

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

В І С Н И К

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 3 (220)
2015**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Сєвєродонецьк 2015

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 3 (220) 2015

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 (220) 2015

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 видань ВАК України (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №5 2010 р.), (Бюл. ВАК №3 2010 р.), (Бюл. ВАК №11 2010 р.), (Бюл. ВАК №7 2011 р.) в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук з *технічних, економічних, історичних, хімічних та фізико-математичних 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),
Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, (заступник
головного редактора),
Михайлюк В.П., докт. іст. наук, (заступник головного
редактора),
Галстян Г.А., докт. хім. наук, (заступник головного
редактора),
Архипов О.Г., докт. техн. наук,
Глікін М.А., докт. техн. наук,
Горбунов М.І., докт. техн. наук,
Кравченко О.П., докт. техн. наук,
Носко П.Л., докт. техн. наук,
Осенін Ю.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,
Чернецька-Білецька Н.Б., докт. техн. наук,

Даніч В.М., докт. екон. наук,
Заблюцька І.В., докт. екон. наук,
Козаченко Г.В., докт. екон. наук,
Костирко Л.А., докт. екон. наук,
Надьон Г.О., докт. екон. наук,
Рамазанов С.К., докт. техн. наук, докт. екон. наук,
Чернявська Є.І. докт. екон. наук,
Чиж В.І., докт. екон. наук,
Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук,
Ємець О.О., докт. фіз.-мат. наук,
Татарченко Г.О., докт. техн. наук,
Філоненко А.Д., докт. фіз.-мат. наук,
Барабаш Ю.В., докт. іст. наук,
Войтович Л.В., докт. іст. наук,
Довжук І.В., докт. іст. наук,
Дьомін О.Б., докт. іст. наук,
Д'яконіхін А.В., канд. іст. наук,
Сапицька О.М., канд. іст. наук,
Сергієнко Ю.Г., докт. іст. наук,
Стяжкіна О.В., докт. іст. наук,
Чернявський Г.Й., докт. іст. наук,
Голосман Є.З., докт. хім. наук,
Кудюков Ю.П., докт. хім. наук,
Новіков В.П., докт. хім. наук,
Кондратов С.О., докт. хім. наук,
Галстян А.Г., 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 № 4 від 02. 02. 2015 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2015

© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2015

ЗМІСТ

Кхалед Аквіре, Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Целіщев Є.Б. ВИЗНАЧЕННЯ КИСНЮ В СКЛАДНИХ ГАЗОВИХ СУМІШАХ ТЕРМОМАГНІТНИМ МЕТОДОМ ЗА «РОТОРНИМ» ПРИНЦИПОМ	7
Белоусов Я.І. ДІАГНОСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ: МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ	12
Бокша Н.І., Матвійчук С.С. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЖІНОЧОГО ОДЯГУ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСТКИ РУЧНИХ ВИДІВ РОБІТ	18
Бухман О.М. ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПАТОЛОГІЇ У РОБІТНИКІВ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ВПЛИВУ ЛОКАЛЬНОЇ ВІБРАЦІЇ	23
Гапонова О.В. СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО ОБМЕНА ДОКУМЕНТАМИ МЕЖДУ ОРГАНИЗАЦИЯМИ	29
Герасимов В.В., Дулішків Я.М., Матвійчук С.С. ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДЯГУ В СЕРЕДОВИЩІ ОРТИТЕХ	33
Гликина И.М., Гликин М.А., Кудрявцев С.А. ПУТЬ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЭРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛИЗА	38
Домнин А.О., Гликина И.М., Кудрявцев С.А., Гликин М.А. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СИНТЕЗ УГЛЕВОДОРОДОВ В АЭРОЗОЛЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА	45
Зубцов Е.И. ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ КОНВЕРСИИ СОЛЕННОГО УГЛЯ В РАСПЛАВЕ	49
Калініна Г.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ ОБМОТОК СТРУМІВ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ З ДИСКРЕТНОЮ УСТАНОВКОЮ СТРУМУ	54
Казаков В.В. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС РЕГЕНЕРАЦИИ РУТЕНИЕВО-ПАЛЛАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА	58
Кохан И.В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОВРЕМЕННЫХ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ИНСЕКТИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЭФИРОВ ТИОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ	63
Литовченко А.О. ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ С РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ	68
Матвійчук С.С. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ КАСТОМІЗАЦІЇ СПОРТИВНОЇ ФОРМИ ДЛЯ БАСКЕТБІЛІСТІВ ЗА УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТИПОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ	73
Мельник Ю.Р., Палюх З.Ю., Мельник С.Р. АЛКОГОЛІЗ ТРИГЛЦЕРИДІВ ЕТАНОЛОМ У ПРИСУТНОСТІ КАТІОНІТУ КУ-2-8, МОДИФІКОВАНОГО ІОНАМИ МЕТАЛІВ	78

Мельник С.Р., Кравченко І.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЕСТЕРИФІКАЦІЇ	83
Мороз Р.А., Полуда С.Н., Коваль Т.В. ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ У ФОРМУВАННІ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ КОСТЮМНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ.....	89
Мошонько В.И. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАСТВОРЕНИЯ МЕЛА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАРСТОВЫХ ВОД	96
Полуда С.Н., Мороз Р.А. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ НОРМУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШКІЛЬНОЇ ФОРМИ	100
Поливянчук А.П., Холкина Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОКИНЕТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОТБОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ В МИНИТУННЕЛЕ.....	107
Попова А.І. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ ГНУЧКИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ФОРМ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ЖІНОЧОГО ОДЯГУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА	111
Ревенко С.А., Галабурда Н.И., Карпюк Л.В., Табунщиков В.Г. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ	117
Самойлова Ж.Г, Асманкіна А.А. ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ З ВПРОВАДЖЕННЯМ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ	121
Сафонова С.О. ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕБЕЗПЕКИ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ.....	126
Серикова О.М. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРАЦІВНИКА ВІДПОВІДНО ДО ЕТАПІВ ЙОГО ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	129
Суворин А.В., Заика Р.Г., Казаков В.В., Суворин В.А. РАСЧЕТ ПО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ПРЕДЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ХЕМОСОРБЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА ВОДНОЙ СУСПЕНЗИЕЙ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ	134
Тарасов В.Ю., Халявка Т.А., Заика Р.Г., Зубцов Е.И. ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ TiO_2 В РЕАКЦИЯХ ДЕСТРУКЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ	138
Татарченко Г.О. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОЗОНА И КИСЛОРОДА НА МЕТАЛЛАХ В ПРОЦЕССЕ КОРРОЗИИ	143
Фурса О. А., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю. АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.....	150
Холкина Е.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА МИКРОТУНЕЛЯ МКТ-2 НА МОТОРНОМ СТЕНДЕ АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ	155
Гаврилюк Ю.В., Фурса О.А., Швачка А.И. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ВУЛКАНИЗАТА.....	160

CONTENTS

Khaled Akvire, Tselithhev A.B., Loriya M.G., Tselithhev E.B. ITS DEVAIS OXYGEN WITH GAS MIXTURE THERMOMAGNETICAL METHOD WITH “ROTOR” PRINSIPAL.....	7
Belousov Ja.I. DIAGNOSTIC ANALYSIS of REGIONAL DEVELOPMENT : MECHANISM OF REALIZATION OF RESULTS	12
Boksha N.I., Matviychuk S.S. ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE PROCESS MAKING WOMEN'S CLOTHING IN ORDER TO OPTIMIZE THE PART OF MANUAL TYPES OF WORK	18
Bukhman O.M. PREDICTION IMPACT OF A LOCAL VIBRATION ON THE LEVELS OF OCCUPATIONAL DISEASES.....	23
Gaponova O.V. THE SYSTEM SECURE EXCHANGE OF DOCUMENTS BETWEEN INSTITUTIONS	29
Gerasimov V.V., Duliskovich Y.M., Matvijchuk S.S. 3D MODELING CLOTH IN CAD OPTITEX.....	33
Glikina I.M., Glikin M.A., Kudryavtsev S.A. THE WAY OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF AEROSOL NANOCATALYSIS.....	38
Domnin A.O., Glikina I.M., Kudryavtsev S.A., Glikin M.A. THE EFFECT OF PRESSURE ON THE SYNTHESIS OF HYDROCARBONS IN AEROSOL BICOMPONENT IRONCONTAINING CATALYST	45
Zubcov E.I. THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE COMPOSITION OF THE CONVERSION PRODUCTS OF SALT COAL IN MELT	49
Kalinina H.V. RESEARCH FORM OF CURRENTS HIGH-FREQUENCY TRANSFORMER WINDING CHARGER WITH DISCRETE INSTALLING CURRENT	54
Kazakov V.V. THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC FIELDS REGENERATION PROCESSES OF THE RUTHENIUM-PALLADIUM CATALYST	58
Kokhan I.V. DESIGN OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF MODERN ORGANOPHOSPHORUS INSECTICIDES BASED ON ORGANIC ESTERS OF THIOPHOSPHORIC ACID	63
Litovchenko A.O. RESEARCH OF AN AUTOMATED PRODUCTION LINE WITH ROBOTIC ARM, DESIGNED FOR THE PRODUCTION AND STORAGE OF ELECTRONIC DEVICES.....	68
Matviychuk S.S. ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF INDUSTRIAL CUSTOMIZATION SPORTSWEAR FOR BASKETBALL PLAYERS WHEN USED TYPICAL METHODS OF DESIGNING CLOTHES	73
Melnyk Yu.R., Palyukh Z. Yu., Melnyk S.R. TRANSESTERIFICATION OF TRIGLYCERIDES WITH ETHYL ALCOHOL IN THE PRESENCE OF CATION-EXCHANGE RESIN KU-2-8 MODIFIED BY METAL IONS.....	78
Melnyk S.R., Kravchenko I.V. THE MATHEMATICAL MODEL OF ESTERIFICATION PROCESS.....	83

Moroz R.A., Poluda S.N., Koval' T.V. DURABILITY AND ITS IMPORTANCE IN FORMATION LIFECYCLE COSTUME MATERIALS FOR MODERN GARMENT	89
Mokhonko V.I. THE RESEARCHING CHALK DISSOLUTION MECHANISM IN POLLUTED KARST WATER.....	96
Poluda S.N., Moroz R.A. IMPROVING THE PROCESS OF NORMALIZATION OF TEXTILE MATERIALS FOR PRODUCTION OF SCHOOL CLOTH.....	100
Polivianchuk A., Holkina O. RESEARCH ISOKINETIC MODE OF DIESEL EXHAUST GASES SAMPLING IN MINI-TUNNEL	107
Popova A.I. FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE PROCESS STREAMS FLEXIBLE ORGANIZATIONAL FORMS BY THE FORM OF WOMEN'S CLOTHING IN MODERN CONDITIONS OF CLOTHING MANUFACTURE	111
Revenko S.A., Galaburda N.I., Karpyuk L.V., Tabunschikov V.G. IMPROVING EFFECTIVENESS OF CATALYTIC GAS-PHASE OF PROCESSES.....	117
Samoylova Zh.G., Asmankina A.A. TECHNOLOGICAL SCHEME OF ELECTRONIC EQUIPMENT MAKING WITH INTRODUCTION OF MATERIALS ON AN ACETIC ACID BASE.....	121
Safonova S.A. QUANTIFICATION OF DANGER IN THE INFORMATION TECHNOLOGY FOR SUPPORT DECISION-MAKING IN AN EMERGENCY SITUATION	126
Serikova O.N. SPECIAL ASPECTS OF REALIZATION OF WORKER'S LABOUR POTENTIAL IN ACCORDANCE WITH THE STAGES OF HIS LABOUR ACTIVITY	129
Suvorin A.V., Zaika R.G., Kazakov V.V., Suvorin V.A. CALCULATIONS ON THERMODYNAMIC DATA LIMIT DEGREE OF SEPARATION OF MATERIALS UNDER CONDITIONS OF NITROGEN OXIDES CHEMISORPTION AQUEOUS SUSPENSIONS OF SPENT CATALYST	134
Tarasov V.Yu., Khalyavka T.A., Zaika R.G., Zubcov E.I. PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF COMBINED SAMPLES BASED ON TiO_2 IN DYES DESTRUCTION	138
Tatarchenko G.O. THE REDUCTION OF OZONE AND OXYGEN ON THE METAL IN THE CORROSION PROCESS	143
Fursa O.A., Cherneckiy E.V., Oleynuk O.Y. THE ALGORITHM SIMULATION SOFTWARE TO AUTOMATE THE CALCULATION OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS	150
Holkina H. EXPERIMENTAL RESEARCH PROTOTYPES MICROTUNNEL MKT-2 ENGINE FOR BENCH AUTOMOTIVE ENGINES.....	155
Gavriluk Y., Fursa O., Shvachka A. CALCULATION OF PROCESS PARAMETERS MODIFICATION CRUSHED VULCANIZATE.....	160

УДК 543.272.108

**ВИЗНАЧЕННЯ КИСНЮ В СКЛАДНИХ ГАЗОВИХ СУМІШАХ
ТЕРМОМАГНІТНИМ МЕТОДОМ ЗА «РОТОРНИМ» ПРИНЦИПОМ****Кхалед Аквіре, Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Целіщев Є.Б.****ITS DEVAIS OXYGEN WITH GAS MIXTURE THERMOMAGNETICAL
METHOD WITH “ROTOR” PRINSIPAL****Khaled Akvire, Tselithhev A.B., Loriya M.G., Tselithhev E.B.**

Важливою проблемою при експлуатації ТМГ на виробництві є практична відсутність стаціонарних і переносних зразкових приладів для перевірки робочих ТМГ. Тому метою роботи є розробка високоточного універсального термомагнітного газоаналізатора з абсолютно лінійними градувальними характеристиками в діапазоні вимірювання концентрацій кисню від 0 до 100 %, незначними додатковими похибками вимірювання, малою вагою, вартістю, енергоємністю і здатними визначати вміст кисню в складних технологічних газових сумішах.

Виконані теоретичні дослідження методу вимірювання концентрацій кисню за “роторним” принципом і показана можливість розробки автоматичного газоаналізатора з лінійною статичною характеристикою, який не залежить від таких основних параметрів як напруга живлення мостових електричних схем, напруженості магнітного поля, зміни атмосферного тиску, теплофізичних параметрів газової суміші, а також незначною залежністю від зміни температури навколишнього повітря. Це дає можливість розробляти зразкові переносні та стаціонарні прилади контролю кисню в багатоконпонентних газових сумішах, а також промислових багатодіапазонних приладів з високими метрологічними характеристиками, які відрізняються малою вагою та габаритами, високою надійністю, точністю і вартістю.

Ключові слова: кисень, термомагнітний метод, “роторний” ефект, термоанемометр.

Вступ. Термомагнітні газоаналізатори (ТМГ) призначені для вимірювання концентрації кисню в хімічній, теплоенергетичній, нафтопереробній та інших галузях промисловості. Вони мають певні недоліки, які ускладнюють їх широке використання для наукових досліджень і в промисловості. У статті пропонується новий метод вимірювання кисню в складних газових сумішах на основі “роторного” ефекту, дається його теоретичне обґрунтування і

показані напрямки побудови газоаналізатора з високими метрологічними характеристиками.

Сучасні ТМГ мають суттєві недоліки, серед яких: нелінійність статичної характеристики, залежності від зміни температури навколишнього середовища, атмосферного тиску, складу неокисневої частини аналізуючої газової суміші, напруженості магнітного поля, просторового розташування тощо. Це приводить до необхідності використання спеціальних термостатів, пристроїв стабілізації тиску газової суміші та інших, що значно збільшує їх вагу, вартість, складність в експлуатації, енергоємність, а основне значно зменшує точність вимірювання, надійність та область використання.

Основна частина. Конструктивно ТМГ складаються з системи постійних магнітів 3 (див. рис.), між якими розташований один термоанемометр *A*. Термоанемометр являє собою скляну трубку 1 з намотаною поверх неї платиною спіраллю 4, яка одночасно служить нагрівачем і вимірювальним перетворювачем витрати *F* аналізуючої газової суміші, котра протікає в трубці термоанемометра під дією неоднорідного термомагнітного поля. Нагрівач двохсекційний, секції якого є плечами мостової електричної вимірювальної схеми. Вихідна напруга $U_{рвви}$ електричного моста 5 є мірою концентрації кисню в газовій суміші. На рис. 1 показана схема термомагнітного газоаналізатора з двома термоанемометрами *A* і *B* і двома вимірювальними електричними мостами 5 і 6. У термоанемометрі *B* в області максимального термомагнітного поля розташована хрестоподібна перегородка 2, яка призначена для зменшення впливу на результат вимірювання “роторного” ефекту.

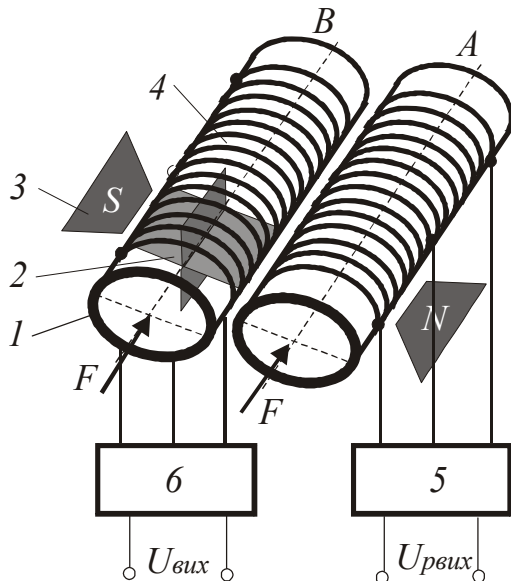


Рис. Схема термомагнітного газоаналізатора з двома термоанемометрами

Як показано в [1], в області максимального термомагнітного поля виникає так званий “ротаторний” ефект, який обумовлений некисневою частиною газової суміші. Рушійною силою цього ефекту є концентрація кисню, який володіє парамагнітними властивостями, тобто здатний втягуватися в неоднорідне магнітне поле. Вперше явище “ротаторного” ефекту використано для побудови уніфікованого термомагнітного газоаналізатора з практично лінійною статичною характеристикою в діапазоні від 0 до 100 % кисню, вдвічі вищою чутливістю, меншими похибками вимірювання [2]. Це дало можливість будувати багатодіапазонні прилади, з такими уніфікованими параметрами як напруженість магнітного поля та напругою живлення нагрівача. Але такий ТМГ має відповідні недоліки до яких відносяться: не абсолютна лінійність градувальних характеристик, необхідність термостатування для зменшення температурної похибки, використання стабілізатора абсолютного тиску газової суміші, значна залежність від зміни складу некисневої частини аналізуючої газової суміші та інші. Основна приведена похибка такого газоаналізатора достатньо велика (до 2,5 % від діапазону вимірювання), прилад має значні похибки, викликані зміною температури навколишнього середовища, атмосферного тиску тощо.

Важливою проблемою при експлуатації ТМГ на виробництві є практична відсутність

стаціонарних і переносних зразкових приладів для перевірки робочих ТМГ. Тому метою роботи є розробка високоточного універсального термомагнітного газоаналізатора з абсолютно лінійними градувальними характеристиками в діапазоні вимірювання концентрацій кисню від 0 до 100 %, незначними додатковими похибками вимірювання, малою вагою, вартістю, енергоємністю і здатними визначати вміст кисню в складних технологічних газових сумішах.

