Жученко Н.О. Удосконалювання систем дефектоскопії деталей ходової частини рухомого складу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» / Н.О. Жученко. – Луганськ, 2007. – 23 с.
12. Безкоровайний В.С. Підвищення перешкодостійкості ферозондових дефектоскопів до магнітних полів перешкод: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.13 / «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» / В. С. Безкоровайний. – Харків, 2015. – 24с.
6. Borzylov I. D., Shevchenko K. V., Kalytiuk V. Yu. (2014). Pidvyshchennia yakosti neruivivnoho kontroliu osei kolisnykh par vahoniv za dopomohoiu koertsytometrii [Upgrading of non-destructive testing of axes of wheelpairs of carriages by means of koertsytometriya] *Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT – Collection of scientific works UkrDAZT*, 147, 27-31 [in Ukrainian].
7. GOST 21104-75. Kontrol' nerazrushayushii. Ferrozondovyi metod [State Standard 21104-75. Nondestructive testing. Ferroprobe method]. Moscow. Stadartinform Publ., 1976.
8. Shevchenko O.I. (2004). Udoskonaliuvannia systemy diahnostryky osei kolisnykh par rukhomoho skladu zaliznyts metodom ferozondovoi defektoskopii [Improvement of system of diagnostics of axes of wheel couples of the rolling stock of the railroads by method of a ferroprobe defectoscopy]. *Extended abstract of candidate's thesis. Luhansk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University* [in Ukrainian].
9. Reutov Yu.Ja., Litvinenko A.A. (1989). Ob yeffektivnosti bor'by s pomehami putem gradientometricheskogo soedinenija magnitochuvstvitel'nyh yelementov [About efficiency of fight against interference by the way of gradient metrical connection of magnetosensing elements]. *Defektoskopija – Defectoscopy*, 3, 76–82 [in Russian].
10. Shevchenko A.I., Jakovenko V.V., Thafer Basim. (2002). Defektoskop dlja kontrolya osei kolyosnykh par podvizhnogo sostava [Defectoscope for monitoring of axes of wheel couples of the rolling stock]. *Visnik SNU im. V. Dalja – The SNU bulletin of V. Dahl*, 1 (47), 25-27 [in Russian].
11. Zhuchenko N.O. (2007). Udoskonaliuvannia system defektoskopii detalei khodovoi chastyny rukhomoho skladu [Improvement of systems of defectoscopy details of a running part of a rolling stock]. *Extended abstract of candidate's thesis. Luhansk: Volodymyr Dahl East Ukrainian National University* [in Ukrainian].
12. Bezkorovainyi V.S. (2015). Pidvyshchennia pereshkodostiikosti ferozondovykh defektoskopiv do mahnitnykh poliv pereshkod [Improving the noise immunity of fluxgate flaw detectors to interference's magnetic fields]. *Extended abstract of candidate's thesis. Kharkiv* [in Ukrainian].

References

1. Ostanin S. N. (2015). Neispravnosti vagonnyh kolesnykh par i ih yelementov [Disrepairs of carriage wheelpairs and their elements] *Vagonnyi park – Carriage park*, 9-10 (102-103), 32-36 [in Russian].
2. VND 32.0.07.001-2001. Instrukttsiia z formuvannia, remontu ta utrymannia kolisnykh par tiahovoho rukhomoho skladu zaliznyts Ukrainy kolii 1520 mm. Nova redaktsiia [Instruction for formation, repair and examination of wheel couples of traction rolling stock of the railroads of Ukraine of a track of 1520 mm. New release]. Kiev. 2011.
3. Mishenko, V. P., Svistun, A.V. (2012). Ustanovka avtomatizirovannaja dlja kompleksnogo nerazrushayushogo kontrolja kolesnykh par vagonov SNK KP-8. Opyt yekspluatatsii na predpriiatii GP «Ukrspetsvagon» [Automated setting for complex non-destructive testing of wheelpairs of carriages СНК КП-8. Experience of exploitation on the enterprise of SE "Ukrspetsvagon"] *Nerazrushayushii control – Non-destructive control*, 1, 4-13 [in Russian].
4. Nakaz "Ukrzaliznytsi" vid 04.03.03 r. №60-Ts "Instrukttsiia po mahnitnomu kontroliu vidpovidalnykh detalei tiahovoho rukhomoho skladu zaliznyts Ukrainy" [The order "Ukrainian railroads" of 04.03.03 № 60-Ts "Instruction for magnetic monitoring of responsible details of the traction rolling stock of the railroads of Ukraine"]. Kiev. 2003.
5. Ershov S. G. (2004). Sovremennye avtomatizirovannye ustanovki avtomatizirovannogo magnitoporoshkovogo kontrolja koncov i torcov trub [Modern automated options of the automated magnetic powder control of ends and butt ends of pipes] *V mire nerazrushayushogo kontrolja – In the world of non-destructive control*, 3, 32-37 [in Russian].