Вихідну напругу $U_{вих}$ ТМГ з “ротаторним” ефектом (термоанемометр А) можна визначити за формулою

$$U_{рвих} = 0,93 \cdot 10^{-4} U_0 \frac{D^4 \theta_0^2 T_0 p H_{\max}^2 \Pi}{a p_0 L_1 L_T \eta_C} \cdot Q v_0 \frac{2 T_0 \bar{T}}{T_1 T_2} \left[1 + (1 - Q)^2 \frac{\eta_k}{\eta_H} \cdot \frac{\rho_{1H} \rho_{2H}}{\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H} \right], \quad (1)$$

де D - внутрішній діаметр трубки термоанемометра; $\theta_0 = T_2 - T_1$; T_1, T_2 - температура нагріву термоанемометра та навколишнього повітря відповідно; $T_0 = 273,15 \text{ K}$; $p_0 = 101,325 \text{ кПа}$; p - поточне значення атмосферного тиску; $H_{\max}$ - максимальна напруженість магнітного поля; $a = \lambda / c_p \rho$ - коефіцієнт температуро-провідності газу; λ, c_p, ρ - коефіцієнт тепло-провідності, питома теплоємність і густина газової суміші; L_1, L_T - довжина трубки термоанемометра, яка знаходиться в області максимального термомагнітного поля, і повна його довжина відповідно; η_k - в'язкість кисню; Q - відносна концентрація кисню в газовій суміші; v_0 - магнітна сприйнятливості кисню при T_0 і p_0 ; $\bar{T} = (T_1 + T_2) / 2$; η_H - в'язкість некисневої частини газової суміші; ρ_{1H}, ρ_{2H} - густина некисневої частини газу при температурі T_1 і T_2 відповідно; $\bar{\rho}_k, \bar{\rho}_H$ - середня густина кисню та її некисневої частини відповідно.

$$\Pi = \frac{\beta R_d [1 + \beta (T_1 - T_0)]}{2 [1 + \beta (T_2 - T_0)]^2 \{2 R_d + R + [1 + \beta (T_2 - T_0)]\}} \cdot \left[1 + \frac{\beta \theta_0 \{2 R_d + R + R_0 [1 + \beta (T_2 - T_0)]\}}{(2 R_d + R) [1 + \beta (T_1 - T_0)] + R_0 [1 + \beta (T_2 - T_0)] [1 + \beta (2 T_2 - T_1 - T_0)]} \right]$$

Вихідна напруга $U_{вих}$ ТМГ без “роторного” ефекту (термоанемометр B) дорівнює

$$U_{вих} = 0,93 \cdot 10^{-4} Q \nu_0 U_0 \frac{D^4 \theta_0^2 T_0 p H_{\max}^2 \Pi}{a p_0 L_1 L_T \eta_C} \frac{2 T_0 \bar{T}}{T_1 T_2} \quad (2)$$

З рівняння (2) видно, що при відсутності “роторного” ефекту вихідна напруга ТМГ пропорційна концентрації кисню в газовій суміші, а значить його статична характеристика є лінійною незалежно від концентрації кисню в газовій суміші.

Відношення вихідних напруг $U_{p\text{вих}}$ і $U_{вих}$ являє собою кінетичну дію кисню в максимальному неоднорідному термомагнітному полі. Позначимо $K = U_{p\text{вих}} / U_{вих}$. Тоді з рівнянь (1) і (2) маємо

$$K = 1 + (1 - Q)^2 \frac{\mu_k}{\eta_H} \cdot \frac{\rho_{1H} \rho_{2H}}{\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H} \quad (3)$$

З рівняння (3) знайдемо концентрацію кисню

$$Q = 1 - \sqrt{(K - 1) \frac{\eta_H}{\eta_k} \cdot \frac{\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H}{\rho_{1H} \rho_{2H}}} \quad (4)$$

Рівняння (4) запишемо в такій формі

$$Q = 1 - \sqrt{\frac{(U_{p\text{вих}} - U_{вих})}{U_{вих}}} \cdot \sqrt{\frac{\eta_H}{\eta_k} \cdot \frac{\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H}{\rho_{1H} \rho_{2H}}} \quad (5)$$

Рівняння (5) являє собою математичну модель, яка описує принцип роботи газоаналізатора, в якому вимірювання концентрації кисню здійснюється посереднім способом, використовуючи явище “роторного” ефекту. З рівняння (5) не важко зробити висновок, що множник $\sqrt{(U_{p\text{вих}} - U_{вих}) / U_{вих}}$ не залежить від зміни таких основних параметрів як: напруги живлення мостової вимірювальної електричної схеми, напруженості магнітного поля, коефіцієнта температуропровідності, зміни атмосферного тиску, геометричних розмірів трубки термоанемометра, електричних параметрів мостової вимірювальної схеми, температури нагріву термоанемометра та навколишнього середовища. Другий множник у рівнянні (5) $\sqrt{(\eta_H / \eta_k) \cdot (\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H / \rho_{1H} \rho_{2H})}$ не залежить від зміни атмосферного тиску, мало залежить від зміни температури нагріву термоанемометра та навколишнього повітря, а також складу неексисневої частини вимірювальної газової суміші.

Позначимо множник $k_C = \sqrt{(\eta_H / \eta_k) \cdot (\bar{\rho}_k \bar{\rho}_H / \rho_{1H} \rho_{2H})}$ і покажемо як він залежить від температури. Згідно з рівнянням Сатерленда [3] в'язкість газу

$$\eta = \eta_0 \left(\frac{T_2}{T_0} \right)^{3/2} \frac{(T_0 + C_{\eta})}{(T_2 + C_{\eta})}, \text{ де } \eta_0 - \text{в'язкість газу}$$

при температурі T_0 , C_{η} - стала Сатерленда.

Густина газу $\rho = \frac{pM}{848zT}$, де p - атмосферний тиск; M - молекулярна вага газу; z - стала; T - температура. Тоді маємо:

$$k_C = \sqrt{\frac{\eta_{0H}}{\eta_{0k}} \cdot \frac{(T_0 + C_{\eta H})(T_2 + C_{\eta k})}{(T_2 + C_{\eta H})(T_0 + C_{\eta k})}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{M}_k \bar{M}_H}{M_{1H} M_{2H}}}.$$

Враховуючи, що молекулярна вага газу не залежить від температури, одержуємо

$$k_C = \sqrt{\frac{\eta_{0H}}{\eta_{0k}} \cdot \frac{(T_0 + C_{\eta H})(T_2 + C_{\eta k})}{(T_2 + C_{\eta H})(T_0 + C_{\eta k})}} \cdot \sqrt{\frac{M_k}{M_H}} \quad (6)$$

Так як для більшості газів коефіцієнти Сатерленда відрізняються між собою незначно, то

$$\text{відношення} \quad k_T = \sqrt{\frac{(T_0 + C_{\eta H})(T_2 + C_{\eta k})}{(T_2 + C_{\eta H})(T_0 + C_{\eta k})}}$$

практично залишається постійним. З урахуванням цього рівняння (6) можна записати таким чином

$$k_C = \sqrt{k_T \frac{\eta_{0H}}{\eta_{0k}} \cdot \frac{M_k}{M_H}} \quad (7)$$

Так як у промисловій практиці завжди відомий склад аналізуючої газової суміші, то для кожної з них можна розрахувати коефіцієнт k_C за формулою (7). Таким чином для певної газової суміші коефіцієнт k_C є сталою величиною. Враховуючи сказане, рівняння (5) приймає наступну форму

$$Q = 1 - k_C \sqrt{\frac{(U_{p\text{вих}} - U_{вих})}{U_{вих}}} \quad (8)$$

Так як напруги $U_{p\text{вих}}$ і $U_{вих}$ можна вимірювати, то рівняння (8) є основою для побудови

термомагнітного газоаналізатора з лінійною статичною характеристикою, який практично не залежить від зміни напруги живлення вимірювальної електричної мостової схеми, напруженості магнітного поля, температуропровідності аналізуючої газової суміші та температури навколишнього середовища.

Висновки. Використано “роторний ефект” у неоднорідному термомагнітному полі для розробки нового принципу побудови газоаналізатора контролю кисню в багатокомпонентних газових сумішах. Виконані теоретичні дослідження методу вимірювання концентрації кисню за “роторним” принципом і показана можливість розробки автоматичного газоаналізатора з лінійною статичною характеристикою, який не залежить від таких основних параметрів як напруга живлення мостових електричних схем, напруженості магнітного поля, зміни атмосферного тиску, теплофізичних параметрів газової суміші, а також незначною залежністю від зміни температури навколишнього повітря. Це дає можливість розробляти зразкові переносні та стаціонарні прилади контролю кисню в багатокомпонентних газових сумішах, а також промислових багатодіапазонних приладів з високими метрологічними характеристиками, які відрізняються малою вагою та габаритами, високою надійністю, точністю і вартістю.

Л і т е р а т у р а

1. Стенцель Й.І., Целищев О.Б., Єлісєєв П.Й. Теплофізичні моделі перетворень в термомагнітному полі //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. –2003. -№1. С. 26-29.
2. Целищев О.Б. Математична модель термомагнітного газоаналізатора з внутрішньою термомагнітною конвекцією //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2003. - №2. – С.69-72.
3. Хоблер Т. Теплопередача и теплообменники. Л.: Государственное науч. техн. изд-во хим. литературы. – 1961. – С. 819.

R e f e r e n c e s

1. Stencil' J.I., Celishhev O.B., Eliseev P.J. Teplofizichni modeli peretvoren' v termomagnitnomu poli //Vimirljuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah. –2003. -№1. S. 26-29.
2. Celishhev O.B. Matematichna model' termomagnitnogo gazoanalizatora z vnutrishn'uju termomagnitnoju konvekcieju //Vimirljuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih procesah. – 2003. - №2. – S.69-72.
3. Hobler T. Teploperedacha i teploobmenniki. L.: Gosudarstvennoe nauch. tehn. izd-vo him. literatury. – 1961. – С. 819.

Кхалед Аквире, Целищев О.Б., Лория М.Г., Целищев Е.Б. Определение кислорода в сложных газовых смесях термомагнитным методом по "роторному" принципу.

Важной проблемой при эксплуатации ТМГ на производстве является практическое отсутствие стационарных и переносных образцовых приборов для проверки рабочих ТМГ. Поэтому целью работы является разработка высокоточного универсального термомагнитного газоанализатора с абсолютно линейными градуировочными характеристиками в диапазоне измерения концентраций кислорода от 0 до 100 незначительными дополнительными погрешностями измерения, малым весом, стоимостью, энергоемкостью и способными определять содержимое кислорода в сложных технологических газовых смесях.

Выполненные теоретические исследования метода измерения концентрации кислорода по "роторному" принципу и показанная возможность разработки автоматического газоанализатора с линейной статичной характеристикой, который не зависит от таких основных параметров как напряжение питания мостовых электрических схем, напряженности магнитного поля, изменения атмосферного давления, теплофизических параметров газовой смеси, а также незначительной зависимостью от изменения температуры окружающего воздуха. Это дает возможность разрабатывать образцовые переносные и стационарные приборы контроля кислорода в многокомпонентных газовых смесях, а также промышленных многодиапазонных приборов с высокими метрологическими характеристиками, которые отличаются малым весом и габаритами, высокой надежностью, точностью и стоимостью.

Ключевые слова: кислород, термомагнитный метод, "роторный" эффект, термоанемометр.

Khaled Akvire, Tselithhev A.B., Loriya M.G., Tselithhev E.B. Its devais oxygen with gas mixture thermomagnetical method with "rotor" prinsipal

An important problem during exploitation of ТМГ on a production is practical absence of stationary and portable exemplary devices for verification of workers of ТМГ. Therefore the aim of work is development of high-fidelity universal термомагнітного gas analyzer with absolutely linear calibration descriptions in the range of measuring of concentrations of oxygen from 0 to 100 by the insignificant additional errors of measuring, small weight, cost, power-hungryness and able to determine content of oxygen in difficult technological gas mixtures.

Executed theoretical researches of method of measuring of concentration of oxygen on "rotor" principle and shown possibility of development of automatic gas analyzer with linear static description, that does not depend on such basic parameters as tension of feed of bridge electric charts, tension of magnetic-field, change of atmospheric pressure, thermophysical parameters of gas mixture, and also by insignificant dependence on the change of temperature of surrounding air. It gives an opportunity to develop the exemplary portable and stationary devices of control of oxygen in multicomponent gas mixtures, and also industrial multirange devices with high metrology descriptions, that differ in small weight and sizes, high reliability, exactness and cost.

Key words: oxygen, термомагнітний method, "rotor" effect, thermoanemometer.

Кхалед Аквіре – аспірант кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій Східноукраїнського національного університету імені В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Целіщев Олексій Борисович – доцент, к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій Східноукраїнського національного університету імені В. Даля м. Сєверодонецьк.

Лорія Марина Геннадіївна – доцент, к.т.н., доцент кафедри електронних апаратів Східноукраїнського національного університету імені В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Целіщев Євген Борисович – студент Східноукраїнського національного університету імені В. Даля, м. Сєверодонецьк.

Рецензент: **Суворин А. В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 12.01.2015

УДК 543.272.108

ДІАГНОСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ: МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ

Бєлоусов Я.І.

DIAGNOSTIC ANALYSIS of REGIONAL DEVELOPMENT : MECHANISM OF REALIZATION OF RESULTS

Belousov Ja.I.

В статті досліджено сутність діагностичного аналізу розвитку регіонів, який сприяє створенню непрямих регулюючих моделей управлінської дії, можливості отримувати інформацію про комплексну і всебічну оцінку стану конкретного регіону. Механізм реалізації результатів діагностичного аналізу має забезпечуватися економічними важелями. Серед них найважливішим є формування фінансових ресурсів, які давали б можливість забезпечити здійснення відповідних регіональних програм. Оскільки стратегія діяльності керівництва регіону розробляється в результаті встановлення пріоритетних цілей, діагностичний аналіз розвитку регіону в першу чергу має бути орієнтований не тільки на виявлення проблем, а й виявлення базових можливостей регіону. Результатом аналізу може бути виявлення відхилень від нормального стану у розвитку регіону. Після аналізу й оцінки території розробляються конкретні рішення про її використання з визначенням характеру режиму використання тих або інших ділянок території. Необхідність проведення аналізу економічного розвитку серед сукупності регіонів країни обумовлена ще й тим, що рівень економічного розвитку регіону неможливо оцінювати автономно.

Ключові слова: діагностичний аналіз, інформація, стратегія, розвиток, регіон, механізм, реалізація, результати.

Вступ до розгляду питання. Останнім часом зростає значення властивостей і якостей території регіону як своєрідного індикатора стану середовища життєдіяльності людини. Територія починає сприйматися як природний базис для будь-якої економічної діяльності, як основа консолідації інтересів певних соціальних груп, управління різними формами господарювання, різноманітної суспільної діяльності. Творча економічна політика в суспільному розвитку – це початок нового етапу. Виважена стратегія дій, висока професійна підготовка є основою творчої економічної діяльності, проведення якої вимагають сучасні процеси, що відбуваються в Україні. Суперечності поточних перетворень набувають конкретного і часом унікального практичного впровадження саме в регіонах, тим самим переносячи на них центр ваги.

Мета статті. Дослідження сутності діагностичного аналізу розвитку регіонів, який є фундаментом будь-якого регіонального дослідження та допомагає розробляти не тільки оптимальну стратегію діяльності керівників регіону та надавати системну картину стану і тенденцій розвитку, а й виявляти основні лінії зв'язку між розвитком різноманітних процесів через механізм реалізації результатів аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання проведення комплексних досліджень соціального та економічного розвитку регіонів із застосуванням діагностичного аналізу розглядаються в наукових роботах вчених В. Гейца, У. Ізарда, А. Г. Гренберга, В. А. Устименка, В. С. Василенка, І. В. Заблудської, Б. Т. Кліяненка, А. В. Поповкіна, Є. М. Ахромкіна, Я. Б. Олійника, А. І. Доценка, А. В. Степаненка, В. К. Симоненка, С. І. Дорогунцова та інших.

Результати досліджень дозволяють визначити, що незважаючи на різницю в особливостях розвитку регіонів, обрану структуру управління регіонами для розв'язання досить складних управлінських завдань і поставлених цілей, які належить розв'язувати в ситуаціях високого ступеня невизначеності, потрібні спеціальні програми. Однією з них є програма комплексного дослідження регіонів, яка дозволяє розробляти оптимальні управлінські стратегії на середньострокову перспективу. Механізм реалізації результатів аналізу на практиці складний, а механізм застосування спеціальних організаційних принципів в аналітичних дослідженнях соціального розвитку регіонів до кінця не визначений, тому ці питання потребують дослідження і вивчення.

Виклад основного матеріалу. Дослідження регіонів і впровадження оптимальних управлінських стратегій регіонального розвитку, заснованих на наявних можливостях та конкурентоспроможності і направлених на ліквідацію відсталості, є науковою роботою. Метою такого дослідження є вирішення складних управлінських завдань. Особливістю

дослідження є те, що воно відбувається в ситуаціях високого ступеня невизначеності.

Велике значення має аналіз чинних тенденцій та закономірностей розвитку окремих регіонів, вимірювання та оцінка рівнів використання їхніх соціально-економічних потенціалів, оцінка ефективності функціонування матеріального та нематеріального виробництва, виявлення специфіки та масштабів індивідуального споживання. Такий аналіз може служити інформаційною основою для перерозподілу сукупного суспільного продукту та національного прибутку.

Робота дослідників починається з конкретних завдань за кожним напрямом аналізу і зосереджена на збиранні фактичних показників та основних параметрів аналізу, проведенні оцінювання; визначенні можливостей і механізмів управлінського регулювання, визначенні стану економіки та чинників, що впливають на нього; виділенні пріоритетних чинників впливу, визначенні напрямів та тенденцій розвитку, зв'язку між явищами, що вивчаються. Етапи дослідницької роботи потребують системного підходу до збору та опрацювання інформації і необхідності подати її у варіанті, який допоможе зіставляти показники різних періодів та рівнів [5].

Реалізуються дослідження через комплексні заходи. Проблеми інформаційного дефіциту розв'язуються за допомогою спеціальних організаційних заходів які можуть включати:

- своєчасну розробку стратегії розвитку в умовах недостатнього інвестування з використанням багатокритеріального підходу; результативний та принциповий підхід до вирішення управлінських завдань зумовлює прогнозування розвитку ситуації, яка перебуває під дією конкретних чинників; осмислення комплексної аналітичної інформації та виявлення управлінських зв'язків. В такій ситуації стан вузлових проблем оцінюється експертами, а вихідні показники експертної оцінки мають включати виявлення чинників впливу та тенденцій розвитку;

- розробку методики управління активізацією інвестиційної діяльності регіону на підставі гармонійного поєднання та управління зовнішніми і внутрішніми резервами регіонального розвитку та умов для інвестиційної діяльності. Методика надає можливість формувати комплекс ефективних тактичних та стратегічних рішень, спрямованих на максимальне використання потенційних можливостей регіонального розвитку. Управління формуванням ресурсного потенціалу, активізацією інвестиційної діяльності має базуватися на синтезі передумов для інвестиційної діяльності та умов, що склалися в кожному виді економічної діяльності окремо, результатом чого є розробка сценаріїв активізації інвестиційної діяльності регіону загалом.

Чинником впливу на будь-яке рішення у сфері державного управління регіональним розвитком є обсяг інформації, джерелом якого виступають тісно

взаємопов'язані між собою процеси, що відбуваються в різних сферах. Рішення у сфері державного управління регіональним розвитком, що є частковими або не завершують і не розв'язують остаточно проблем розвитку в середовищі, зумовлюють виникнення нових питань [7].

Головна властивість діагностичного аналізу розвитку регіону – його скерованість на виявлення ієрархії проблем базових можливостей, які визначають баланс цілей і спроможностей у прийнятті управлінських рішень, враховуючи характерні риси концепції управління та їхні класифікаційні ознаки. Після визначення завдання, на першому етапі пізнається об'єкт дослідження як територіальна соціально-економічна система, визначається мета, робиться підбір критеріїв для визначення об'єкта як системи. Подальша робота скерована на окресленні межі системи, що вивчається, визначенні її структури – складові частини, елементи і зв'язки між ними. Складанням математичної моделі системи, визначенням ступені її сформованості, дослідження завершується. Пізнання об'єкта як системи дає змогу найбільш правильно визначити шляхи його розвитку. За допомогою системного підходу і діагностичного аналізу пізнаються реально функціонуючі галузеві системи розселення, виробничо-територіальні системи, і більш складні їх утворення – ТВК та суспільно-географічні комплекси [3]. Системний підхід визначає шляхи вдосконалення розміщення виробництва, розселення і територіальної організації невиробничої сфери регіону тощо, дає змогу широко застосовувати економіко-математичні методи. Найбільшого поширення набули методи математичного програмування, математико-статистичні із застосуванням аналітичного інструментарію щодо збору кількісної інформації і її обробки; методи математичного моделювання, як формалізований опис явищ і процесів, побудова відповідних моделей, систем математичного рівняння [4]. Часткові завдання також вирішуються за допомогою аналізу, який дає можливість обґрунтувати оптимальну стратегію управлінської діяльності.

Обґрунтування обраної стратегії управління економікою регіону, її реформування, точна діагностика стану економіки регіону потрібні передусім для визначення стабільності, інвестиційної політики регіонів, аналізу ресурсної забезпеченості та інвестиційного клімату; формування позитивних і негативних чинників, що впливають на надходження внутрішніх та іноземних інвестицій з метою їхнього врахування в стратегічних управлінських рішеннях.

Оцінювання організації інвестування, їхню ефективність, необхідність застосування нових механізмів з регулювання українських та іноземних інвестицій, впровадження системи правових гарантій щодо інвестицій, удосконалення державного регулювання інститутів законотворення

визначаються через діагностику, яка ґрунтується на порівнянні і виступає носієм інформації для підприємців, керівників всіх регіонів, банкірів та бізнесменів. Але рівень розвитку регіонів треба розуміти не як обсяг виробництва чи економічний потенціал, бо регіони мають різні економічні параметри (розмір території, чисельність населення тощо). Дедалі більше переважає думка, що найточнішим показником рівня розвитку регіону є розмір національного доходу на душу населення, який залежить від рівня економічної діяльності, а ефективне управління розвитком регіону ґрунтується головним чином на розпорядженні ресурсним потенціалом.

Результати діагностичного аналізу стану регіону і його основних підсистем реалізуються через механізм побудови та впровадження вдалої стратегії розвитку регіону, яка б враховувала сучасні вимоги до промислового, транспортного, ресурсного, фінансового, інвестиційного та інших потенціалів. Головні характеристики об'єкта та чинники впливу і взаємодії в розвитку конкретних процесів виявляють вже на першому етапі аналітичного дослідження. Визначення тенденцій розвитку та умови, за яких воно буде оптимальним є важливим аспектом - принципом стратегічного плану [5].

Дієвим інструментом побудови стратегії розміщення ресурсів, в тому чи іншому регіоні, а також реалізації стратегії з метою проникнення на певні регіональні ринки стає економічна і соціальна діагностика, яка сприяє створенню умов для збереження наявного балансу стабільності регіонів та підтримання нових продуктивних заходів. Мета дослідження проблем економіки і соціальної структури в регіоні ще й в тому, щоб визначити чинники, які негативно впливають на її стан. Інфраструктурна невідповідність або її відсутність, структурні деформації і викривлення, регіональні диспропорції — це недоліки в соціально-економічному розвитку регіонів, які можуть бути попереджені, оскільки вчасно проведена діагностика передбачає виявлення негативних впливів на відповідних етапах розвитку.

Виникнення істотних диспропорцій у господарстві регіону, зумовлених недостатнім урахуванням в управлінні соціальних умов, зростанням ролі людського фактора в економіці — це чинники, які певною мірою впливають на посилення наукового інтересу до питання регіонального розвитку. Вплив соціальних умов на процес розвитку регіону проявляється таким чином, що вони покликані не лише регулювати виробничий процес, а й створювати сприятливі умови для життєдіяльності населення та кожної особистості.

Отже, професійне керівництво людьми, набутий ними досвід, майстерність, освіта, інтереси та активність населення, задоволення їхніх потреб, політична стабільність країни також забезпечують економічне зростання регіону. Досягнення, набуті

сучасним суспільством є результатом цілеспрямованої діяльності людей. В залежності від змісту цілей і методів їхнього здійснення, результати суспільної праці можуть забезпечити розвиток соціально-економічної системи або призвести її до деградації. Зміст цільових установок проявляється в пануючих політичних, соціально-економічних і духовних концепціях, програмах та практиці їхньої реалізації. Кінцеві результати — зростання ефективності суспільного виробництва, національного багатства і рівня життя — залежать від стану і взаємодії таких системо-утворюючих компонентів (і, одночасно факторів розвитку), як природне середовище, наука і освіта, економіка, політика, медицина, духовний, культурний і моральний розвиток народу. В межах конкретної держави вони посідають помітне місце і відіграють конкретну роль в його розвитку [8]. Потенційні можливості регіону допомагає реалізувати зміна основних параметрів якості життя населення регіону, вона створює більш сприятливий соціальний клімат. Приділення уваги цим питанням є важливим завданням програми розвитку регіону.

Важливим фактором в організації збереження наявного балансу стабільності регіонів є затребуваність підприємцями, бізнесменами, банкірами, керівниками всіх рівнів інформації (результату проведеного діагностичного аналізу) про комплексну і всебічну оцінку стану конкретного регіону. Через такий механізм кожний з них отримує можливість визначити природно-ресурсну основу розвитку продуктивних сил, умови їх розміщення; ознайомитися з інфраструктурою регіону, надати оцінку та визначити перспективність стану регіону; оцінити ресурсний і фінансовий потенціали; виявити можливість розвитку виробництва з урахуванням сукупності ресурсних і соціально-інституційних обмежень; розрахувати ефективність розміщення певних видів економічної діяльності. В роботі з оцінювання соціально — економічного розвитку регіону застосовується система балансових рівнянь на основі розрахунку коефіцієнтів кореляції для регіону. Перевагою такої системи є можливість постійно доповнювати оперативну базу даних і удосконалювати розвиток господарського комплексу регіону, проводити економічний моніторинг та систематизувати його показники.

Окрім системи балансових рівнянь в оцінюванні соціально-економічного розвитку застосовується дослідження одного з найважливіших потенціалів регіону — ресурсного потенціалу. Тобто базою дослідників стають стан розвитку промисловості, природні та трудові ресурси регіону, господарський потенціал, стан розвитку транспорту, зв'язку, торгівлі, обласної та муніципальної власності, зовнішньоекономічних зв'язків, фінансової державної системи. Економічне і виробниче районування, поселенська і економіко-інфраструктура регіону, його географічне

положення досліджуються методами морфологічного аналізу, адже сутність географічної цілісності регіону полягає в органічній єдності природної, матеріальної та соціальної сфер. Усі три компоненти поєднуються не довільно, а під впливом певних закономірностей, факторів, передумов. Сполучення вихідних умов формування регіону дає величезну кількість варіантів — з цих причин тожних регіонів не існує [3].

Важливою передумовою розвитку економіки регіону є оцінка та аналіз регіональних відмінностей в економічному потенціалі та рівнях економічного розвитку. Економічний потенціал регіону розкриває загальні його можливості, його економічну потужність. Під рівнем економічного розвитку розуміють ступінь використання усіх виробничих ресурсів, можливості задоволення найважливіших суспільних та індивідуальних потреб. Виражена економічна основа і зв'язок фінансових ресурсів з відтворювальними процесами дає можливість визначити їх склад та структуру продукції, виражену в загальнодержавних або кадастрових цінах.

Узагальнюючим показником економічної оцінки природних ресурсів доцільно вважати вартість валової продукції, виражену в загальнодержавних або кадастрових цінах, розрахованих методом ранжування наведених витрат.

Міжетнічні відносини, політична структура, рівень життя в регіоні, стан розвитку соціальної сфери, соціально-демографічні характеристики, виробництво, зайнятість населення регіону, стан громадської думки вивчаються за допомогою методів комплексного аналізу населення.

Найважливішу модель одного регіону не можна механічно переносити на інший, нехтуючи його специфікою. Це стосується не лише внутрішніх регіонів держави, але й її самої, бо на певному рівні державу можна трактувати як регіон. Тенденції розвитку регіону та характер формування міжрегіональних зв'язків, спроможність виявити основні лінії зв'язку між розвитком різноманітних процесів можна отримати, застосовуючи в роботі аналіз інформаційних процесів. Через нього досліджується характер зв'язків державних структур управління і населення регіону, якість і вчасність інформування населення про діяльність регіональних і місцевих адміністрацій, способи й ефективність поширення інформації в структурах самої адміністрації і забезпечення взаємодії громадян з владою регіону [1].

Керівництво в регіоні розробляє механізми реалізації стратегії діяльності на підставі інформації, яка має високу управлінську цінність, отриману на першому етапі дослідження відповідно до поставлених цілей і завдань.

Реалізація стратегії регіонального економічного зростання потребує прискореного розвитку високотехнологічних виробництв, здатних створювати наукоємну продукцію з високою

доданою вартістю, формування експертного потенціалу цих виробництв, підвищення технологічного рівня підприємств завдяки прогресивним науково-технічним досягненням та наявності фінансового потенціалу як сукупності фінансових можливостей економічної системи території [8]. При цьому кількісні та якісні зміни цих можливостей досягаються, по-перше, завдяки раціональному й найефективнішому використанню фінансових ресурсів на потреби суспільного розвитку території. Зважаючи, що реальні резерви на кожному етапі розвитку мають певні межі, які дуже рухливі, на перший план виходять питання адекватної організації, зокрема через відповідний фінансовий механізм. По-друге, як наслідок дії власне економічних процесів.

На регіональному рівні обласна державна адміністрація розробляє спільно з науково-дослідними центрами України стратегії економічного і соціального розвитку області, регіону або цільові регіональні програми розвитку з урахуванням визначених пріоритетів, які сьогодні у більшості регіонів відсутні. Ці пріоритети у виробничій сфері доводяться до органів самоврядування міст регіону і реалізуються на конкретних підприємствах [9].

Вирішенням таких складних завдань у просуванні до намічених цілей займаються експерти, здатні аналітично, системно і глибоко вивчати та надавати інформацію про розвиток тих чи інших конкретних процесів, що відбуваються в регіональному середовищі.

Всі допоміжні супроводжувальні програми дослідження здійснюються паралельно за допомогою таких дій, як формування, контроль, фінансування, співпраця, реалізація та сплата податків [9]. Вони містять результати проведеного дослідження інвестиційного, ресурсного, кадрового потенціалу, виробничого комплексу, довкілля, політичної системи тощо.

В ситуації, коли в аналітичній роботі головний акцент, з одного боку, робиться на вивченні населення і соціальних процесів, а з іншого - на всебічності і глибині досліджень економіки, її потенціалів, галузей, дослідники застосовують такі підходи, як виявлення суперечностей, неспроможності, ступеня стабільності, позитивних починань, причин розбалансування, напрямів і причин зростання ефективності, потенційно проблемних місць та визначення переваг [6].

Визначення дослідниками чинників соціальної поведінки здійснюється дуже ретельно у зв'язку з тим, що найголовнішим об'єктом управлінської дії є населення з його особистими потребами. До уваги беруться етнічний та політичний баланс, міграція населення, масова свідомість та інше. Об'єктами досліджень є також характеристики рівня життя, стан ринку праці, аналізується розвиток системи торгівлі та обслуговування, охорони здоров'я,

системи освіти та культури, інших систем. Між цими процесами виявляються певні зв'язки.

Для досягнення успіху в розвитку економіки регіонів має бути реалізована оптимальна стратегія діяльності керівництва регіонів як результат проведеного діагностичного аналізу.

Висновок. Результати досліджень дозволяють визначити, що незважаючи на різницю в особливостях розвитку регіонів, обрану структуру управління регіонами для розв'язання досить складних управлінських завдань і поставлених цілей, потрібні спеціальні наукові розробки, а розроблені програми розвитку мають більш регламентований системний характер ніж практичний. Через це механізм реалізації результатів аналізу на практиці складний.

Однією з них є програма комплексного дослідження регіонів, яка дозволяє розробляти оптимальні управлінські стратегії як на середньострокову так і на довгострокову перспективу.

Необхідність проведення діагностичного аналізу економічного розвитку регіону серед сукупності регіонів країни обумовлена ще й тим, що рівень економічного розвитку регіону неможливо оцінювати автономно.

Оскільки ринкове середовище значно обмежує пряме господарське втручання у справи економіки, за результатами аналізу застосовують спеціальні механізми — непрямі регулюючі управлінські дії.

Механізм реалізації результатів діагностичного аналізу має забезпечуватися економічними важелями. Серед них найважливішим є формування фінансових ресурсів, які давали б можливість забезпечити здійснення відповідних регіональних програм. Оскільки стратегія діяльності керівництва регіону розробляється в результаті встановлення пріоритетних цілей, діагностичний аналіз розвитку регіону має бути орієнтований не тільки на виявлення проблем, а й базових можливостей регіону. Результатом аналізу може бути виявлення відхилень від нормального стану у розвитку регіону. Після аналізу й оцінки території розробляються конкретні рішення про її використання з визначенням характеру режиму використання тих або інших ділянок території.

Л и т е р а т у р а

1. Поповкін В. А. Регіонально-цілісний підхід в економіці. - К., 1993.
2. Симоненко В. К. Регіональна соціально-економічна політика: сутність, структура, основні напрями реалізації // Економіка України. - 1995.
3. Калітенко А. П., Поповкін В. А. З досвіду економічного районування. - К., 1997.
4. Олійник Я. Б. Регіональна економіка: навч. посіб./ Запотоцький С. П., Кононенко О. Ю., Мельничук А. Л., Пасько В. Ф./ - К.: КНТ, Видавець Фурса С.Я., 2007.

5. Изард У. Методы регионального анализа: введение в науку о регионах. - М., 1966.
6. Таранчул Л. Л., Горленко І. О., Євтушенко Г. І. Розміщення продуктивних сил: Навч. посіб. для ВНЗ. - К., 2000.
7. Гренберг А. Г. Основы региональной экономики: учебник для вузов. - М.: ГУВШЭ, 2000.
8. Ахромкін Е. М. Інноваційний механізм управління економічними ресурсами регіона: монографія / Е.М. Ахромкін. - Луганск: Изд-во «Ноулідж», 2010.
9. Ахромкін Є. М., Серебряк К. І., Зубенко О. А., Кудріна О. Ю. Пріоритети промислової політики регіону: монографія. - К.: Видавець СНУ ім. В. Даля, 2013.

References

1. Popovkin V. A. Regional'no-cilisnij pidhid v ekonomici. - K., 1993.
2. Simonenko V. K. Regional'na social'no-ekonomichna politika: sutnist', struktura, osnovni naprjami realizacii // Ekonomika Ukraïni. - 1995.
3. Kalitenko A. P., Popovkin V. A. Z dosvidu ekonomichnogo rajonuvannja. - K., 1997.
4. Olijnik Ja. B. Regional'na ekonomika: navch. posib./ Zapotoc'kij S. P., Kononenko O. Ju., Mel'nychuk A. L., Pas'ko V. F./ - K.: KNT, Vidavec' Fursa S.Ja., 2007.
5. Izard U. Metody regional'nogo analiza: vvedenie v nauku o regionah. - M., 1966.
6. Taranchul L. L., Gorlenko I. O., Evtushenko G. I. Rozmishhennja produktivnih sil: Navch. posib. dlja VNZ. - K., 2000.
7. Grenberg A. G. Osnovy regional'noj jekonomiki: uchebnik dlja vuzov. - M.: GUVShJe, 2000.
8. Ahromkin E. M. Innovacionnyj mehanizm upravlenija jekonomicheskimi resursami regiona: monografija / E.M. Ahromkin. - Lugansk: Izd-vo «Noulidzh», 2010.
9. Ahromkin E. M., Serebrjak K. I., Zubenko O. A., Kudrina O. Ju. Prioriteti promislovoi politiki regionu: monografija. - K.: Vidavec' SNU im. V. Dalja, 2013.

Белоусов Я.И. Диагностический анализ регионального развития: механизм реализации результатов.

В статье исследовано сущность диагностического анализа развития регионов, которое способствует созданию не прямых регулирующих моделей управленческого действия, возможности получения информации о комплексной и всесторонней оценке состояния конкретного региона. Механизм реализации результатов диагностического анализа должен обеспечиваться экономическими рычагами. Среди них важнейшими являются формирования финансовых ресурсов, которые давали бы возможность обеспечить осуществление соответствующих региональных программ. Поскольку стратегия деятельности руководства региона разрабатывается в результате установления приоритетных целей, диагностический анализ развития региона, в первую очередь должен быть ориентирован не только на выявление проблем, но и базовых возможностей региона. Результатом анализа может быть выявление отклонений от нормального состояния в развитии региона. После анализа и оценки территории разрабатываются конкретные решения о ее использовании с определением характера режима использования тех или других участков территории.

Необходимость проведения анализа экономического развития среди совокупности регионов страны обусловлена еще и тем, что уровень экономического развития региона невозможно оценивать автономно.

Ключевые слова: диагностический анализ, информация, стратегия, развитие, регион, механизм, реализация, результаты.

Belousov Ja.I. Diagnostic analysis of regional development: mechanism of realization of results.

The article studies the essence of the diagnostic analysis of development of the regions promoting creation of indirect regulating models of administrative action, giving the possibility, to receive information on a complex and comprehensive assessment of a condition of the specific region. The mechanism for realization of results of the diagnostic analysis has to be provided with economic levers. Among them, the major lever is formation of financial resources which would give the chance to provide implementation of the appropriate regional programs acts. As strategy of activity of the management of the region is developed as a result of definition of the priority purposes, the

diagnostic analysis of the region development, first of all has to be focused not only on identification of problems, but also basic possibilities of the region. Identification of deviations from a normal state in region development can be result of the analysis. After the analysis and an assessment of the territory specific solutions for its use with determination, of character of a mode of use of these or those sites of the territory are developed.

Need to analyze the economic development among set of regions of the state are caused also by that level of economic development of the region cannot be estimated independently.

Key words: diagnostic analysis, information, strategy, development, region, mechanism, realization, results.

Белоусов Ярослав Ігорович – доцент кафедри кібернетики та комп'ютерних систем Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк.

Рецензент: **Суворин А. В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 13.01.2015

УДК 687.023

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЖІНОЧОГО ОДЯГУ З МЕТОЮ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСТКИ РУЧНИХ ВИДІВ РОБІТ

Бокша Н.І., Матвійчук С.С.

ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE PROCESS MAKING WOMEN'S CLOTHING IN ORDER TO OPTIMIZE THE PART OF MANUAL TYPES OF WORK

Boksha N.I., Matviychuk S.S.

В статті виконано аналіз змісту та складу технологічних операцій на виготовлення асортиментних груп жіночого одягу. Встановлено доцільність оптимізації машинних та ручних операцій, що технологічно зв'язані між собою, оскільки їх частка в загальній трудомісткості виготовлення є найбільшою. Вирішення даного питання дозволить оптимізувати виробничу площу цеху, зменшити кількість робітників і грошові витрати на оплату праці, мінімізувати додатковий час на переміщення деталей і напівфабрикатів та в цілому зменшити трудомісткість і ресурсозатратність на виготовлення швейних виробів.