Шведчикова І.А., Шевченко А.И., Никитченко І.В. Анализ подходов к устранению магнитных помех при феррозондовом контроле осей колесных пар

В статье определены и проанализированы основные подходы к уменьшению или устранению магнитных помех при феррозондовом контроле дефектов в осях колесных пар. По результатам сравнительного анализа выделены три основных направления устранения магнитных помех: использование схемных решений, фильтрация сигналов с феррозондов с помощью цифровых фильтров и конструктивные усовершенствования блока феррозондовых датчиков. Показано, что наиболее универсальным направлением уменьшения магнитных помех являются конструктивные усовершенствования феррозондовых датчиков, варианты технической реализации которых предложены в статье.

Ключевые слова: ось колесной пары, дефект, неразрушающий контроль, помеха, магнитное поле, феррозонд.

Shvedchykova I.O., Shevchenko O.I., Nikitchenko I.V. Analysis of approaches to removing of magnetic interference under fluxgate testing of axes of wheel pairs

Analysis of known approaches to removing of magnetic field interference in the case of fluxgate testing of defects such as discontinuity in the axes of wheel pairs. The method of qualitative comparative analysis to the estimation of the effectiveness of approaches to removing of magnetic field interference due to the stepped surface of the wheel pair axis during the fluxgate testing is used. Based on the results of the comparative analysis, three main approaches to the elimination of magnetic interference in the case of fluxgate testing of defects in the axes of wheel pairs have been identified: the use of circuit solutions, filtering signals from the fluxgate using digital filters and use of structural improvements in the block of fluxgates. The main approaches to the reducing or removing of magnetic interference during the fluxgate testing of wheel pair's axes are determined and analyzed. Based on this analysis, options for their technical implementation are proposed. The results of the research can

be used for creation new constructive varieties of interference resistant magnetosensitive sensors based on fluxgates for wheelsets of rolling stock.

Keyword: *axis of wheel pair, defect, nondestructive testing, interference, magnetic field, fluxgate.*

Шведчикова І.О. – д.т.н., професор кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, ishved89@gmail.com

Шевченко О.І. – к.т.н., доцент кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, alexshev2014@i.ua

Нікітченко І.В. – старший викладач кафедри електричної інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, inna.mia.lg@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 06.05.2018

УДК 621.317.1

АЛГОРИТМ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Шевченко В.А.

SHIPS ELECTRICAL POWER SYSTEMS' PARAMETERS FAST MEASUREMENT ALGORITHM

Shevchenko V.

Предложен алгоритм и методика быстрой оценки и измерения основных параметров электроэнергии судовой электроэнергетической системы, построенной на основе синхронного генератора. Основная особенность нового решения базируется на применении усовершенствованной методики мультиплицированной обработки информации, поступающей от измерительных датчиков тока и напряжения судового генератора. Применение предложенной методики позволяет осуществить за время, не превышающее одного периода синусоидального напряжения, измерение линейного напряжения, фазного тока, коэффициента мощности, частоты тока и направление мощности. Предусмотрена возможность прогнозного расчета моментов времени достижения заданных значений амплитуд оцениваемых переменных. Алгоритм является универсальным, поскольку легко адаптируется в любые судовые электроэнергетические системы измерения, управления и мониторинга, имеет низкую измерительную погрешность и технически просто реализуем. Особенно эффективно применение предложенного алгоритма в судовых электроэнергетических системах, где необходимо динамическое поддержание и компенсация ряда специфических параметров (высокоточное позиционирование судна, быстрая коррекция коэффициента мощности, компенсация ударных электроэнергетических нагрузок).

Ключевые слова: судовая электроэнергетическая система, измерение, параметры электроэнергии, алгоритм.

Введение. Использование цифровой измерительной и управляющей техники в судовой электроэнергетике дает большие возможности в развитии автоматизации процессов управления, контроля и защиты генераторных агрегатов (ГА). Современные быстродействующие судовые системы измерения параметров электроэнергии особенно востребованы на судах с комбинированными и гибридными электрическими пропульсивными

комплексами, на судах с системами динамического позиционирования, компенсации динамических нагрузок, беспилотных судах с электродвижением [1-3].

Алгоритмическое обеспечение автоматизированных систем управления (АСУ) судовыми многоагрегатными электрическими станциями рассмотрено в [4-6], где выделены наиболее важные, с точки зрения управления параметрами и составом ГА, процессы и измерительные процедуры.

Применение в судовых системах управления и релейной защиты цифровых контроллеров (в программно-аппаратной части и технике измерений электроэнергетических параметров) столкнулось с рядом задач [4, 7, 8], в том числе - обеспечения необходимых требований надежности функционирования и экономическим показателям.

В работах [4-6, 8] отмечено, что важнейшей составляющей частью таких судовых АСУ, каждого информационно-измерительного процесса является необходимость максимально быстрого измерения и оценки электроэнергетических параметров ГА: амплитуды и характера тока нагрузки во всех фазах, напряжения, частоты тока, фазового угла (φ) сдвига между током и напряжением, направления мощности и других.

Требование высокого быстродействия информационно-измерительной системы (ИИС) связано с тем, что электроэнергетическая система упомянутых выше судов неразрывно связана с электрическим пропульсивным комплексом и системой стабилизации технологических параметров. В конечном счете, именно быстродействие ИИС обеспечивает высокое качество выполнения судном его главной задачи, характеризует его главные тактико-технические свойства и возможности.

Таким образом, наряду с необходимостью обеспечения надежности, экономичности и точности измерений при выполнении подпрограмм измерения энергетических параметров, остро возникла задача достижения высокого быстродействия всей ИИС.

Решение данной задачи потребовало поиска новых путей ее решения на базе системного подхода, с учетом известных [4, 9-11] цифровых способов обработки измерительной информации.

Целью работы является обоснование возможности применения предложенного алгоритма оценки параметров электрической энергии судовой электроэнергетической системы, функционирующей на основе синхронного генератора, с разработкой соответствующей методики измерения.

Изложение основного материала исследования. В общем виде задача измерения параметров электрической энергии в любой n -фазной системе электроснабжения сводится к определению множества величин $\{I_1, \dots, I_n; i_1, \dots, i_n; U_1, \dots, U_n; u_1, \dots, u_n; f; \varphi\}$ в соответствии с принятым критерием быстродействия, где I_1, \dots, I_n и i_1, \dots, i_n , соответственно, действующие и мгновенные значения фазных токов; U_1, \dots, U_n и u_1, \dots, u_n , соответственно, действующие и мгновенные значения линейных напряжений; f - частота тока, φ - фазовый угол.

Считаем, что для измерения параметров электрической энергии в многофазной системе имеется преобразователь линейных напряжений и фазных токов генератора в дискретные сигналы, отображающие полупериоды их синусоид. В таком случае последовательный, побайтный анализ наборов состояний входных сигналов дает возможность установить алгоритм управления АЦП, на вход которого поступают нормализованные амплитудные значения фазных токов и линейных напряжений судового генератора.

При определении исходного состояния ИИС, в качестве базовых величин, выберем линейные напряжения фаз генератора. Отметим, что для n -фазной системы число возможных состояний такой системы составит $S_{PLod} = 2n$ для нечетного числа фаз и равно $S_{PLev} = n$, если число фаз в системе четное. В свою очередь, число недопустимых состояний в n -фазной системе определяется выражением $S_{ILod} = 2^n - 2n$ для нечетного числа фаз и $S_{ILEv} = 2^n - n$ для четного числа.

Рассмотрим трехфазную систему (рис. 1, а), как наиболее распространенный частный случай n -фазной судовой системы электроснабжения.

Здесь число возможных состояний дискретных сигналов, отображающих полупериоды гармонического сигнала, равно шести. Однозначные наборы 0-0-0 и 1-1-1 в симметричной трехфазной системе невозможны.

На рис. 1, б приведены диаграммы, поясняющие сущность предложенного алгоритма измерения