Ключові слова: жіночий одяг, трудомісткість, технологічний процес, швейне обладнання.

1. Вступ. Рівень ефективності організації промислового швейного виробництва можна оцінити по рівню техніки та технології, що застосовується у виробничому процесі [1]. При цьому структура, кількісна та якісна характеристика найбільш трудомісткого та ресурсозатратного етапу виготовлення швейних виробів – пошиття, в значній мірі відображається в технічній документації на їх виготовлення [2,3]. Такі параметри як час виконання технологічно неподільної операції, розряд неподільної операції, технологічні зв'язки між операціями, клас обладнання є вихідним матеріалом для вирішення завдання щодо вибору раціональних організаційних рішень [2]. Крім того, аналіз змісту та складу технологічних операцій і обладнання на їх виконання може слугувати підґрунтям для пошуку шляхів мінімізації трудомісткості технологічного процесу, оптимізації техніко-економічних показників.

Метою даної роботи є вивчення структури технологічного процесу шляхом аналізу якісного та кількісного складу технологічних операцій по виготовленню різних асортиментних груп одягу на прикладі конкретного швейного підприємства.

Результати даної роботи дозволять обґрунтувати подальші напрямки оптимізації трудомісткості виготовлення швейних виробів, намітити шляхи щодо їх реалізації.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Зміст та наповненість нормативно-технічної документації на виготовлення швейних виробів багатьма авторами розглядається як вихідний матеріал для моделювання технологічних процесів та вибору раціональних форм організації потоків [2,3,4]. В той же час відмічається проблематика актуальності, відповідності сучасному розвитку техніки та технології швейного виробництва в інформації, що представлена у вищезазначеній документації.

3. Виклад основного матеріалу. Для виконання поставленої задачі для роботи за основу взято технологічні послідовності на виготовлення жіночого асортименту одягу конкретного швейного підприємства міста Мукачеве. Для досліджень вибрано основні групи жіночого одягу поясного та плечового асортименту: спідниця, штани, сукня, блуза, жакет (з підкладкою та без), пальто демісезонне. В залежності від модельних, конструктивних, технологічних рішень та виду матеріалу для виготовлення даних асортиментних груп жіночого одягу може застосовуватися певний набір технологічного швейного обладнання (таблиця 1).

Слід відмітити, що в даній роботі при вивченні складу і змісту технологічних послідовностей виготовлення різних асортиментних груп жіночого одягу авторами не розглядаються операції запуску деталей крою у потік та операції волого-теплової обробки (ВТО). Хоча ці операції мають місце в технологічному процесі виготовлення всіх видів швейних виробів, що досліджуються в даній роботі, однак авторами зосереджено увагу на аналізі технологічних операцій, які виконуються на

Таблиця 1

Частота зустрічності застосування швейного обладнання для виготовлення асортиментних груп жіночого одягу на сучасних швейних підприємствах

Види швейного обладнання	Основні групи жіночого асортименту поясних та плечових видів одягу							
	Спідниця	Штани	Сукня		Блуза		Жакет	
			Тканина	Трикотажне полотно	Тканина	Трикотажне полотно	Без підкладки	З підкладкою
Одноголкова універсальна швейна машина човникового стібка								
Обладнання спеціального призначення								
Краєобметувальна машина (ланцюгова 3-х ниткова)								
Зшивально-обметувальна (ланцюгова 4-х ниткова) машина								
Зшивально-обметувальна (ланцюгова 5-ти ниткова) машина								
Ланцюгова плоскошовна машина								
Човникова двохголкова машина								
Обладнання напівавтоматичної дії								
н/а для обметування петель								
н/а для пришивання фурнітури								
н/а для виконання закріпок								
н/а для обробки прорізних кишень								
н/а для обметування зрізів								
н/а для зшивання крокових та бокових зрізів штанів								

 - обладнання першого рівня (необхідності) для заданої асортиментної групи;

 - обладнання другого рівня (необхідності) для заданої асортиментної групи;

 - обладнання, яке мало використовується для заданої асортиментної групи;

 - обладнання, яке не використовується, або дуже рідко використовується для заданої асортиментної групи.

швейному обладнанні та ручних операціях, що мають з машинними операціями технологічний зв'язок. Вибір такого напрямку дослідження зумовлений тим, що в технології виготовлення одягу нитковим способом для з'єднання деталей застосовується швейне обладнання, яке складає до 80% всього парку технологічного обладнання швейного виробництва [1,4,5].

Як видно з наведеної таблиці 1, для жіночого асортименту одягу, що виготовляється з тканини, найбільш широко застосованим типом обладнання є швейні машини універсального призначення, на які в потоках при виготовленні таких асортиментних груп як спідниця, штани, сукня, жакет та пальто припадає основна частка трудомісткості серед всіх видів технологічних операцій (рис. 1, 2):

Якщо швейні вироби виготовляються з трикотажних матеріалів, то відбувається перерозподіл трудомісткості виконання операцій в напрямку зростання частки затрат часу виконання операцій на машинах спеціального призначення (рис. 2. г).

В той же час, як видно з рисунків 1, 2 в загальній трудомісткості частка затрат часу виконання операцій на обладнанні напівавтоматичної дії є невисокою, що можна обґрунтувати недоцільністю його використання при виготовленні жіночого одягу, який характеризується різноманіттям конструктивно-декоративного вирішення моделей, а відтак і технологічного рішення, тоді як машини-напівавтомати мають вузьку технологічну спеціалізацію з одної сторони і високу вартість з іншої.

Поряд з цим, згідно даних, представлених на рисунках 1, 2 досить великою є частка затрат часу виконання ручних операцій в загальній трудомісткості виготовлення жіночого асортименту одягу (в межах 11-31% в залежності від виду, конструктивно-декоративного вирішення виробу, виду та рисунку матеріалу). Тому є доцільність більш глибокого і структурного вивчення змісту технологічних операцій виконання саме ручних видів робіт і пошук шляхів їх технологічного виконання на поверхні промислового стола швейної

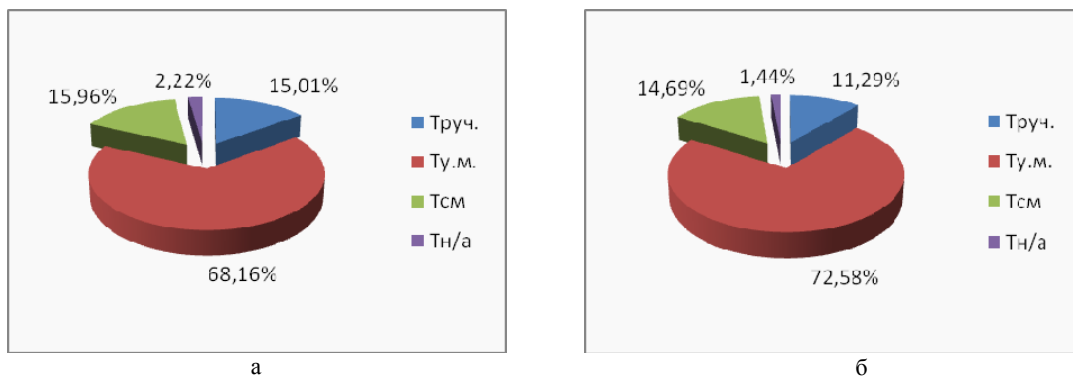


Рис. 1. Розподіл затрат часу на виконання машинних та ручних операцій при виготовленні:
а – штанів жіночих; б – спідниць жіночих

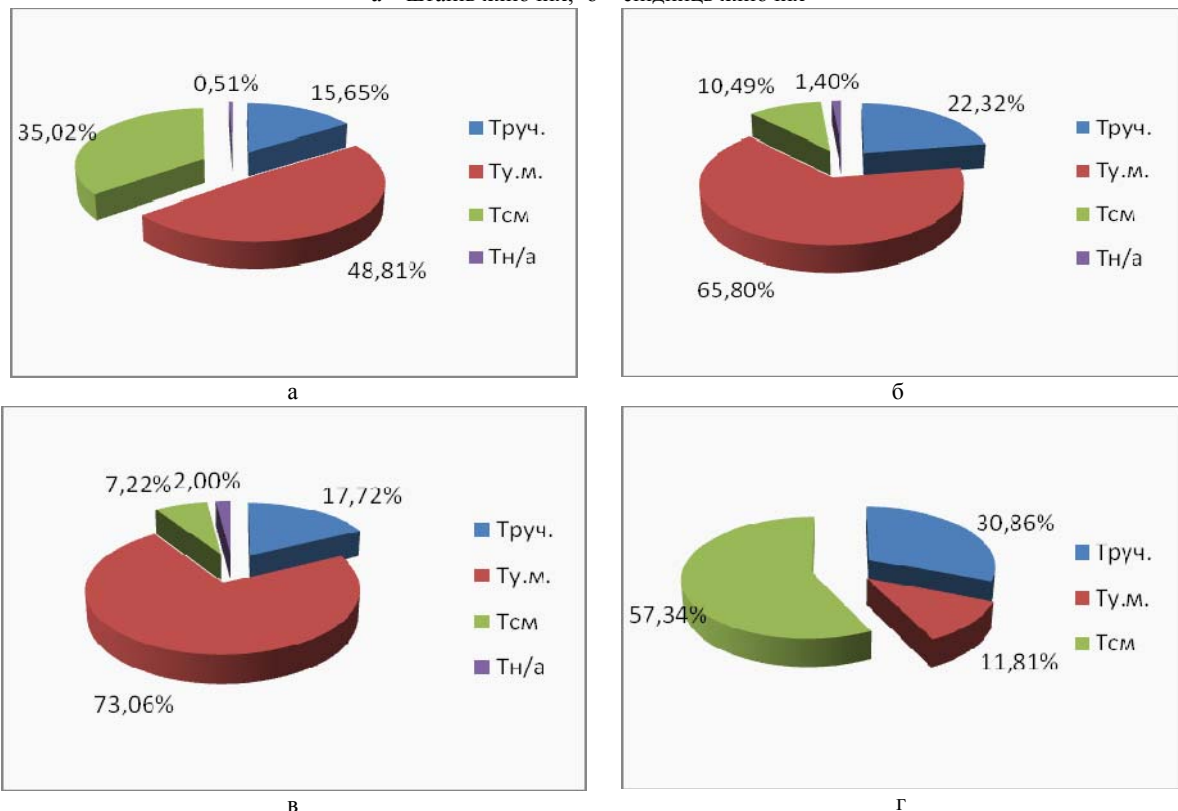


Рис. 2. Розподіл затрат часу на виконання машинних та ручних операцій при виготовленні:
а – суконь жіночих; б – жакетів жіночих; в – пальто жіночого; г – блейзера жіночого трикотажного
(де частка затрат часу на виконання операцій в загальній трудомісткості: Труч – ручних,
Ту.м. – на швейній машині універсального призначення, Тсм. – на швейних машинах спеціального призначення,
Тн/а – на швейних машинах-напіваавтоматичної дії)

машини із застосуванням додаткових технічних засобів. Це дозволить оптимізувати виробничу площу цеху, зменшити кількість робітників і грошові витрати на оплату праці, мінімізувати додатковий час на переміщення деталей і напівфабрикатів та в цілому зменшити трудомісткість і ресурсозатратність на виготовлення швейних виробів.

На основі аналізу виконання ручних видів робіт в робочих технологічних послідовностях встановлено наступні групи технологічних операцій – таблиця 2: Серед згрупованих категорій технологічних операцій виконання ручних видів робіт найбільш трудомісткою (40-60% від

загального часу виконання ручних операцій) є група “Перевірити симетричність рисунку, підігнати рисунок...” у виробів з текстильних матеріалів в клітинку та смужку. У виробів з гладкофарбованих матеріалів значна частина трудомісткості від загального часу ручних операцій припадає на групи 3; 4; 5 (від 10 до 50% залежно від виду, конструктивно-декоративного вирішення виробу, виду та рисунку матеріалу) – таблиця 2.

При цьому одним з шляхів зменшення трудомісткості ручних операцій цих груп є забезпечення ідентифікації контурів деталей та їх позиціонування відносно голки швейної машини;

Таблиця 2

Групування технологічних операцій на виконання ручних видів робіт

Групи технологічних операцій	Площина, зона виконання		Пристрій, засіб, інструмент для виконання
	Виконання на поверхні ручного стола	Виконання на поверхні промислового стола швейної машини	
1. Висікти, надсікти, підрізати, вивернути, виправити...	–	+	Ножиці, кілок
2. Осноровити ...	+	–	Лекало, шаблон, крейда, ножиці
3. Намітити місце розташування, намітити лінію обшивання...	+	+	Лекало, шаблон, крейда
4. Перевірити симетричність, довжину ...	+	+	
5. Визначити довжину, відміряти, нарізати...	+	+	Лекало, крейда, сантиметрова шкала, ножиці
6. Перевірити симетричність рисунку, підігнати рисунок (у виробах з текстильних матеріалів в клітинку та смужку)...	+	+	

ідентифікація та позиціонування деталей великих та малих одна відносно одної (без застосування ручної намітки для якісного виконання технологічних операцій); ідентифікація та градація геометричних параметрів дрібних елементів – еластичної тасьми, хомутиків, шнурівок, тасьми-вішалки і т.д [6].

Досягнення позитивного результату по даному напрямку дозволить забезпечити зменшення трудомісткості ручних операцій, більш оптимально використати робочу поверхню промислового стола та платформи універсальної швейної машини і таким чином розширити її функціональність, зменшити витрати на картон і крейду для намітки. Однак технічне вирішення даної проблематики зумовить матеріальні затрати на її реалізацію. Тому наступним етапом даного наукового дослідження має стати аналіз технічних можливостей реалізації ідентифікації та позиціонування деталей на поверхні промислового стола швейної машини та обґрунтування економічної доцільності можливих технічних засобів.

4. Висновки. В результаті виконаної роботи встановлено, що для виготовлення більшості асортиментних груп жіночого одягу використовуються універсальні швейні машини. Також визначено, що частка затрат часу виконання ручних операцій, технологічно зв'язаних з машинними операціями, є досить великою в загальній трудомісткості виготовлення вищевказаного асортименту одягу.

На основі аналізу технологічних особливостей виконання ручних видів робіт виконано їх групування в 6 груп і встановлено, що значну частину виконання ручних операцій можна виконувати на поверхні промислового стола швейної машини, суміщаючи їх з машинними операціями. Позитивне вирішення технічної сторони поставленої проблематики дозволить оптимізувати виробничу площу цеху, зменшити

кількість робітників і грошові витрати на оплату праці, мінімізувати додатковий час на переміщення деталей і напівфабрикатів та в цілому зменшити трудомісткість і ресурсозатратність на виготовлення швейних виробів.

Л і т е р а т у р а

1. Орловський Б.В. Технологічне обладнання галузі (швейне виробництво): навчальний посібник / Б.В. Орловський, Н.С. Абрінова. – К.: КНУТД, 2013. – 285 с.
2. Моделювання і оптимізація технологічних процесів: Підручник / Литвиненко Г.Є., Яцишина Л.К., Малова Т.Л., Константинов С.М. – К.: Вища шк., 2000. – 258 с.
3. Горобчишина В.С. Довідник технологічних послідовностей виготовлення одягу: Навчальний посібник / Горобчишина В.С. – Львів: «Новий світ – 2000», 2008. – 292 с.
4. Мельник П.В. та ін. Лабораторний практикум з основ технології, обладнання та організації технологічних процесів виготовлення швейних виробів: Навч. посібник / – Київ; Ірпінь: ВТФ “Перун”, 1997. – 240 с.
5. Франц В.Я. Оборудование швейного производства: Учебник / Франц В.Я. :М.: ACADEMIA, 2002. – 448 с.
6. Бокша Н.І. Аналіз шляхів оптимізації функціональних можливостей швейного обладнання універсального призначення // Збірник тез доповідей за матеріалами міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми наукового й освітнього простору в умовах поглиблення євроінтеграційних процесів», м. Мукачеве, том1. – С. 304 – 306.

References

1. Orlovs'kyi B.V. Tekhnolohichne obladnannya haluzi (shveyne vyrobnytstvo): navchal'nyy posibnyk / B.V.Orlovs'kyi, N.S.Abrinova. – K.: KNUTD, 2013. – 285 p.

2. Modelyuvannya i optymizatsiya tekhnologichnykh protsesiv: Pidruchnyk / Lytvynenko H.Ye., Yatsyshyna L.K., Malova T.L., Konstantynov S.M. – K.: Vyscha shk., 2000. – 258 p.
3. Horobchyshyna V.S. Dovidnyk tekhnologichnykh poslidovnostey vyhotovlennya odyahu: Navchal'nyy posibnyk / Horobchyshyna V.S. – L'viv: «Novyy svit – 2000», 2008. – 292 p.
4. Mel'nyk P.V.. Laboratornyy praktykum z osnov tekhnolohiyi, obladnannya ta orhanizatsiyi tekhnologichnykh protsesiv vyhotovlennya shveynykh vyrobiv: Navch. posibnyk / – Kyiv; Irpin': VTF "Perun", 1997. – 240 p.
5. Frants V.Ya. Oborudovanye shveynoho proyzvodstva: Uchebnyk / Frants V.Ya. :M.: ACADEMIA, 2002. – 448 p.
6. Boksha N.I. Analiz shlyakhiv optymizatsiyi funktsional'nykh mozhlyvostey shveynoho obladnannya universal'noho pryznachennya // Zbirnyk tez dopovidey za materialamy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Aktual'ni problemy naukovoho y osvith'oho prostoru v umovakh pohlyblennya yevrointegratsiynykh protsesiv», m. Mukachevo, V.1. – p.p. 304 – 306.

Бокша Н.И., Матвийчук С.С. Анализ структуры технологического процесса изготовления женской одежды с целью оптимизации доли ручных видов работ

В статье выполнено анализ содержания технологических операций при изготовлении ассортиментных групп женской одежды. Подтверждена целесообразность оптимизации технологически взаимосвязанных машинных и ручных операций, поскольку их доля в общей трудоемкости изготовления наибольшая. Решение данного вопроса позволит оптимизировать производственную площадь цеха, уменьшить количество работников и денежные средства на оплату труда, минимизировать дополнительное время на перемещение деталей и полуфабрикатов, и в целом уменьшить трудоемкость и ресурсоемкость при изготовлении швейных изделий.

Ключевые слова: женская одежда, трудоемкость, технологический процесс, швейное оборудование.

Boksha N.I., Matviychuk S.S. Analysis of the structure of the process making women's clothing in order to optimize the part of manual types of work

The ability to optimize the manufacturing process of women's clothing is considered in the article. Analysis of working sequences process for specific clothing company is executed by authors.

For women's range of fabrics cloth found that main part of laboriousness bulked for operations which performed on universal sewing machines and technology-related on manual operations.

Therefore, the analysis of manual operations and with purpose of further optimization and adapt their performance of technological features within the technical capabilities universal sewing machine using additional technical devices are focused authors in this paper.

A positive resolution of the technical side of the problem allows to optimize workshop area, reduce the number of employees and total labor costs, minimize time for move parts and finished products and reduce the laboriousness in generally and resources for manufacturing of garments.

Keywords: women's clothing, laboriousness, sewing machine.

Бокша Наталія Іванівна – асистент кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет.
Матвійчук Світлана Салманівна – к.т.н., доцент кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет.
salma1405@mail.ru.

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 14.01.2015

УДК 699.842+691.175

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНИКНЕННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ПАТОЛОГІЇ У РОБІТНИКІВ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ВПЛИВУ ЛОКАЛЬНОЇ ВІБРАЦІЇ

Бухман О.М.