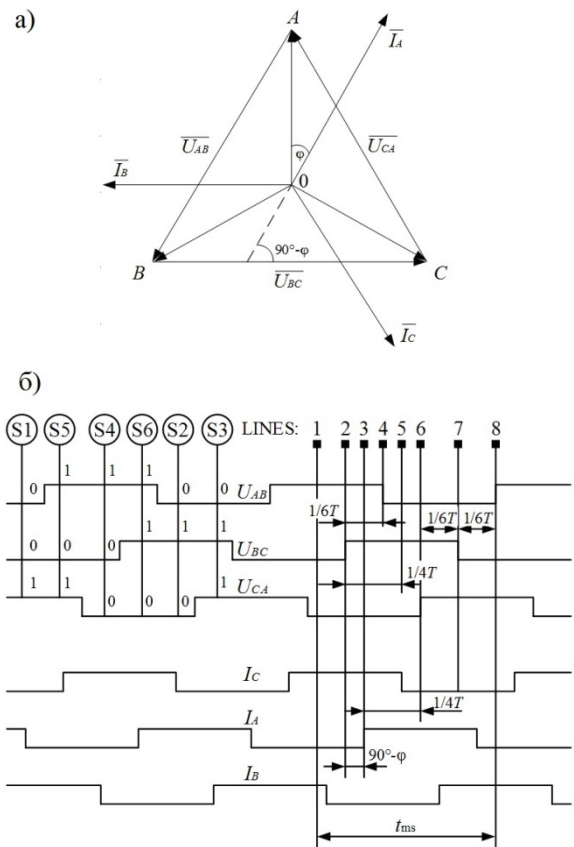


Рис. 1. Трехфазная система электроснабжения (а) и диаграммы (б), поясняющие алгоритм измерения

Возможные наборы состояний для последовательности чередования линейных напряжений U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} обозначим S_1, \dots, S_6 так, чтобы порядковый номер состояния совпадал с его двоичным кодом, то есть: $S_1 - 001 (U_{AB} = 0; U_{BC} = 0; U_{CA} = 1)$; $S_2 - 010$; $S_3 - 011$; $S_4 - 100$; $S_5 - 101$; $S_6 - 110$.

Каждое состояние определит единственно возможный по критерию быстродействия путь (алгоритм) решения задачи измерения.

Например, если исходное состояние S_4 (на диаграмме это обозначено линией 1), то ближайшим по времени является изменение состояния бита U_{BC} . Поэтому программа измерения определяет момент перехода U_{BC} из «0» в «1» (линия 2) и записывает все исходное слово, в котором маскируются все биты, кроме U_{BC} и I_A . Анализ значений этих битов позволяет определить направление мощности генератора.

При этом:
если U_{BC} переходит:

от 0 к 1, а $I_A = 0$,
от 1 к 0, а $I_A = 1$ } , то это генераторный режим;

если U_{BC} переходит:

от 0 к 1, а $I_A = 1$,
от 1 к 0, а $I_A = 0$ } , то это двигательный режим.

Далее производится отсчет единичных временных интервалов от линии 2 до моментов изменения состояния битов I_A и U_{BC} (линии 3 и 4, соответственно).

Полученные таким образом цифровые коды позволят определить значение угла φ и период T . В данном примере цифровой код интервала (линия 2 – линия 3) соответствует величине $(90^\circ - \varphi)$, а код интервала "линия 2 – линия 4" величине $1/6T$.

Такая информация позволяет определять моменты измерения амплитудных значений напряжения U_{BC} и фазных токов I_A, I_B, I_C (соответственно, по линиям 5, 6, 7, 8), следующие один за одним интервалом $\tau = 1/6T$.

Для случая, приведенного на диаграмме (рис. 1, б), момент измерения амплитуды тока I_A определяется равенством количества отсчитанных единичных временных интервалов величине $1/4T + (90^\circ - \varphi)$ с момента перехода U_{BC} из 0 в 1.

В качестве альтернативы измерения амплитудных значений фазных токов I_i можно использовать измеренные мгновенные значения i_i и, не дожидаясь пока токи фаз достигнут своих амплитудных значений, определять их из известного выражения $i_i = I_i \sin(\omega t + \psi)$, при условии, что уже определены частота f и начальная фаза ψ .

Цифровые коды соответствующих значений I_A, I_B, I_C, U, f и φ , полученные описанным образом, позволяют рассчитать активную P , реактивную Q и полную мощность S по известным зависимостям: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$, $Q = P \cdot \tan \varphi$ (либо $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$); $S = (P^2 + Q^2)^{0.5}$ (либо $S = UI$), а также определить степень неравномерности их распределения по фазам (обрыв, короткое замыкание, несимметричная нагрузка и т.д.).

Рассматривая применение данного алгоритма с целью дальнейшего повышения быстродействия измерения активной и реактивной мощности ГА, можно отказаться от операций, связанных с их расчетом по измеренным значениям и фазы тока. Достичь этого можно за счет формирования импульса на измерение тока нагрузки в момент смены состояния битов специально выбранных напряжений для:

$$\begin{aligned} I_A &\rightarrow U_{BC}; \\ I_B &\rightarrow U_{CA}; \\ I_C &\rightarrow U_{AB}. \end{aligned}$$

В этом случае, как видно из рис. 1, б, моменты измерения токов будут производиться по линиям 2, 4, 6 соответственно для токов I_A, I_B, I_C . Однако возможность реализации такого приема во многом зависит от быстродействия и принципа действия используемого в АСУ АЦП.

Можно считать, что предложенный алгоритм оценки параметров электроэнергии синхронного генератора, основанный на методике мультиплицированной обработки сигналов соответствующих датчиков тока и напряжения, предоставляет возможность за время, не превышающее одного периода гармонического напряжения, измерить: амплитудные значения токов нагрузки во всех фазах, линейное напряжение и фазовый угол нагрузки, частоту тока и направление потока мощности.

Описанный алгоритм измерения параметров электроэнергии позволяет установить рациональную методику управления процессом измерения.

Считаем, что представление информации о параметрах (I_A, I_B, I_C, U, f и φ) осуществляется в микропроцессорной системе циклически, с периодом $T_{ЦП}$, и связано с работой АЦП. По этой причине эффективность предложенного алгоритма измерения параметров и структура управления измерительным процессом будут зависеть от быстродействия и точности преобразования используемого АЦП. Последнее, в свою очередь, зависит от метода преобразования и элементной базы преобразования.

Технические характеристики современных АЦП позволяют обеспечивать выборку и преобразование сигнала с частотой до 300 МГц [12]. И из соображений экономичности и целесообразности (теорема Котельникова-Шеннона) при решении задачи измерения параметров электроэнергии $\{I_A, I_B, I_C, U, f$ и $\varphi\}$ можно ограничиться АЦП с такими характеристиками, как погрешность 0,05-1% и максимальная частота преобразования 20-30 МГц.

Особенностью программной реализации предложенной методики, является адаптация процесса измерения к начальным условиям, а именно: состоянию параметров электроэнергии на момент ввода информации $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ и временному интервалу между моментом ввода S_i и началом его анализа $t = \{t_1, \dots, t_n\}$, где $n = 1, 2, 3, \dots, n$.

Решение задачи повышения быстродействия в данном случае сводится к указанию, какую альтернативу из множества $C = \{U_1, \dots, U_q\}$, где q – число таких альтернатив, следует реализовать в зависимости от S и t [13].

Эта задача решается правилом (алгоритмом) R_A :

$$U_i = R_A \{S, U_{i-1}, t\},$$

где $U_i, U_{i-1} \in C$.

При этом правило R_A решает задачу альтернативной оптимизации: по критерию быстродействия U путем проверки условий P_1, P_2 и P_3 для определения состояния S_i из набора $\{S_1, \dots, S_6\}$.

По установленному состоянию S_i альтернативные управления U_i вводят в алгоритм нужный набор условий для выполнения процесса обработки информации, а сама архитектура алгоритма при этом остается неизменной.

Алгоритм программы измерения параметров электроэнергии ГА, с учетом принципов *PRMP* (*Resource Management Program* - программного управления ресурсами), а также [14], записан на языке логических схем алгоритмов (ЛСА):

$$PRMP = S_H \cdot A_1 \cdot P_1 \uparrow P_2 \uparrow P_3 \uparrow \omega \uparrow U_1 \omega \uparrow P_2 \uparrow \omega \uparrow P_3 \uparrow U_2 \omega \uparrow U_3 \omega \uparrow P_3 \uparrow \omega \uparrow P_3 \uparrow U_4 \omega \uparrow U_5 \omega \uparrow U_6 \omega \uparrow A_2 \omega \uparrow MR_I \uparrow MR_{II} \uparrow A_3 \cdot A_5 \downarrow MR_{III} \uparrow A_8 \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \cdot A_{12} \downarrow P_{13} \uparrow A_6 \downarrow PC_I \cdot A_{17} \cdot PC_{II} \cdot A_{17} \cdot PC_{III} \omega \uparrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \downarrow MR_{III} \uparrow A_8 \cdot A_{12} \downarrow A_6 \cdot A_{18} \omega \uparrow A_4 \cdot A_5 \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \downarrow MR_{II} \uparrow A_9 \cdot A_{13} \omega \uparrow MR_{II} \uparrow A_7 \downarrow MR_{IV} \uparrow A_{10} \cdot A_{11} \downarrow P_{14} \uparrow \omega \uparrow S_K$$

где: S_H и S_K – начальный и конечный операторы; P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 и P_6 – проверка условий $U_{AB} = 0; U_{BC} = 0; U_{CA} = 0; U_{AB} = 1; U_{BC} = 1$ и $U_{CA} = 1$, соответственно; $P_7, P_8, P_9, P_{10}, P_{11}$ и P_{12} – проверка условий $I_A = 0; I_B = 0; I_C = 0; I_A = 1; I_B = 1$ и $I_C = 1$, соответственно; P_{13} и P_{14} – проверка условий счета $N_{CT} = 1/4T + (90^\circ - \varphi)$ и $N_{CT} = 1/4T + \varphi$, соответственно. $U_1 - U_6$ - операторы управления записью условий состояния параметров в соответствующие ячейки памяти (приведены в табл. 1).