PREDICTION IMPACT OF A LOCAL VIBRATION ON THE LEVELS OF OCCUPATIONAL DISEASES

Bukhman O.M.

В статті проведено аналіз існуючих моделей прогнозування ймовірності виникнення професійної вібраційної патології у робітників, що працюють з пневматичним ручним інструментом ударної дії. Встановлено, що існуючі моделі відображають вплив терміну роботи (стажу) та вібраційних характеристик ручного інструменту і не враховують додаткових факторів (охолодження, силові навантаження, шум, пил та ін.), які можуть підсилювати шкідливу дію вібрації; загальноприйняті моделі не враховують частотну характеристику діючої вібрації, а також напрям дії вібрації на органи робітника. За допомогою рівнянь регресії, які були отримані в ході математичної обробки, проведена порівняльна характеристика моделей, що пропонуються в стандартних документах України та за кордоном. Показано, що встановлені залежності в значній мірі відображають умови вимірювання вихідних значень факторів і модель може бути рекомендована тільки для певних чітко означених характеристик умов праці робітників. Математична обробка даних, наведених в стандартах, дозволила отримати рівняння регресії для прогнозування ймовірності виникнення вібраційної патології в залежності від стажу роботи та рівнів діючої локальної вібрації, які можуть використовуватись для оцінки ефективності заходів щодо зниження шкідливої дії локальної вібрації.

Ключові слова: прогнозування, модель, фактор, ймовірність, локальна вібрація, професійна патологія, рівняння регресії.

Вступ. Починаючи з середини XX сторіччя дослідженнями багатьох вчених встановлено, що при тривалій дії виробнича вібрація може викликати комплекс хворобливих змін в організмі, які призводять до професійної патології, яка дістала назву вібраційної [1]. Ця хвороба виникає внаслідок прямої (механічної) дії вібрації на клітини, органи і тканини або рефлекторного впливу її. Пряма (механічна) дія вібрації супроводжується структурними змінами у тканинах внаслідок певної провідності тканинами механічних коливань. Вона діє на нервові закінчення, певні клітини судин та

кістки, може їх ушкоджувати чи подразнювати. Рефлекторна дія викликає компенсаторно-присосовні реакції в органах і системах організму, віддалених від зони безпосереднього впливу вібрації. На сьогоднішній момент вібраційна патологія займає третє місце серед професійних захворювань, поступаючись захворюванням дихальних шляхів та опорно-рухового апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На протязі багатьох років вітчизняні та закордонні спеціалісти в області гігієни праці розробляють, апробують та впроваджують принцип регламентування рівнів діючих шкідливих факторів – локальної та загальної вібрації, шуму, силового навантаження та ін. В Україні, Російській Федерації, а ще раніше в СРСР, розроблені та затверджені граничнодопустимі рівні (ГДУ) [2] під дією яких на протязі трудового стажу гарантується збереження здоров'я працівників (за виключенням випадків, коли присутня індивідуальна підвищена чутливість до будь-якого фактору). Це справедливо тільки для тих нормативів, які пройшли клініко-гігієнічну перевірку.

У сучасній гігієні праці все частіше проявляється тенденція до переходу від вивчення ізольованої дії негативних факторів на людину до вивчення їхньої комплексної дії. Однією з проблем, пов'язаних з цим, є кількісне порівняння ефектів, що виникають при сумісній дії декількох факторів з ефектами їх незалежної (ізольованої) дії. В залежності від природи діючих факторів, сумісну дію розділяють на комбіновану (вплив різних факторів, що поступають з одного джерела та одночасно); комплексну (вплив одного фактора, що поступає в організм з різних джерел або різними способами) та поєднану (вплив різних за природою факторів з різних джерел)[3].

Аналіз багатьох досліджень дозволяє стверджувати, що при роботі з пневматичним

ручним інструментом ударної дії (ПРІУД) людина-оператор підлягає сумісній дії багатьох негативних факторів в різноманітних комбінаціях, які визначаються типом інструменту та умовами їх виробничої експлуатації:

- *комбінована* дія локальної вібрації, низької температури руків'я, силових навантажень;
- *комплексна* дія локальної та загальної вібрації;
- *поєднана* дія локальної вібрації, загальної вібрації, виробничого шуму, низької температури руків'я, мікроклімату охолоджуючого, силових навантажень.

Найбільш небезпечним фактором для операторів ПРІУД, який викликає вібраційну хворобу, є локальна вібрація. Стверджується [4], що комбінована дія локальної вібрації та силових навантажень є адитивною; поєднана дія локальної вібрації та виробничого шуму – також адитивною, а поєднана дія локальної вібрації та мікроклімату охолоджуючого – потенціюванням. Але при аналізі до уваги не прийняті не менш визначні на наш погляд фактори - загальна вібрація та низька температура руків'я.

Для запропонованих комбінацій діючих факторів існує модель прогнозування ймовірності розвитку вібраційної хвороби у операторів ПРІУД [5,6]. Ця модель потребує подальшого удосконалення, тому що не включає широкий перелік усіх можливих шкідливих факторів. А саме, передбачається, що на сприйняття людиною локальної вібрації у виробничих умовах можуть впливати напрям дії та частотний склад локальної вібрації.

Хоча ступінь важливості вище перелічених факторів з точки зору підвищення безпеки виникнення вібраційної хвороби в теперішній час ще не визначена, збирання повної інформації є дуже важливою та необхідною задачею для накопичення банку даних спостережень. Але вибір та

обґрунтування для усіх факторів та їх комбінацій значень емпіричних коефіцієнтів з урахуванням їх знаків та розмірностей за даними літератури є досить складною задачею, рішення якої дуже важливо для побудови більш досконалої системи оцінки, прогнозування та управління професіональним ризиком.

Прогнозування, як відомо, будується за допомогою математичних моделей, заснованих на використанні імовірнісних характеристик частоти небажаних реакцій, які повинні відображати вплив всього спектра діючих факторів. З цих позицій прогнозування ймовірності виникнення професійної патології є надзвичайно складною задачею. При аналізі частоти тих чи інших відхилень у стані здоров'я, як окремих робітників, так і трудових колективів, може бути використано велика кількість показників, кожен з яких може розглядатись як критерій ймовірності виникнення професійної патології.

Результати досліджень та їх обговорення. На основі моделей для розрахунку ймовірності вібраційної професійної патології у робітників, які підлягають впливу локальної вібрації за стандартами можна визначити строки „безпечного стажу” для різних рівнів дії вібрації. Співставлення даних ймовірності розвитку вібраційної хвороби за даними вітчизняного [2] та міжнародного стандартів [5,6] виявляє їх суттєву різницю (табл.1).

Як видно з представлених даних, за кордоном навіть через 2 роки роботи з діючими мінімальними рівнями локальної вібрації (віброприскорення – 2 м/с^2 , віброшвидкості – 109дБ) прогнозують виникнення вібраційної патології у робітників, а українським стандартом ймовірність виявлення патології виникає тільки через 15 років стажу. Безпечним стажем при цьому вважається до 10 років в Україні і 1 рік за кордоном. При максимальних значеннях рівнів діючої локальної вібрації (віброприскорення – 20 м/с^2 , віброшвидкості – 129дБ)

Таблиця 1

Порівняльна характеристика моделей для розрахунку ймовірності виникнення вібраційної патології у робітників, які підлягають впливу локальної вібрації

Еквівалентне коректоване значення		Стаж роботи, роки							
Віброприскорення, м/с^2	Віброшвидкість, дБ	1	2	3	5	7	10	15	20
2	109	-	+	+	+	+	+	+	+
2,5	111	+	+	+	+	+	+	+	+
2,8	112	+	+	+	+	+	+	+	+
3,2	113	+	+	+	+	+	+	+	+
4	115	+	+	+	+	+	+	+	+
5	117	+	+	+	+	+	+	+	+
6,3	119	+	+	+	+	+	+	+	+
8	121	+	+	+	+	+	+	+	+
10	123	+	+	+	+	+	+	+	+
12	125	+	+	+	+	+	+	+	+
16	127	+	+	+	+	+	+	+	+
20	129	+	+	+	+	+	+	+	+

+ дані для розрахунку за моделлю міжнародного стандарту;

* дані для розрахунку за моделлю стандарту України.

за міжнародним стандартом робота з інструментом взагалі заборонена вже через 5 років стажу, а за українським тільки через 3 роки починає нормуватись. Така суттєва різниця у підходах до прогнозування виникнення вібраційної патології у робітників пояснюється декількома причинами, а саме: у міжнародному документі закладені дані огляду стану робітників з активним виявленням скарг на симптом „білих пальців”, а також оцінка комбінованої дії вібрації за трьома осями, тобто основна увага приділена виникненню уражень кисті та ураховується напрям дії вібрації; вітчизняні дані ґрунтуються на обстеженні робітників машинобудування, які працюють у приміщеннях або при нормальних кліматичних умовах, а міжнародний стандарт – на матеріалах канадських та японських авторів, які вивчали вальників лісу, де разом з вібрацією діє виражений холодний фактор. Аналіз закордонних стандартів (європейських) свідчить про більш досконалий методичний підхід до гігієнічної оцінки й нормування локальної вібрації порівняно з вітчизняним, що дозволяє рекомендувати їх до

використання для удосконалення українських стандартів [7].

Таким чином, співставлення результатів розрахунку ймовірності виникнення вібраційної хвороби за двома моделями може непрямым шляхом надати уявлення про ступінь значимості факторів охолодження (низької температури руків'я) та напряду дії локальної вібрації. Як наголошують деякі автори, при інтенсивному охолодженні можна очікувати підвищення ймовірності виникнення вібраційної патології у 3-5 разів [8].

Для порівняльної характеристики двох моделей була здійснена математична обробка даних, обраних з масиву, представленого в стандартних документах. Граничні умови встановлені з урахуванням даних табл.1, тобто, таким чином, щоб узагальнюючі рівняння регресії охоплювали якомога більше спільних числових значень. Для обробки обрані значення, представлені в табл.2.

За обраними даними були побудовані графічні залежності ймовірності виникнення вібраційної хвороби від віброприскорення діючої локальної вібрації та стажу роботи з інструментом (рис. 1,2).

Таблиця 2

Значення ймовірності виникнення вібраційної хвороби (%) від локальної вібрації, обрані для математичної обробки

Віброприскорення, m/s^2	Стаж роботи, роки		
	5	10	15
2	1,1/0	4,4/0	11/0,4
2,5	1,8/0	7/0	18/1,5
2,8	2,2/0	9/1	22/1,8
3,2	2,8/0	11/1,2	28/2
4	4,4/0	18/1,5	44/3
5	7/0	28/1,5	50/3
6,3	11/0	44/2	50/3
8	18/0	50/2,5	-/4
10	28/1	-/3	-/5

у чисельнику – дані міжнародного стандарту;

у знаменнику – дані за стандартом України.

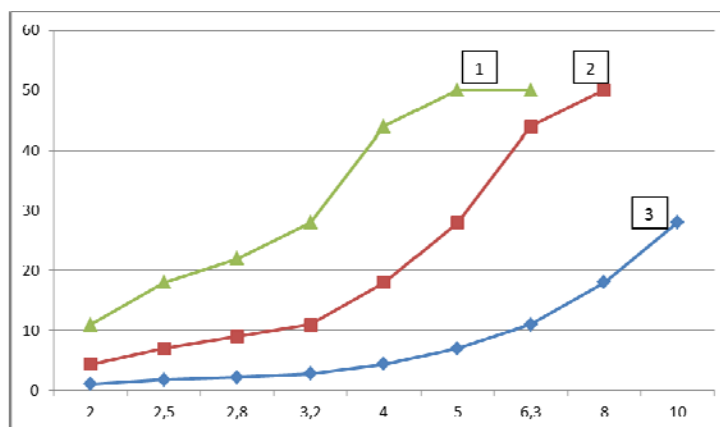


Рис. 1. Залежність ймовірності виникнення вібраційної хвороби від віброприскорення (міжнародний стандарт):
1 – 15 років; 2 – 10 років; 3 – 5 років

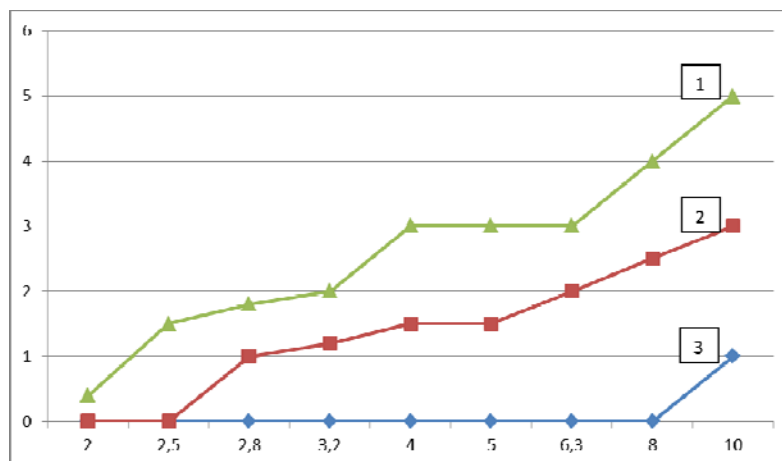


Рис. 2. Залежність ймовірності виникнення вібраційної хвороби від віброприскорення (український стандарт): 1 – 15 років; 2 – 10 років; 3 – 5 років

Аналіз залежностей показує, що значення ймовірності за міжнародною моделлю значно вищі і описуються більш рівномірними кривими. В той же час вітчизняні значення ймовірностей мають нерівномірне зростання, а в окремих випадках не змінюються на досить значному діапазоні значень прискорення. У зв'язку з цим проведено оцінку усередненого значення ймовірності виникнення хвороби для кожного періоду років відповідно до наступного виразу

$$P_s = \frac{\sum_{i=1}^N P_i \delta_i}{\sum_{i=1}^N \delta_i}, \quad (1)$$

де P_i – ймовірність виникнення хвороби на i -ому інтервалі; δ_i – довжина інтервалу.

В таблиці 3 наведені усереднені значення P_s для двох моделей:

Модель	Стаж роботи, роки		
	5	10	15
Міжнародний стандарт	14,26778	30,7375	25,18333
Український стандарт	0,222222	2,134444	3,696667

Аналіз таблиці показує, що в порівнянні з міжнародним стандартом вітчизняний має занижені показники від 70 до 6 разів. При цьому слід відмітити, що зі зростанням стажу роботи різниця між моделями зменшується.

В задачу математичного опису даних входило визначення значення y як функції від наступних факторів:

$$y = f(a, t) \quad (2)$$

де y – значення ймовірності виникнення вібраційної патології, %;

a – еквівалентне коректоване значення рівнів віброприскорення, м/с²;

t – стаж роботи працівника, роки.

Рівняння регресії, що описують залежність ймовірності виникнення вібраційної патології від значення рівня віброприскорення та стажу роботи отримані за допомогою програмного пакету у вигляді

$$y = b_0 + 1 \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{j=1, i \neq j}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} \cdot x_i^2 \quad (3)$$

Інтервал варіювання обрано у відповідності до існуючої апріорної інформації. Кодування факторів здійснювалось за формулою

$$x_i = \frac{x_i - x_i^o}{h_i}, i = 1, 2, 3, \dots, k, \quad (4)$$

де x_i^o – основний рівень i -го фактора;

h_i – інтервал варіювання того ж фактора.

Програма дозволяє введення значень факторів та отримання коефіцієнтів регресії у рівняннях як у кодованому так і в звичайному вигляді. Для перевірки значимості отриманих коефіцієнтів знаходили його дисперсію за формулою

$$S_{\{b_j\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{n}, \text{ де } S_{\{y\}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{q=1}^m (y_{iq} - y_i)^2}{n \cdot (m-1)} \quad (5)$$

Встановлювалось, що коефіцієнт регресії значимий, якщо виконується умова

$$|b| \geq S_b \cdot t, \quad (6)$$

де t – значення критерію Стюдента.

За результатами математичної обробки та з урахуванням значимості коефіцієнтів отримані рівняння регресії, що описують залежність ймовірності виникнення вібраційної патології у робітників від стажу роботи та значення еквівалентного коректованого значення віброприскорення за моделлю Міжнародного стандарту.

$$y = 27,72 + 11,82 \cdot t + 18,58 \cdot a - 7,62 \cdot t^2 - 10,92 \cdot a^2 + 3,03 \cdot t \cdot a \quad (7)$$

та за моделлю стандарту України

$$y = 2 + 1,83 \cdot t + 0,83 \cdot a + 0,5 \cdot t^2 + 0,5 \cdot a^2 \quad (8)$$

Отримані залежності дозволили розрахувати ймовірність виникнення вібраційної патології у оператора пневматичного ручного інструменту ударної дії з віброзахисним покриттям і без нього через 5, 10 і 15 років роботи та порівняти розрахунки за двома моделями. Для цього були використані експериментальні дані, отримані в ході випробувань пневматичного молотка марки ПП 4010 на вібростенді [9]. Розрахункові дані представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Ймовірність виникнення вібраційної патології (%) у робітників, що працюють з пневматичним ручним молотком марки ПП 4010 з віброзахистом і без нього

Модель	Стаж роботи, роки		
	5	10	15
Міжнародний стандарт			
Без віброзахисту	4,46	18,63	44,41
З віброзахистом	2,29	9,22	22,06
Український стандарт			
Без віброзахисту	0,0	1,58	3,49
З віброзахистом	0,0	1,03	1,85

Виходячи з розрахунків, можна стверджувати, що використання віброзахисного покриття дозволяє знизити ймовірність виникнення вібраційної патології на 50-52% за моделлю міжнародного стандарту та на 53-65% за моделлю стандарту України. Такі дані добре узгоджуються з раніш проведеними розрахунками (50-70%) [9] за методикою [10].

Висновки. З представлених даних можна зробити наступні висновки:

- існуючі моделі прогнозування виникнення вібраційної патології у робітників, що підлягають впливу локальної вібрації відображають вплив терміну роботи (стажу) та вібраційних характеристик інструменту і не враховують додаткових факторів (охолодження, силові навантаження, шум, пил та ін.), які можуть підсилювати шкідливу дію вібрації; крім того,

загальноприйнятні моделі не враховують частотну характеристику діючої вібрації, а також напрям дії вібрації на органи робітника.

- порівняльна характеристика моделей прийнятих для розрахунку ймовірності захворювань в Україні та за кордоном дозволила показати, що встановлені залежності в значній мірі відображають умови вимірювання вихідних значень факторів і модель може бути рекомендована тільки для певних чітко означених характеристик умов праці робітників; тобто, модель, створена на основі вивчення захворюваності, наприклад, вальників лісу, не може бути використана для обрубників, які працюють у приміщеннях;

- математична обробка даних, наведених в стандартах, дозволила отримати рівняння регресії для прогнозування ймовірності виникнення вібраційної патології в залежності від стажу роботи та рівнів діючої локальної вібрації, які можуть використовуватись для оцінки ефективності віброзахисних заходів.