Таблица 1
Операторы управления записью условий состояния измеряемых параметров в соответствующие ячейки памяти

Ячейка Опе- ратор	MR_I	MR_{II}	MR_{III}	MR_{IV}	PC_I	PC_{II}	PC_{III}
U_1	P_4	P_9	P_{12}	P_3	A_{16}	A_{15}	A_{14}
U_2	P_6	P_8	P_{11}	P_2	A_{15}	A_{14}	A_{16}
U_3	P_2	P_{10}	P_7	P_4	A_{14}	A_{16}	A_{15}
U_4	P_5	P_7	P_{10}	P_1	A_{14}	A_{16}	A_{15}
U_5	P_3	P_{11}	P_8	P_5	A_{15}	A_{14}	A_{16}
U_6	P_1	P_{12}	P_9	P_6	A_{16}	A_{15}	A_{14}

Дополнительно обозначены операторы и сигналы:

A_1 – оператор ввода цифрового кода напряжений $U_{AB} - U_{BC} - U_{CA}$;

A_2 – выдача аварийного сигнала «Нарушено чередование фаз»;

A_3 и A_4 – регистрация состояний «Генераторный режим работы ГА» и «Двигательный режим работы ГА», соответственно;

A_5 и A_6 – операторы начала и остановки счета, соответственно;

A_7, A_8, A_9, A_{10} – операторы записи в ячейки памяти значений $\varphi; 90^\circ - \varphi; 180^\circ - \varphi$ и $1/6T$, соответственно;

A_{11} – расчет значения $T_1, 1/2T, 1/4T$;

A_{12} и A_{13} – расчет значения « φ » по формулам $\varphi = 1/4T - (90^\circ - \varphi)$ и $\varphi = 1/2T - (180^\circ - \varphi)$, соответственно;

A_{14}, A_{15} и A_{16} – измерение I_A, I_B и I_C , соответственно;

A_{17} и A_{18} выдержки времени $\tau = 1/6T$ и $\tau = 1/4T$, соответственно; ω – безусловный переход.

В табл.1 обозначено:

$MR_I - MR_{IV}$ ячейки памяти для записи соответствующих условий;

$PC_I - PC_{III}$ – ячейки памяти для записи амплитудных значений фазных токов.

Техническая реализация методики вполне осуществима с помощью существующих судовых микроконтроллерных систем, при обеспечении необходимой разрядности и частоты дискретизации.

Выводы. Предложен алгоритм измерения параметров электроэнергии судовой электроэнергетической системы, базирующийся на анализе характерных точек гармонического напряжения и тока в реальном времени.

Алгоритм позволяет разрабатывать быстродействующие системы управления процессом измерения, как для трехфазных, так и для многофазных систем электроснабжения; алгоритм универсален, легко адаптируется в любые судовые электроэнергетические системы измерения, управления и мониторинга, имеет низкую измерительную погрешность и несложную техническую реализацию.

Мультиплицированная обработка измеряемых параметров дает возможность определения широкого круга параметров электроэнергии, включая ток, напряжение, коэффициент мощности, направление передачи мощности генераторного агрегата.

Существенно возрастают возможности в части повышения быстродействия системы защиты судовой электроэнергетической системы от перегрузок и коротких замыканий.

Л и т е р а т у р а

1. Budashko, V. Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes / V. Budashko, V. Nikolskyi, O. Onishchenko, S. Khniunin / Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 2016, V. 3, № 8(81), pp. 10-21. Doi:10.15587/1729-4061.2016.72543.
2. Букарос А.Ю. Корректор коэффициента мощности для частотно-регулируемого электропривода / А. Ю. Букарос, О. А. Онищенко // Научные труды НТУ "ХПИ": Энергетика. Экология. Человек, 2012, С. 11-17.
3. Уточнение параметров математической модели трехфазного асинхронного электродвигателя системы электродвижения автономного плавательного

- аппарата / Я.Б. Волянская, С.М. Волянский, О.А. Онищенко // Морские интеллектуальные технологии, 2017. Т. 3, № 4 (38), с. 132-138.
4. Онищенко О. А. Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности холодильных установок на основе среды VisiDAQ / О.А. Онищенко, А.М. Приходько // Вестник КГПУ (Кременчужского государственного технического университета), 2002, № (12)1, с. 301-303
 5. Шевченко В. А. Верификация функциональных алгоритмов системы управления многоагрегатной судовой электрической станцией / В. А. Шевченко // Автоматизация судовых технических средств: науч. - техн. сб., 2015, Вып. 21, с. 70-76.
 6. Захарченко В. Н. Решение задач управления судовой электроэнергетической установкой при изменении нагрузки / В. Н. Захарченко, В. А. Шевченко // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб., 2015, Вып. 36, с. 74-82.
 7. E. Kyriakides, G.T. Heydt, V. Vittal. On-line estimation of synchro-nous Generator parameters using a damper current observer and a graphic user interface. IEEE Transactions on Energy Conversion. V. 19, Is 3, Sept., 2004.
 8. H. B. Karayaka, A. Keyhani, B. Agrawal, D. Selin, G. T. Heydt. Identification of armature circuit and field winding parameters of large utility generators. Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, vol. 1, pp. 29-34, Jan., 1999.
 9. Sarkar, A.; Sengupta, S. A low-cost fault-tolerant real, reactive, and apparent power measurement technique using microprocessor. IEEE Trans. Instrum. Meas. 2007, 56, 2672-2680.
 10. Baloi, A., & Pana, A. A Virtual Measurement Instrument for Three Phase Electrical Networks Analysis, Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Engineering Education (EDUCATION '11), Corfu Island, Greece, 14-16 July, 2011 (215-220). <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Corfu/EDUC/EDUC-29.pdf>.
 11. O. Krejcar, R. Frischer. Real Time Voltage and Current Phase Shift Analyzer for Power Saving Applications. Sensors, vol. 12, no. 8, pp. 11391-11405, 2012. <http://dx.doi.org/10.3390/s120811391>
 12. D. M. Laverty, J. Hastings and X. Zhao. An open source analogue to digital converter for power system measurements with time synchronisation. IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), Turin, 2017, pp. 1-5. doi: 10.1109/I2MTC.2017.7969784.
 13. Приборостроение и автоматический контроль. Сб. ст. / Редкол.: В.В. Казакевич (пред.) и др. - М. : Машиностроение, Вып. 3 : Автоматические оптимизаторы. Теория и применение, 1986, 276 с.
 14. Шевченко В. А. Способ верификации функциональных алгоритмов системы управления многоагрегатной судовой электрической станцией / В. А. Шевченко // Научный вестник Херсонской государственной морской академии: науч. -техн. сб., 2015. Вып. 1, с. 296-301.
 2. Bukaros A.Yu. Korrektor koeffitsienta moschnosti dlya chastotno-regulirovannogo elektroprivoda / A. Yu. Bukaros, O. A. Onischenko // Nauchnyie trudyi NTU "HPI": Energetika. Ekologiya. Chelovek, 2012. S. 11-17.
 3. Utochnenie parametrov matematicheskoy modeli trehfaznogo asinhronnogo elektrodvigatelya sistemyi elektrodvizheniya avtonomnogo plavatelnogo apparata / Ya.B. Volyanskaya, S.M. Volyanskiy, O.A. Onischenko // Moskie intellektualnyie tehnologii, 2017. T. 3, # 4 (38). S. 132-138.
 4. Onischenko O. A. Informatsionno-izmeritelnaya sistema dlya otsenki energeticheskoy effektivnosti ho-lodilnyih ustanovok na osnovе sredyi VisiDAQ / O.A. Onischenko, A.M. Prihodko // Vestnik KGPU (Kremen-chuzhskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta), 2002. # (12)1. S. 301-303
 5. Shevchenko, V.A. Verifikatsiya funktsyonal'nykh algoritmov systemy upravleniya mnogoagregatnoy sudovoy electrichekoy stantsiy / V.A. Shevchenko // Ship's technical means automatization: nauchn. tehn. sb., 2015, Iss. 21, pp. 70-76.
 6. Zakharchenko, V.N. Resheniye zadach upravleniya sudovoy elektroenergeticheskoy ustanovkoy pri izmenenii nagruzki / V.N. Zakharchenko, V.A. Shevchenko // Ship's power plants: nauchn. tehn. sb., 2015, Iss. 36, pp. 74-82.
 7. E. Kyriakides, G.T. Heydt, V. Vittal. On-line estimation of synchro-nous Generator parameters using a damper current observer and a graphic user interface. IEEE Transactions on Energy Conversion. Vol. 19, Iss. 3, Sept. 2004.
 8. H. B. Karayaka, A. Keyhani, B. Agrawal, D. Selin, G. T. Heydt. Identification of armature circuit and field winding parameters of large utility generators. Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, vol. 1, pp. 29-34, Jan., 1999.
 9. Sarkar, A.; Sengupta, S. A low-cost fault-tolerant real, reactive, and apparent power measurement technique using microprocessor. IEEE Trans. Instrum. Meas. 2007, 56, 2672-2680.
 10. Baloi, A., & Pana, A., (2011), A Virtual Measurement Instrument for Three Phase Electrical Networks Analysis, Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on Engineering Education (EDUCATION '11), Corfu Island, Greece, 14-16 July 2011 (215-220). <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2011/Corfu/EDUC/EDUC-29.pdf>.
 11. O. Krejcar, R. Frischer. Real Time Voltage and Current Phase Shift Analyzer for Power Saving Applications. Sensors, vol. 12, no. 8, pp. 11391-11405, 2012. <http://dx.doi.org/10.3390/s120811391>
 12. D. M. Laverty, J. Hastings and X. Zhao. An open source analogue to digital converter for power system measurements with time synchronisation. IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), Turin, 2017, pp. 1-5. doi: 10.1109/I2MTC.2017.7969784
 13. Priborostroenie i avtomaticheskiiy control. Sb. st. Redcol.: V.V. Kazakevich (pred.) i dr. - M. : Engineering industry, Iss. 3 : Automatic optimizers. Theory and application, 1986, 276 p.
 14. Shevchenko, V.A. Sposob verifikatsii funktsyonal'nykh algoritmov systemy upravleniya mnogoagregatnoy sudovoy electrichekoy stantsiy / V.A. Shevchenko // Scientific herald of Kherson state maritime academy: nauchn. tehn. sb., 2015. Iss. 1, p. 296-301.