Література

1. Бабанов С.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз / С.А. Бабанов, Н.А. Татаровская // РМЖ. – 2013. - №35. – С.1777-1784.
2. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: ДСН 3.3.6.039-99 / Постанова Головного Державного санітарного лікаря від 1.12.1999 р. №39. - К., 2006. - 48 с. - (МОЗ України, Головне санітарно-епідеміологічне управління).
3. Антомонов М.Ю. Оценка эффектов совместного действия вредных факторов / М.Ю. Антомонов // Гигиена труда. – 2003. – Вып.34. – С. 327-336.
4. Денисов Э.И. Логика и архитектура построения прогнозных моделей в медицине труда / Э.И. Денисов, Е.Н. Ильяева, Л.В. Прокопенко, О.В. Сивочалова, И.В. Степанян, П.В. Чесалин // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2009. - №1(65). – С. 20-29.
5. Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч.1. Общие требования (ISO 5349-1:2001): ГОСТ 31192.1-2004. – [Дата введения 2008-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 46 с. – (Межгосударственный стандарт).
6. Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Ч.2. Требования к проведению измерений на рабочих местах (ISO 5349-2:2001): ГОСТ 31192.2-2004. – [Дата введения 2008-07-01]. – М.: Стандартинформ, 2008. – 71 с. – (Межгосударственный стандарт).
7. Сова С.Г. Гігієнічна оцінка імпульсної локальної вібрації та супутніх фізичних факторів виробничого середовища на робочих місцях збиральників-клепальників і слюсарів-складальників авіаційних підприємств (до проблеми гігієнічного нормування) / С.Г. Сова, О.П. Яворівський, Шкурко Г.А. // Довкілля та здоров'я. – 2014. - №2. – С.30-35.
8. Суворов Г.А. Оценка вероятности вибрационной болезни от действия локальной вибрации с учетом сопутствующих факторов / Г.А. Суворов, Э.И. Денисов, В.Г. Овакимов // Гигиена труда. – 1991. - №5. – С.6-10.

9. Андронов В.А. Эффективность использования вибропоглощающего полимерного покрытия для снижения локальной вибрации / В.А. Андронов, Ю.М. Данченко, А.В. Скрипинец, О.М. Бухман // Науковий вісник НГУ. – 2013. - №6(138). – С.85-91.
10. Тимофеева И.Г. Безопасность труда на виброопасных технологических процессах – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 95 с.

References

1. Babanov S.A. Vibracionnaja bolezn': sovremennoe ponimanie i differencial'nyj diagnoz / S.A. Babanov, N.A. Tatarovskaja // RMZh. – 2013. - №35. – С.1777-1784.
2. Derzhavni sanitarni normi virobnichoi zagal'noi ta lokal'noi vibracii: DSN 3.3.6.039-99 / Postanova Golovnoho Derzhavnogo sanitarnogo likarja vid 1.12.1999 r. №39. - K., 2006. - 48 s. - (MOZ Ukraini, Golovne sanitarno-epidemiologichne upravlinnja).
3. Antomono M.Ju. Ocenka jeffektov sovместного dejstva vrednyh faktorov / M.Ju. Antomono // Gigiena truda. – 2003. – Vyp.34. – С. 327-336.
4. Denisov Je.I. Logika i arhitektura postroenija prognoznyh modelej v medicine truda / Je.I. Denisov, E.N. Il'kaeva, L.V. Prokopenko, O.V. Sivochalova, I.V. Stepanjan, P.V. Chesalin // Bjulleten' VSNC SO RAMN. – 2009. - №1(65). – С. 20-29.
5. Vibracija. Izmerenie lokal'noj vibracii i ocenka ee vozdejstva na cheloveka. Ch.1. Obshhie trebovanija (ISO 5349-1:2001): GOST 31192.1-2004. – [Data vvedenija 2008-07-01]. – M.: Standartinform, 2008. – 46 s. – (Mezghosudarstvennyj standart).
6. Vibracija. Izmerenie lokal'noj vibracii i ocenka ee vozdejstva na cheloveka. Ch.2. Trebovanija k provedeniju izmerenij na rabochih mestah (ISO 5349-2:2001): GOST 31192.2-2004. – [Data vvedenija 2008-07-01]. – M.: Standartinform, 2008. – 71 s. – (Mezghosudarstvennyj standart).
7. Sova S.G. Gigienichna ocinka impul'snoi lokal'noi vibracii ta sputnih fizichnih faktoriv virobnichogo seredovishha na robocnih miscjah zbiral'nikiv klepal'nikiv i sljusariv-skladal'nikiv aviacijnih pidpriemstv (do problemi gigienichnogo normuvannja) / S.G. Sova, O.P. Javoriv'skij, Shkurko G.A. // Dovkillja ta zdorov'ja. – 2014. - №2. – С.30-35.
8. Suvorov G.A. Ocenka verojatnosti vibracionnoj bolezni ot dejstva lokal'noj vibracii s uchetom sputstvujushhih faktorov / G.A. Suvorov, Je.I. Denisov, V.G. Ovachimov // Gigiena truda. – 1991. - №5. – С.6-10.
9. Andronov V.A. Jefferktivnost' ispol'zovanija vibropogloshhajushhego polimernogo pokrytija dlja snizhenija lokal'noj vibracii / V.A. Andronov, Ju.M. Danchenko, A.V. Skripinec, O.M. Buhman // Naukovij visnik NGU. – 2013. - №6(138). – С.85-91.
10. Timofeeva I.G. Bezopasnost' truda na vibroopasnyh tehnologicheskijh processah – Ulan-Udje: Izd-vo VSGTU, 2003. – 95s.

Бухман О.М. Прогнозирование возникновения профессиональной патологии у работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

В статье приведен анализ существующих моделей прогнозирования вероятности возникновения профессиональной вибрационной патологии у работающих с пневматическим ручным инструментом

ударного действия. Установлено, что существующие модели отражают влияние сроков (стажа) работы и вибрационных характеристик ручного инструмента и не учитывают дополнительных факторов (охлаждения, силовых нагрузок, шум, пыль и др.), которые могут усиливать вредное действие вибрации; общепринятые модели не учитывают частотную характеристику действующей вибрации, а также направление действия вибрации на органы работника. С помощью уравнений регрессии, полученных в ходе математической обработки, проведена сравнительная характеристика моделей, предложенных в стандартных документах Украины и за рубежом. Показано, что полученные зависимости в значительной степени отражают условия измерений исходных значений факторов и модель может быть рекомендована только для конкретных четко обозначенных условий труда работников. Математическая обработка данных, приведенных в стандартах, позволила получить уравнения регрессии для прогнозирования вероятности возникновения вибрационной патологии в зависимости от стажа работы и уровней действующей локальной вибрации, которые могут использоваться для оценки эффективности мероприятий по снижению вредного действия локальной вибрации.

Ключевые слова: прогнозирование, модель, фактор, вероятность, локальная вибрация, профессиональная патология, уравнение регрессии.

Bukhman O.M. Prediction impact of a local vibration on the levels of occupational diseases.

In this work we performed analysis of the existing predictive models assessing occurrence of occupational vibration disease probability in workers using pneumatic hand tool. It has been concluded that existing models represent the effects of work length and vibration characteristics of pneumatic hand tool but do not assess additional factors (cooling, power load, noise, dust, etc.) Those possess a potential which may enhance the harmful effect of vibration; conventional models do not take into account the frequency of the active vibration as well as vibration direction. Using regression equations, comparative characteristics of models of standard documents in Ukraine and abroad were undertaken. Our data suggests that established pattern largely reflecting measurement conditions of initial factors value and the model can be recommended only under a certain clearly defined performance conditions of work. Upon data provided in the standards statistical analysis, regression equation predicting the likelihood of vibration pathology depending on length of service and current local vibration levels have been calculated. It can be used to assess the effectiveness of measures focused on harmful effects of local vibration reduction.

Keywords: predictive model, local vibration, occupational diseases, regression equation

Бухман Ольга Матвіївна – викладач кафедри ОПтаТЕБ, Національний університет цивільного захисту України (Україна, м. Харків). olgabukhman@gmail.com.

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент

Стаття подана 19.01.2015

УДК 665.64.097.3

СИСТЕМА ЗАЩИЩЕННОГО ОБМЕНА ДОКУМЕНТАМИ МЕЖДУ ОРГАНИЗАЦИЯМИ

Гапонова О.В.

THE SYSTEM SECURE EXCHANGE OF DOCUMENTS BETWEEN INSTITUTIONS

Gaponova O.V

В статье рассмотрена система для защиты электронного документооборота "ДЕЛО" - Подсистема "ЭЦП и шифрование". Электронная цифровая подпись (ЭЦП) поможет проверить целостность электронного письма (e-Mail) и убедиться в надёжности отправителя. Однозначно определит автора статьи, опубликованной в Интернете, и укажет дату публикации.

Ключевые слова: электронный документ, шифрование данных, защита информации.

1. Введение. Современный этап развития общества характеризуется возрастающей ролью информационной сферы, представляющей собой совокупность информации, информационной инфраструктуры, субъектов, осуществляющих сбор, формирование, распространение и использование информации.

Под информацией обычно понимаются сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления. К защищаемой информации относится информация, являющаяся предметом собственности и подлежащая защите в соответствии с требованиями правовых документов или требованиями, устанавливаемыми собственником информации. Это, как правило, информация ограниченного доступа, содержащая сведения, отнесенные к государственной тайне, а также сведения конфиденциального характера.

Эффективная работа любого предприятия в настоящее время немыслима без организации электронного документооборота. Работа с документами в электронной форме позволяет быстро и удобно хранить, обрабатывать и передавать документы в информационной системе предприятия. Однако системы электронного документооборота могут быть подвержены следующим воздействиям:

- нарушение конфиденциальности передаваемых документов;

- несанкционированное искажение электронных документов;

- отправка ложного электронного документа от имени легального пользователя системы.

Целью работы является комплексное решение по организации защищённого электронного документооборота системой "ДЕЛО" - Подсистемой "ЭЦП и шифрование".

2. Изложение материала. Электронная цифровая подпись (ЭЦП) является необходимым условием для полноценной реализации защищенного электронного документооборота. Она представляет собой аналог традиционного заверения бумажного документа при помощи подписи и печати. Помимо этого ЭЦП позволяет подтвердить личность автора или отправителя корреспонденции, а также является гарантией того, что в документ после его подписания не были внесены изменения.

Возможности применения ЭЦП и шифрования данных обеспечиваются благодаря интегрированным в систему «ДЕЛО» сертифицированным средствам криптографической защиты информации – Крипто АРМ, Крипто Про CSP, Сигнал Ком CSP, Вербас OW, Домен-К, Авест, Генкей, решения Microsoft. Параметры подписи и выбор сертификата представлены на рис. 1, 2.

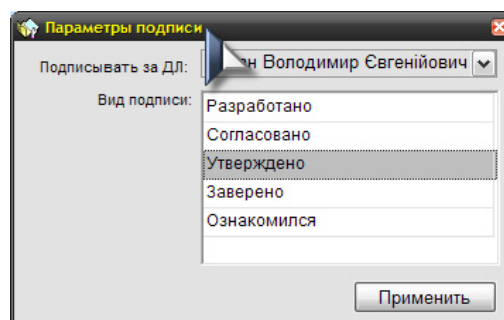


Рис. 1. Параметры подписи

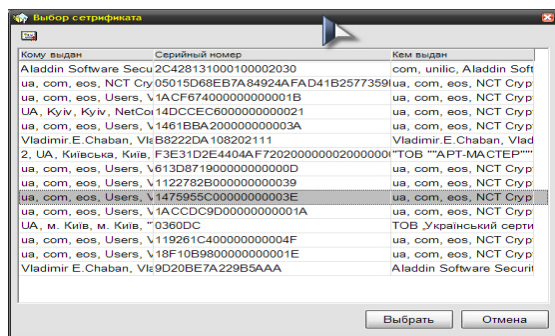


Рис. 2. Выбор сертификата

Применение электронной цифровой подписи (рис. 3.):

- регистрируя входящие документы, сотрудник может ставить свою ЭЦП на прикрепляемый к карточке файл, удостоверяя его подлинность. При работе с проектами документов, исходящими и внутренними документами организации, ЭЦП может применяться при согласовании, визировании, утверждении, регистрации и отправке документа адресату;

- система предоставляет возможность подписывать ЭЦП файлы, хранящиеся в базе данных и отправляемые по электронной почте. При необходимости, документ может быть подписан несколькими сотрудниками, что очень удобно для автоматизации процедур согласования и утверждения документов. В случае, если система «ДЕЛО» установлена у всех участников обмена информацией, пользователи получают возможность распространять подписанные документы по всей территориально-распределенной организации;

- любой сотрудник, имеющий доступ к документу, получает достоверную информацию о подписях и подписавших лицах, а также может проверить подлинность каждой подписи «одним нажатием кнопки».

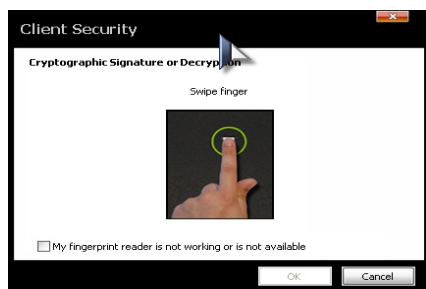


Рис. 3. Применение электронной цифровой подписи

Технология применения ЭЦП:

Для каждого пользователя, обладающего правом подписи, формируется ключ, состоящий из двух частей:

1. Секретный ключ – используется для подписания документов и для дешифрации сообщений, отправляемых пользователем по электронной почте. Он записывается на носитель

информации, передаваемый лично пользователю (и может быть дополнительно защищен паролем на случай потери носителя). Подписание происходит путем ввода носителя в считывающее устройство компьютера и нажатия кнопки «Подписать».

2. Открытый ключ – используется для проверки подлинности ЭЦП. Проверка производится на основании сертификата открытого ключа.

Использование технологии ЭЦП позволяет применить один из двух возможных подходов к организации защищенного электронного документооборота, которым соответствуют два варианта поставки опции «ЭЦП и шифрование»:

- 1 вариант: «корпоративный электронный документооборот»;

- 2 вариант: «юридически значимый электронный документооборот».

Организация корпоративного электронного документооборота. Электронная цифровая подпись может быть использована для подписания электронных документов в рамках внутрикорпоративных или междокорпоративных соглашений по использованию ЭЦП.

В этом случае электронные документы, подписанные ЭЦП, могут иметь хождение внутри одной организации, а также может быть организован обмен с территориально удаленными подразделениями, филиалами, дочерними компаниями. Возможна также реализация обмена электронными документами с ЭЦП между различными организациями в рамках двухсторонних или многосторонних соглашений.

Данный подход не решает вопросов обеспечения юридической значимости электронного документооборота, но позволяет существенно сократить затраты временных и человеческих ресурсов на передачу документов и их оперативное исполнение.

Криптографический комплекс «Корпоративный документооборот» включает: СКЗИ Крипто Про CSP 3.0 или Сигнал-Ком 3.0, система «ДЕЛО», начиная с версии 8.8.0 (для системы «ДЕЛО» версии 8.6.0 — СКЗИ Крипто Про CSP 2.0).

Организация юридически значимого электронного документооборота. Данный подход является более полным решением и позволяет придать юридическую значимость создаваемым в системе «ДЕЛО» электронным документам благодаря обеспечению ряда условий (установленных законодательно):

- удостоверение точного времени создания электронных документов с помощью штампов времени;

- получение в реальном времени информации о статусе сертификатов цифровых подписей (всей цепочки сертификатов – от личного до сертификата головного удостоверяющего центра);

- поддержка усовершенствованного формата подписи «Крипто Про ЭЦП», обеспечивающего

возможность длительного хранения документов в электронном виде с ЭЦП (до 30 лет).

Документ, подписанный такой ЭЦП, приобретает ряд существенных преимуществ, например:

1. электронные документы, подписанные ЭЦП, имеют одинаковую юридическую силу с бумажными;

2. документы, подписанные ЭЦП, принимаются в ходе судебных разбирательств;

3. ЭЦП может использоваться для подписания первичных бухгалтерских документов для Налоговой инспекции и пр.

Данное решение создает предпосылки для реального перехода к безбумажным технологиям документооборота.

Кроме того, следует отметить, что организация корпоративного и юридически значимого электронного документооборота требует создания регламентов использования ЭЦП в рамках организации.

Криптографический комплекс «Юридически значимый документооборот» включает: СКЗИ Крипто Про CSP 3.0 или Сигнал Ком 3.0, Крипто Арм Стандарт ПРО 4.2, система «ДЕЛО» (рис.4), начиная с версии 8.8.0.

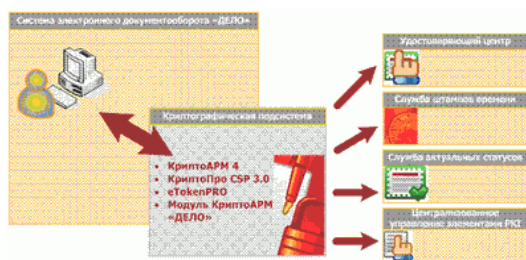


Рис. 4. Система «ДЕЛО»

Шифрование документов, передаваемых по электронной почте. Помимо поддержки ЭЦП средства криптографической защиты информации, входящие в состав данной опции, обеспечивают надежное шифрование данных.

Шифрование сообщений, передаваемых по открытым каналам, позволяет гарантированно защитить конфиденциальную информацию от несанкционированного доступа – прочтения, искажения либо подмены.

Для использования дополнительной опции «ЭЦП и шифрование» необходимо установить на рабочей станции СКЗИ, поддерживающую стандарт Microsoft CryptoAPI.

Для использования данной подсистемы понадобятся:

- eToken PRO/32K (CERT) в форм-факторе USB-ключа, СКЗИ разработчика;
- система «КАРМА»

3. Выводы. Возможность защищенного обмена документами по внешним каналам связи является

наиболее актуальной для территориально распределенных организаций, т.е. имеющих сеть филиалов или дочерние организации. Гарантий конфиденциальности передаваемых сведений часто требует также переписка с клиентами или партнерами.

Література

1. Бузов Г. А., Калинин С. В., Кондратьев А. В. Защита от утечки информации по техническим каналам: Учебное пособие. - М.: Горячая линия - Телеком, 2005. - 416 с.
2. Программный комплекс «Навигатор». Описание применения. - М.: НПЦ «Нелк», 2002. -104 с.
3. Терминология в области защиты информации: Справочник. - М.: ВНИИ Стандарт, 1993. - 110 с.
4. Хореев А. А. Защита информации от утечки по техническим каналам. Часть 1. Технические каналы утечки информации. - М.: Гостехкомиссия РФ, 1998. – 320с.
5. Рошер С. Основы анализа спектра. - Германия.: Роде и Шварц, 2002. - 215 с.

References

1. Buzov G.A., Kalinin S.V., Kondratyev A.V. Protection against leakage of information on technical channels: Textbook. - M.: Hot line - Telecom, 2005. - 416 p.
2. The software package "Navigator". Description application. M.: SPC "NELK", 2002. -104 p.
3. Terminology in the field of information: Handbook. - M.: Institute Standard, 1993. - 110c.
4. Horites A.A. Protection leakage information from technical channels. Part 1 Technical channels of information leakage. -M.: State Technical Commission of the Russian Federation, 1998. - 320 p.
5. Rauscher C. Fundamentals of spectrum analysis. - Germany.: Rohde & Schwarz, 2002. - 215 c.

Гапонова О.В. Система захисту обміну документами між організаціями

В статті розглянуто систему для захисту електронного документообігу "Дело" - Підсистему "ЕЦП і шифрування".

Електронний цифровий підпис (ЕЦП) допоможе перевірити цілісність електронного листа (e-Mail) і переконатися в надійності відправника. Однозначно визначити автора статті, опублікованій в Інтернеті, і вказати дату публікації.

Ключові слова: електронний документ, шифрування даних, захист інформації.

Gaponova O.V. The system secure exchange of documents between institutions

The article describes a system for the protection of electronic document "affair" - Subsystem "electronic signature and encryption."