References

1. Budashko, V. Decision support system's concept for design of combined propulsion complexes / V. Budashko, V. Nikolskiy, O. Onishchenko, S. Khniunin / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – V. 3. – № 8(81). – P. 10 – 21. Doi:10.15587/1729-4061.2016.72543.

Шевченко В.А. Алгоритм швидкої оцінки параметрів суднових електроенергетичних систем.

Запропонований алгоритм та методика швидкої оцінки та вимірювання основних параметрів електроенергії суднової електроенергетичної системи, побудованої на основі синхронного генератора. Основна особливість нового рішення базується на застосуванні удосконаленої методики мультиплікованої обробки інформації, що поступає від вимірювальних датчиків струму та напруги суднового генератора. Застосування запропонованої методики дозволяє здійснити за час, що не перевищує одного періоду синусоїдальної напруги, вимірювання лінійної напруги, фазного струму, коефіцієнту потужності, частоти струму та напрямку потужності. Передбачена можливість прогнозного розрахунку моментів часу досягнення заданих значень амплітуд змінних, що оцінюються. Алгоритм є універсальним тому, що легко адаптується у будь-які суднові електроенергетичні системи вимірювання, управління та моніторингу, має низьку вимірювальну похибку та технічно легко реалізується. Особливо ефективно застосування запропонованого алгоритму у суднових електроенергетичних системах, де необхідне динамічне підтримування та компенсація ряду специфічних параметрів (високоточне позиціонування судна, швидка корекція коефіцієнту потужності, компенсація ударних електроенергетичних навантажень).

Ключові слова: суднова електроенергетична система, вимірювання, параметри електроенергії, алгоритм.

Shevchenko V.A. Ships electrical power systems' parameters fast measurement algorithm.

Ship electrical power system with synchronous generators basic parameters measurement algorithm and method is offered. The main feature of new solution is based on the application of advanced multiplied data processing method, the primary data is coming from generator current and voltage sensors. Offered method application allows in period of time faster than one sinusoid period to measure: line voltage, phase current, power factor, current frequency and direction of the power. The predictive calculation possibility of evaluating variables peak values sampling moments is provided. The algorithm is multipurpose because it can be easily adopted in any ship's electrical power measurement, control and monitoring systems, it has small measuring errors and simple technical implementation. Application of the offered algorithm is especially effective in ship's electrical power systems where a number of specific parameters (high accuracy ship dynamic positioning, fast power factor correction, impact electrical load compensation) dynamic stabilization and compensation is necessary.

Keywords: ship's electrical power system, measurement, electrical power parameters, algorithm.

Шевченко Валерій Анатолійович – к.т.н., доцент кафедри «Електрообладнання і автоматика суден» Національного університету «Одеська морська академія», e-mail: vash4891@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Суворін А.В.**

Стаття подана 7.05.2018

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 3 (244) 2018**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск

Кудрявцев С.О.

Оригінал-макет

Могильна О.В.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 11.07.2018 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 16,6. Обл.-вид. арк. 18,3.
Наклад 300 прим. Вид. № 3177. Замов. № 29. 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