Electronic digital signature (EDS) will check the integrity of e-mail (e-Mail), and ensure the reliability of the sender. Clearly identify the author of an article published on the Internet, and will indicate the date of publication.

Will write your own opinion about to read a document in Microsoft Word and attach it as a "sticker" to the file, not "spoil" your file itself notes, with a securely tied "sticker" to the current contents of the document (when you change the text of the document "sticker" immediately detects that the document changed). Leaving the "business card" of the

actions committed in the electronic world, confirm the credentials, etc.

Electronic digital signature (EDS) - a powerful tool for the control of authenticity of electronic information, ensure the integrity of electronic data confirm their authorship and relevance. Digital signature - is a data object that is created for signing data, allowing to verify the integrity and authenticity of the data.

EDS can be used as a responsible signature to an electronic document - that is, as an analogue of a handwritten signature or seal on a paper document. In particular, in this incarnation digital signature is used in electronic document for different purposes. EDS is widely used to sign programs or individual modules to computer users by downloading the program from the Internet, and using them in their work, I could be convinced of the reliability and accuracy of their work and the reliability of the source of these programs. When conducting business correspondence secretaries from different companies digital signature can serve as an "envelope" - at one end of a letter sealed with the help of electronic signature, and at the finish of the recipient "opens" the envelope, making sure the full integrity and authenticity of data. With EDS you can agree on how electronic versions of documents between different services within an organization and between different organizations. In this case, the text of the agreement will be protected from uncoordinated changes, and every responsible authority would have to agree on the document using their

own electronic signature, thus confirming their attitude towards him. This signature unmistakably tell not only about who signed the document, but also indicate the date and time of signing. If the employee chooses to give up responsibility for the sight of a document or sending the information in the letter, sealed by his electronic signature, the digital signature is easy to convict him. For example, often requires a contract to agree to the legal department, the accounting department and other departments of the company, and only after that it will sign the leaders of both sides. This agreement, and the sight of all responsible agencies may be carried out now in electronic form using digital signature.

Key words: electronic document, data encryption, data protection.

Гапонова Оксана Володимирівна – спеціаліст кафедри електронних апаратів, Технологічний інститут східноукраїнського національного університету ім. В.Даля (м. Сєверодонецьк). mobulochka@rambler.ru

Рецензент: **Смолій В.М.** – д.т.н., професор.

Стаття подана 6.01.2015

УДК 004.42

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДЯГУ В СЕРЕДОВИЩІ OPTITEX

Герасимов В.В., Дулішкович Я.М., Матвійчук С.С.

3D MODELING CLOTH IN CAD OPTITEX

Gerasimov V.V., Duliskovich Y.M., Matvijchuk S.S

В статті представлені дослідження в області 3D моделювання одягу. Увагу зосереджено на продукті під назвою OptiTex. Дана програма являється одним із лідерів на ринку САПР одягу. До складу продукту входить багато модулів, які дозволяють ефективно використовувати даний САПР на багатьох етапах виготовлення одягу, в тому числі двовірному моделюванні. Випробувано даний програмний продукт для візуального відтворення народного костюму на віртуальному манекені.

Ключові слова: тривимірне моделювання, одяг, САПР.

1. Вступ. За останні декілька років практично всі виробники спеціалізованих САПР [1] швейної галузі свою увагу зосередили на тривимірному моделюванні одягу на основі графічних редакторів 3D графіки. Це пов'язано з тим, що завдяки цьому стає можливим об'ємна візуалізація ідей дизайнера одягу.

Таким чином, в повній мірі або частково стає можливим уникнення процесу «ручного виготовлення» костюму, що передбачає велику кількість підготовчих та проектних робіт, підбір пакету матеріалів і способів обробки деталей, та ряд інших технологічних операцій. Ідея комп'ютерного моделювання підсилюється тим фактом, що фактично сформована технологія виготовлення будь-якого виробу за допомогою 3D принтера. При цьому вартість даної технології постійно зменшується. Вже сьогодні доступним є виготовлення біжутерії, лейб та інших аксесуарів одягу на основі 3D друку [2]. Актуальним стає комп'ютерне моделювання виробу, в тому числі одягу та його елементів.

Якщо, наприклад, в машинобудівній галузі, тривимірне комп'ютерне моделювання конструкцій та деталей це вже сьогоднішній день, то для області проектування одягу 3D симуляція тільки розпочинається [3].

2. Аналіз вихідних даних. В зв'язку з стрімким розвитком математично-інформаційних технологій обробки даних та появою апаратних комп'ютерних ресурсів нового покоління стає доступнішим та простішим створення так званих «живих» 3D об'єктів, в переліку яких основну частину займає людина, одяг та його атрибути [4,5]. В даній області моделювання найбільш відомими продуктами стали: 3D MaxStudio, Poser, тощо.

Значно прискорити процес створення та візуалізації конструкції одягу можливо на базі спеціалізованих САПР тривимірної графіки. Тому, авторами було проаналізовано ринок спеціалізованих програм швейної галузі, придатних до виконання тривимірного моделювання одягу на фігуру людини. Головними параметрами відбору були наступні критерії – доступність (мережа Інтернет), ефективність та якість роботи продукту, його новизна та підтримка з боку виробника. Найбільшу зацікавленість у авторів виявила програма OptiTex [6].

В середовищі Інтернет було знайдено (через систему Torrent) та встановлено на комп'ютері графічний пакет під назвою OPTITEX версії 11. Слід зазначити, що дана версія продукту була бета версією, тобто за обмеженими певними функціями та операціями. Але, не дивлячись на цей факт, встановлена програма виявилась цілком працездатною, особливо в плані набуття навичок роботи з тривимірною САПР одягу [5].

Як було зазначено, на користь вибору даного продукту свідчить наявність навчальних мультимедійних роликів (англо- та російськомовних), документації щодо опису роботи. Існує сайт розробника, де крім рекламних роликів викладені вже готові змодельовані об'єкти, причому в форматі вихідних проектів, що дозволяє використовувати їх для подальшого моделювання [6].

Крім того, на відміну від попередніх неспеціалізованих 3D редакторів, дана програма характеризується доволі зрозумілим, продуманим та не перевантаженим інтерфейсом. За першими кроками роботи в даній програмі, можна відмітити доволі стабільну роботу графічного пакету на звичайних, неспеціалізованих комп'ютерах з різними ОС, що є не типовим для більшості програм даного типу.

Програмне забезпечення (САПР) OptiTex (рис.1) призначене для дизайнерів і конструкторів одягу, м'яких меблів, сумок, наметів, авточохла, які працюють з м'якими матеріалами (текстиль, штучна шкіра, натуральна шкіра, ПВХ і подібні).



Рис. 1. Програма 2D/3D моделювання одягу OptiTex

Основні модулі програми:

- Modulate – дозволяє підігнати лекала стандартної моделі за індивідуальними розмірними мірками.

- Mark – служить для оптимізації витрат матеріалу в розкрійному цеху, для будь-яких видів матеріалу і способів настилення;

- 3dRunway – для роботи з 3-х мірними моделями;

- Modulate – дозволяє підігнати лекала стандартної моделі за індивідуальними розмірними мірками.

Опції OptiTex:

- градація по розмірам, ростам та іншим параметрам;

- дигіталізація (оцифрування);

- автоматична розкладка (різні алгоритми);

- розкладка на мереживо, малюнок;

- 3d проектування _моделей одягу;

- конвертори моделей, розкладок : AAMA, ASTM, Lectra, Gerber, DXF, HPGL, ISO;

- Імпорт/експорт 3d файлів;

- Розгортка 3d файлів.

Комплект лекал для отримання 3d-взірця заздалегідь розробляється на площині за допомогою спеціальних конструкторських модулів Optitex.

Потім для цих деталей необхідно вказати лінії з'єднання деталей, їх початкове розміщення в просторі відносно віртуального манекена. Крім того, можна також задати фізичні властивості матеріалу,

колір, текстуру, вишивку, логотипи і тому подібне. Вибір текстури тканини, зовнішнього вигляду фурнітури можливий як до, так і після генерації самого зразка в Optitex. Фактури тканин і їх властивості задані уже в програмі. Але крім існуючих фактур, можна використати і інші, вони задаються у форматі JPEG, тобто звичайне скановане зображення.

Слід зазначити, що до OptiTex входить потужний модуль розкладки. В межах даної статті він не розглядається.

Оригінальний по своїй простоті і зручності у використанні підхід до параметризації базових лекал дозволяє в лічені хвилини зв'язати виміри деталей з розмірними ознаками тіла людини. При цьому система забезпечує миттєве інтерактивне налаштування усіх взаємопов'язаних деталей. Набори значень індивідуальних розмірних ознак зберігаються в спеціальній базі даних і у будь-який час можуть бути застосовані до параметричної конструкції та манекену.

Також, з легкістю можна задати параметри індивідуальної фігури, зокрема: зріст, повноту, обхвати талії, стегон та багато інших параметрів. У повній версії програми можна навіть змінювати зачіску, колір волосся, а також тип взуття, і навіть висоту підборів.

На рисунку 2 представлено декілька варіантів змін антропометричних параметрів для віртуального манекена, під іменем Eva.



Рис. 2. Параметричний манекен Eva

Можна змінювати не тільки параметри фігури, але і позу манекена – підняти або опустити та зігнути руки, зробити опір на одну ногу та багато іншого.

Система Optitex має великий набір функцій імпорту-експорту і конвертерів даних у формати інших САПР, а також підтримує широкий спектр периферійних пристроїв, що включає майже всі відомі моделі дигітайзерів, плотерів та розкрійних комплексів.

Однією з найбільш цікавих особливостей роботи OptiTexу є можливість візуального відтворення зон навантажень одягу на тіло людини (рис. 3). Дана функція буде дуже корисною у випадку, якщо проектується одяг спеціального призначення [7]. Зони навантаження представлені різними кольорами: найбільше навантаження –

червоним, середнє – жовтим і мале, відповідно, блакитним.



Рис. 3. Карта навантаження виробу на фігурі людини

3. Експериментальна частина. Авторами з метою перевірки ефективності роботи програми було розроблено віртуальне моделювання народного костюму в середовищі OptiTex.

Обраними основними складовими жіночого костюму були: спідниця, блуза і жилет (безрукавка).

З сайту компанії було отримано варіант одягу, який найбільш відповідав обраному костюму. Базові лекала представлені на рисунку 4.

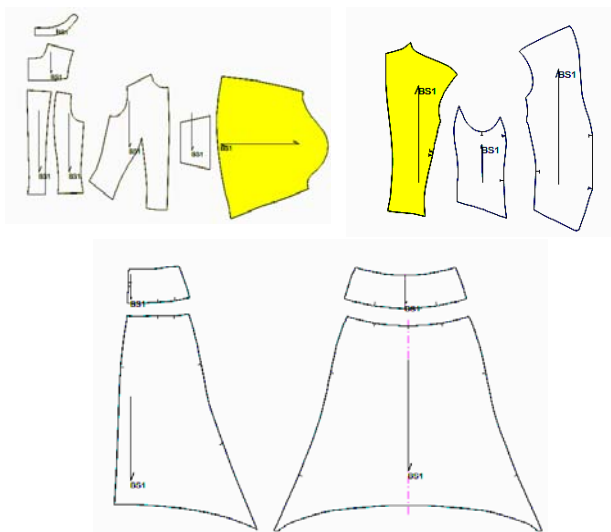


Рис.4. Базові лекала OptiTex: блуза, жилет, спідниця

Авторами з метою перевірки ефективності роботи програми було здійснено віртуальне моделювання народного костюму в середовищі OptiTex [8,9].

Після отримання базових лекал до конструкцій останніх внесені певні зміни, що дозволяє отримати інший варіант даного одягу. Ці елементи моделювання були виконані за допомогою функції «кроить», яка знаходиться в інструментальній панелі деталей. Відповідно до цього, було виконано наступне моделювання:

- зменшено довжину манжет блузи до 3 см;

- вирівнено низ спідниці;
- зменшено довжину пілочки жилета, відповідно до довжини спинки.

Після функції «кроить» всі непотрібні нам частини лекал не видаляються автоматично, тому їх було видалено за допомогою функції «деталь – править – вирізати деталь». Після чого всі непотрібні нам частини лекал видаляються.

Для завершення процесу візуального відтворення народного костюму слід було задати варіант фактури тканини з елементами декору - вишивки [9]. В OptiTex є функція задання фактури тканини. Слід зазначити, що дана бета версія Optitex не дає можливість змінювати тип самого матеріалу, а тільки його текстуру. Тому, процес зміни матеріалу відбувався за рахунок заміни його текстури, причому вже разом зі сформованою на поверхні тканини вишивкою. Для виконання цієї процедури було використано редактор растрової графіки CorelPHOTO Paint [8].

Готові варіанти «оцифрованої» вишивки були перенесені на фактуру заздалегідь підготовлених зображень домотканих тканин, і за допомогою функції «об'єднати» згруповані у необхідний формат файлу з розширенням JPEG. Оскільки отримані файли виявилися занадто «громіздкими» для застосування в OptiTex, було зменшено їх розмір через зменшення роздільної здатності зображення. Графічне представлення вишивки здійснено в редакторі CorelDRAW. Всі зразки вишивки за допомогою функції експорту зображення були переведені у JPEG формат.

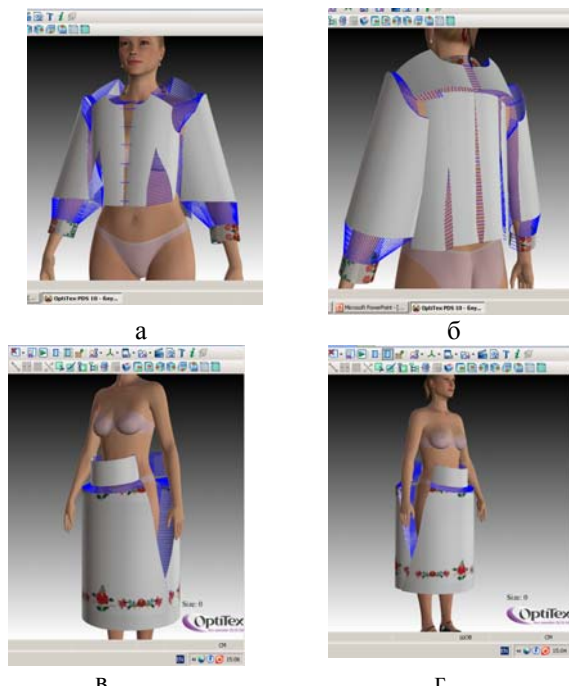


Рис. 5. Просторове розміщення лекал на манекені:
а, б – для блузи костюму;
в, г – для спідниці

Тривимірна побудова костюму полягала у розміщенню лекал навколо манекену, з послідуною чіткою фіксацією на відповідних позиціях у просторі, як верху так і низу виробу (рис.5). Перед виконанням даної процедури спеціальним інструментом вказують лінії зшивання окремих частин одягу (сітчасті утворення на рис. 5). Дана процедура потребує правильного визначення напрямку-вектора з'єднання лекал, тому що у протилежному випадку дана операція буде виконана некоректно.



Рис. 6. Результат виконання віртуального моделювання народного одягу в середовищі OptiTex

Після виконання всіх підготовчих операцій одним натисненням на кнопки «одеть» OptiTex формує віртуальну модель костюму на заданому манекені. Отриманий результат представлений на рисунку 6.

Слід акцентувати на доволі якісному виконанні рендерінгу стосовно як цілої моделі, так і окремих її елементів (ділянки розміщення вишивки). В цілому віртуальна модель виглядає доволі реалістично. Крім того, легко можна відокремити одяг від манекена, що дозволить акцентувати увагу безпосередньо на тривимірній конструкції одягу, який можна оглядати під з різними кутами огляду.

4. Висновки. Є усі підстави вважати, що завдяки розвитку комп'ютерних технологій проектування одягу стає доступнішим та реалістичнішим. Прикладом цьому є OptiTex. В майбутньому весь процес отримання одягу за «ідеєю» користувача буде заснований на цифрових технологіях, починаючи від стадії отримання розмірних ознак, до кінцевої – отримання готового продукту. Зв'язуючою ланкою в цьому процесі будуть виступати відповідні САПР одягу.

Більш того, досить буде мати доступ на інтернет-сайт відповідного магазину або ательє, у базі даних якого зберігатимуться ваші індивідуальні розмірні ознаки. В результаті, за лічені хвилини

можна підібрати собі модний одяг, та й ще оцінити якість посадки виробу на фігурі замовника.

Л і т е р а т у р а

1. Колосніченко М.В Комп'ютерне проектування одягу : Реком. МОНУ для студентів ВНЗ / Колосніченко М. В., Щербань В. Ю., Процик К. Л. – К : Освіта України, 2010. – 236с.
2. Phoebe R. Apeageyi Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit / Phoebe R. Apeageyi // International Journal of Digital Content Technology and its Applications. – 2010. – V. 10, N. 7. – P. 58-68
3. Пашкевич К. Л. Нові технології : 3D принтер / К. Л. Пашкевич // Легка промисловість. – 2014. – № 1. – С. 22–25.
4. Andrea Rudolf Teaching textile products 3D prototyping in modern textile education / Andrea Rudolf, Zoran Stjepanovic, Simona Jevsnik // Special e-issue conf. "International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies".- Budapest, - 2010. – 411-418 p.
5. Janos Somlo Special application of 3D human modeling based CAD/CAM systems for clothing industry / Janos Somlo, Mariana Halasz, Peter Tamas // Special e-issue of conf. "International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies".- Budapest, - 2010. – 277-283 p.
6. Інтернет пєсyпс: www.optitex.com
7. The development of a sensor system for registering the parameters of "man-clothing " interface using AVR microcontroller and the loading sensor / Gerasimov V. // Int. Conf. "International Conference on Design and Light Industry Technologies".- Budapest, - 2014. - 14 p.
8. Художнє проектування сучасного одягу у народному стилі з використанням спеціалізованих САПР одягу / Герасимов В. В., Дулишкович Я. М., Зябловська Д. Є. // Мат. Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми наукового та освітнього простору в умовах поглиблення євро інтеграційних процесів». - Мукачево, 2015. – 309- 311 с.
9. Folk costume of Transcarpathian hungarians. Embroidery and design / Dulishkovich Y., Kopriva O., Gerasimov V. // Int. Conf. "International Conference on Design and Light Industry Technologies" Budapest, - 2014, - 8p.

References

1. Kolosnichenko M.V Komp'yuterne proektuvannya odyagu : Rekom. MONU dlya studentiv VNZ / Kolosnichenko M. V., Scherban V. Yu., Protsik K. L. – K : Osvlta UkraYini, 2010. – 236 p.
2. Phoebe R. Apeageyi Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit / Phoebe R. Apeageyi // International Journal of Digital Content Technology and its Applications. – 2010. – V. 10, N. 7. – P. 58-68
3. Pashkevich K. L. Novi tehnologiyi : 3D printer / K. L. Pashkevich // legka promislovist. – 2014. – N 1. – P. 22-25.
4. Andrea Rudolf Teaching textile products 3D prototyping in modern textile education / Andrea Rudolf, Zoran Stjepanovic, Simona Jevsnik // Special e-issue conf. "International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies".- Budapest, - 2010. – p. 411-418

5. Janos Somlo Special application of 3D human modeling based CAD/CAM systems for clothing industry / Janos Somlo, Mariana Halasz, Peter Tamas // Special e-issue of conf. "International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies". - Budapest, - 2010. - p. 277-283
6. www.optitex.com
7. The development of a sensor system for registering the parameters of "man-clothing" interface using AVR microcontroller and the loading sensor / Gerasimov V. // Int. Conf. "International Conference on Design and Light Industry Technologies".- Budapest, - 2014. - p.14
8. Hudozhne proektuvannya suchasnogo odyagu u nardnomu stilli z vikoristannyam spetsializovanih SAPR odyagu / Gerasimov V. V., Dulishkovich Ya. M., Zhablovska D. E. // Mat. Mizhnarodnoyi naukovopraktichnoyi konferentsiyi «Aktualni problemi naukovo ta osvithnoho prostoru v umovah pogliblennya evro integratsiyinih protsesiv». – Mukachevo. - 2015. – p. 309-311
9. Folk costume of Transcarpathian hungarians. Embroidery and design / Dulishkovich Y., Kopriva O., Gerasimov V. // Int. conf. "International Conference on Design and Light Industry Technologies" Budapest, - 2014, - p 8.

Герасимов В.В., Дулишкович Я.М., Матвийчук С.С. Трехмерное моделирование одежды в среде OptiTex.

В статье представлены исследования в области 3D моделирования одежды. Внимание сосредоточено на продукте под названием OptiTex. Данная программа является одним из лидеров на рынке САПР одежды. В состав продукта входят различные модули, которые позволяют эффективно использовать данный САПР на

многих этапах изготовления одежды, в том числе с использованием 2-х и 3-х мерного моделирования. Опробован данный программный продукт для трехмерного моделирования народного костюма и вышивки на виртуальном манекене.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, одежда, САПР

Gerasimov V.V., Duliskovich Y.M., Matvijchuk S.S. 3d modeling cloth in CAD OptiTex

The article presents the results of a study in 3D modeling of clothes. It focuses on CAD product Optitex. This program is one of the leaders in CAD clothing. The product includes many modules that can effectively use this CAD in many stages of the manufacture of clothing, including a two- and three dimensional modelling. This program tested for modelling the national costume and embroidery on a virtual model.

Keywords: 3d modeling, Optitex, clothing, embroidery

Герасимов Віталій Вікторович – канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри КТШВ та ПО, Мукачівський Державний Університет (м. Мукачеве). vitgerv@gmail.com

Дулішкович Я.М. магістр спеціальності КТШВ, Мукачівський Державний Університет (м. Мукачеве).

Матвійчук С.С. – канд. технічних наук, доцент кафедри КТШВ та ПО, Мукачівський Державний Університет (м. Мукачеве) salma1405@mail.ru.

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 15.01.2015

УДК 66.097:66.094.3.097:544.772.4

ПУТЬ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АЭРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛИЗА

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

THE WAY OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF AEROSOL NANOCATALYSIS

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

В статье рассмотрено становление впервые предложенное новое технологическое переоформление химических и нефтехимических процессов – технология аэрозольного нанокатализа. Рассмотрен путь от мотивации поиска до формирования решений на базе исследований на лабораторных и опытно-промышленных установках. Показаны результаты, выдвинуты предложения и допущения по поводу дальнейших исследований и применения процессов в промышленных производствах.

Ключевые слова: катализатор, гетерогенный катализ, активность, аэрозольный нанокатализ, псевдооживленный слой, виброоживленный слой.

1. Введение

Всегда существовала тесная взаимосвязь науки с промышленностью. Это является традицией, также и русских ученых в развитии катализа и химической технологии на протяжении 150 лет. Развитие катализа связано со многими процессами, используемыми химическими и нефтехимическими отраслями промышленности и разнообразными научными подходами их решения.

На протяжении XVIII – XIX веков исследования в области химии, катализа и химической технологии позволили создать современную промышленность. Потребности населения и государства стимулировали практические и теоретические исследования [1]. Развитие промышленной практики представляется в современном мире недооцененной роль катализа. Сам факт осуществления новой реакции уже невозможен без катализатора и коллектива его создавшего. Рыночные отношения привели к тому, что в себестоимость катализатора основные статьи расхода – это сырье и промышленное производство. Вспомним, что Г. Дикон в 1867 г. первым применил катализ на носителе, однако большинству он известен как ученый, который впервые получил хлор.

Целью работы рассмотреть пути становления и перспективы развития новой нанотехнологии – аэрозольный нанокатализ.

2. Мотивация поиска

В настоящее время основные успехи химической промышленности связаны с применением гетерогенного катализа на носителях [1]. В этот период основное внимание науки и практики в области катализа уделяли поиску каталитически активных веществ и композиций, усовершенствованию структуры и выбора материала носителей, технологии их получения и способам закрепления каталитически активных компонентов на поверхности. В связи с этим растет стоимость катализаторов. Рассматривали проблемы активности, отравления и регенерации катализаторов [2].

В эти и последующие годы при непрерывной работе реакторов в течение 3-5 лет без перегрузок использовали избыток катализатора, он снижал активность послойно. Т.к. для большинства химических процессов не были разработаны катализаторы с высокой прочностью и активностью, то после 1990-го года снизилось количество технологий с псевдооживленным слоем катализатора. Кроме того, предприятия стали закупать катализатор за рубежом. Всеобщий позитивный подход к катализу на носителях оставил вне обсуждений ограничения по применению.

Совместными работами наших специалистов и сотрудников Института катализа СО РАН под руководством академика Борескова Г.К и Левицкого Э.А. по каталитическим генераторам тепла на крупных опытных установках мы многократно сталкивались с невозможностью осуществления процесса с катализатором на носителях. Причина – ограничение области применения катализа на носителе; быстрая отравляемость при наличии в сырье или в продуктах реакции твердых веществ и материалов. Это исключает возможность применения катализа на носителе в решении назревших проблем. Кроме того, исключается катализ из большой области возможных технологий взаимодействия с твердым реагентом. В настоящее время это приводит к требованиям по очистке сырья, что усложняет и удорожает производство.

Таблица 1

Проблемы, ограничивающие применение катализа на носителях

№	Проблемные вопросы	Следствие	Отмечено в производствах
1	2	3	4
1. Снижение потенциальных возможностей			
1	Недостаточная прочность и термостойкость.	Ограничение срока эксплуатации катализатора и рабочих параметров процесса.	Конверсия природного газа, каталитические генераторы тепла [3].
2	Внутридиффузионные торможения реакции	Снижение скорости реакций в 5–6 раз.	по показателю Тиле [4].
3	Высокие требования к качеству реагентов.	Сложность на стадии подготовки и очистки сырья.	Сероочистка в конверсии природного газа. Очистка от связанного кислорода при синтезе аммиака [5].
4	Научно- и трудоемкость разработки носителя и организации его производства.	Высокая себестоимость катализатора.	Срок разработки 5–10 и более лет.
5	Количество единовременно загружаемого катализатора.	50% и более запас катализатора для уменьшения числа перегрузок.	Паровая конверсия природного газа [6].
2. Быстрая дезактивация катализатора			
6	Наличие в сырье или продуктах реакции твердой фазы: углерод и соли.	Закупорка пор катализатора и прекращение катализа.	Каталитическая переработка нефтепродуктов, очистка солесодержащих сточных вод [7].
7	Наличие в сырье каталитических ядов	Потеря активности или неприемлемое усложнение очистки	Очистка от серы ископаемого сырья [2].
8	Возгонка каталитически активного компонента с поверхности носителя.	Потеря активности и загрязнение продуктов реакции.	Гидратация ацетилена на ртутных катализаторах. Синтез винилацетата [8].
9	Перекристаллизация носителя.	Изменение структуры и потеря активности.	Снижение поверхности катализатора [9].
10	Сорбционное вытеснение каталитически активного компонента с поверхности носителя.	Падение активности.	Винилирование уксусной кислоты в винилацетат [8].
3. Реакции, не ускоряющиеся катализом на носителях			
11	Реакции с твердыми смолообразными реагентами.	Отсутствие активности или быстрая дезактивация.	Собственный опыт.
12	Высокотемпературные реакции.	Отсутствие носителя устойчивого к температуре выше 900°C.	

Накопленный опыт позволил сформулировать ряд трудностей традиционного катализа на носителях (табл. 1). Работа промышленных предприятий в большинстве случаев зависит от качества носителя для каталитически активного компонента.

Катализ на носителе в химии охватывает широкую область сырья и процессов в присутствии даже каталитически инертных твердых примесей.

Факты, изложенные в таблице 1 (особенно пункт 6), инициировали наши работы по поиску решений технологии и аппаратуры гетерогенно-каталитических процессов свободных от указанных ограничений. Более 20 лет работы привели к новой технологической организации каталитических реакций – аэрозольному нанокатализу (AnC – aerosol nanocatalysis).

3. Результаты исследования.

В течение 24 лет постоянно проводят системные исследования технологии. Первые работы были выполнены коллективом Северодонецкого технологического института (СТИ), а затем продолжительные и системные исследования проводили в институте ГНИПИ

«Химтехнология» (г. Северодонецк). В настоящее время работы продолжают проводить в Технологическом институте Восточноукраинского национального университета им. В. Даля (г. Северодонецк) – ранее СТИ. Первые результаты по AnC были описаны в [10].

Результаты исследований позволили сформулировать основные принципы технологии AnC:

- отказ от носителя;
- применение катализатора в виде аэрозоля, измельчаемого до наноразмеров непосредственно в химическом реакторе.

Предложенная технология AnC обеспечила:

- наличие в реакторе аэрозоля катализатора с размером частиц 8 – 100 нм [12];
- каталитическую систему, включающую катализатор и постоянно диспергирующий его материал (предпочтительно диаметром 1-2 мм и шарообразной формы);
- постоянную механохимическую активацию поверхности наночастиц с повышением и поддержкой высокой активности катализатора;

- увеличение скорости химической реакции в 10^4 – 10^6 раз в расчете на массу катализатора; адекватно снижается и концентрация катализатора до 0,3–5 г/м³ реакционного объема;

- уменьшение объема реактора в 2–10 раз;

- равнодоступность для реагентов поверхности катализатора;

- каталитическое взаимодействие газов с твердыми и смолообразными реагентами.

Первые опыты с AnCFB (aerosol nanocatalysis with fluidized bed)

С 40-х годов XX века исследуют размеры частиц и их активность [11], описывают высокую активность частиц и способы их получения, но не рассматривают химических реакций с их участием. Технология AnC в [5-7; 12-18] базируется на работе с наночастицами. Таблица 2 убедительно показывает эффективность новой технологии AnC перед существующей технологией с катализатором на носителе [10].

Данные лабораторных исследований подтверждены работой опытных установок: г. Щекино, г. Саянск (Россия); г. Северодонецк (Украина); г. Лунд (Швеция). Были решены задачи: обезвреживание Х-масел производства капролактама и адипиновой кислоты, пищевых отходов, стоков прокатных станов, азот- и хлорсодержащих сточных вод; утилизации хлора из отходов производства винилхлорида, обезвреживание активного ила биохимической очистки. За 1996-2002 гг. в лаборатории было исследовано около 50 индивидуальных веществ и около 30 реальных промышленных отходов [15-17]. Технологией AnC заинтересовались в Англии, США, ФРГ, России, Голландии, Швеции, Франции. Фирма Grande Paroisse провела аудит и готова была заключить контракт по созданию установки платиновой технологии окисления аммиака в производстве азотной кислоты, но, к сожалению, переговоры сорвались.

В ФРГ проведены исследования, инициированные нашими работами. Учеными университета г. Карлсруе исследовано время существования высокой начальной каталитической активности наночастицы, нанесенной на носитель.

Ее активность в течение 8 с снижается до уровня промышленного образца [19]. Это оказалось важным результатом для аэрозольного нанокатализа. Он показывает, что принятые решения обеспечивают высокую активность частиц катализатора, т.к. механический импульс частице катализатора передается с частотой 10^7 – 10^8 с [20].

Исследования размеров частиц аэрозоля AnCFB.

Высокие скорости реакции в AnC привели к выводу, что «эффект от аэрозоля катализатора следует ожидать при использовании частиц с диаметром порядка 10^{-9} м» [10]. Исходный размер частиц катализатора 100–200 мкм. В начале размеры частиц катализатора в реакторе AnCFB исследованы рентгеноструктурным методом. Время пребывания исходного катализатора с размером кристаллитов 24 нм в зоне реакции составляло ~1 сек. В результате определили, что внизу реактора (зона I, рис. 1) размер кристаллитов составил 11-16 нм, далее по реактору (зоны II, III, IV) – 17-28 нм, а после циклона – 21-32 нм. Небольшие размеры кристаллитов в реакторе, видимо, связаны с воздействием ударных нагрузок при механоактивации.

Доктор Th. Kauffeldt (Институт горения и газодинамики, Университет г. Дуйсбург, ФРГ) исследовал размеры частиц из циклона методами трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ), дифракцией электронов (EDI) и электронной спектроскопии с поглощением энергии (EELS). Измерения проводили во время процесса глубокого окисления уксусной кислоты при 600°C и концентрации катализатора 5 г/м³. Установлено, что частицы состоят из оксида железа, имеют поликристаллическую структуру с типичным радиусом частиц 100 нм. Обнаружены также частицы меньшего (около 10 нм) и большего (около 200 нм) диаметра [16].

Результаты измерения (рис.1) выполнены аспирантами E. Nijman и K. Geerse (Дельфтский технологический Университет, г. Дельфт, Голландия) при участии сотрудников ГНИПИ «Химтехнология», а также автора статьи.

Таблица 2

Эффективность катализа на носителе и AnC для процесса окисления уксусной кислоты

Катализатор	Катализ (ПОС)	Предельная нагрузка по уксусной кислоте		Содержание		Производительность
				кислоты	активного компонента	
		кг/(м ³ _{кат} ·ч)	кг/(кг _{кат} ·ч)	мас. %	кг/м ³	кг/(м ³ ·ч)
Pt/γ-Al ₂ O ₃	на носителе	1,5*10 ³	1,5	98	4	1000
CuCrO ₄ /γ-Al ₂ O ₃		0,8*10 ³	0,8	98	200	533
		0,7*10 ³	0,65	60	200	433
		0,4*10 ³	0,37	30	200	247
Fe ₂ O ₃	An C	1,7*10 ⁸	3,6*10 ⁴	60	3,2*10 ⁻³	115
		1,3*10 ⁸	2,6*10 ⁴	30	2,5*10 ⁻³	650

ПОС – псевдооживленный слой

AnC – аэрозольный нанокатализ

Выполненные измерения позволили рассмотреть новые положения АнС:

- нахождение в реакторе полидисперсных частиц;
- наличие минимального размера частиц – 8 нм и менее;
- склонность катализатора к агломерации вне зоны механохимактивации;

- влияние химической реакции на дисперсность катализатора отсутствует;

- идентичность размеров частиц в реакторе при температурах 19 и 600°C;
- минимальные размеры частиц (зона 3, Рис. 1) и их агломерация на выходе из зоны механохимактивации (зона 4, Рис. 1);
- уменьшение концентрации крупных частиц до и после циклона из-за их адгезии на поверхности трубопроводов и аппаратуры.

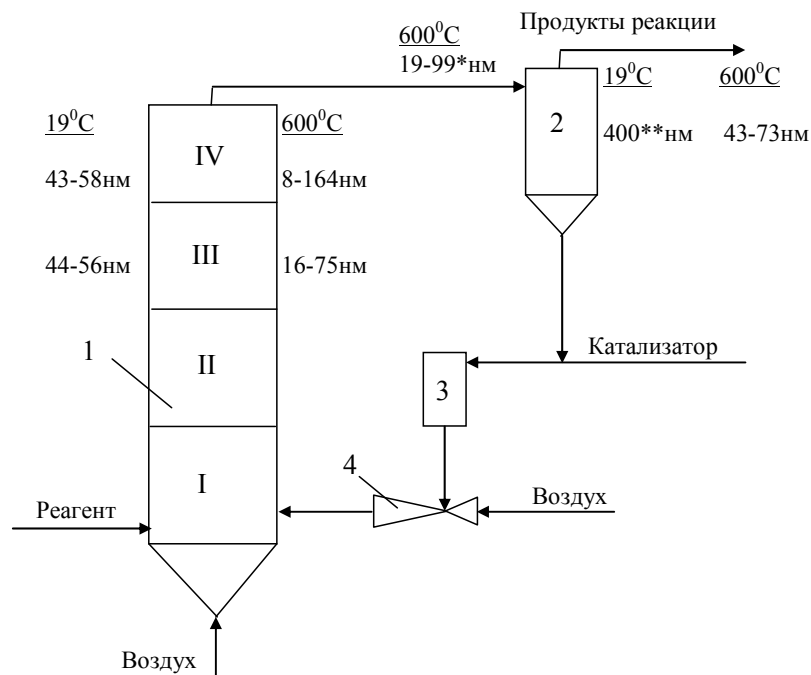


Рис.1. Реакционный узел лабораторной установки АнСФВ и результаты анализа образцов катализатора по зонам реактора методом фотокорреляционной спектроскопии при различных температурах.

1 – реактор; 2 – циклон; 3 – емкость для катализатора; 4 – эжектор катализатора;

* – кювета свободная; ** – кювета с водой

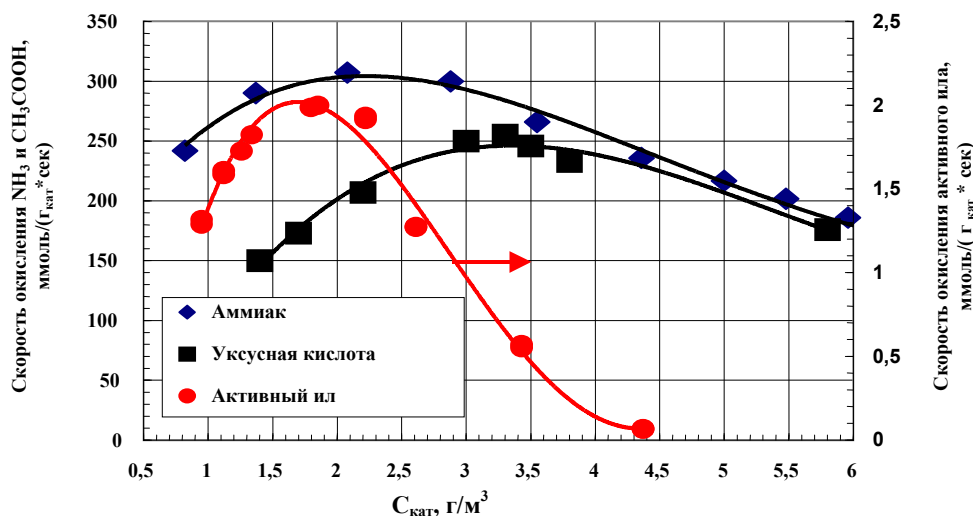


Рис. 2. Влияние концентрации катализатора Fe₂O₃ в АнСФВ на скорость окисления газообразных, жидких и твердых веществ (температура 600°C) [12]

Склонность к коагуляции и адгезии на твердой поверхности дает положительный эффект и обеспечивает выделения катализатора из газообразных продуктов реакции [21]. Это подтверждено при работе опытной установки на ЗАО «Саянскхимпласт». Достигнута эффективность улавливания частиц катализатора CuO (по данным цеха) до 99,9%.

Данные, приведенные в работах [11; 19; 21-22] свидетельствуют, что механохимактивация приводит к синтезу наночастиц. Их поверхность имеет концентрацию активных центров существенно более высокую [11], чем у традиционных катализаторов: цельнометаллических и на носителях. Высокая активность катализатора AnC связана с совмещением зон химической реакции, синтеза наночастиц катализатора и непрерывной механохимактивации поверхности.

Некоторые особенности реакций в технологии AnC.

Экспериментальные данные процессов окисления органических и неорганических соединений в реакторе AnCFB показали, что изменение скорости реакции от концентрации катализатора имеет максимум (рис. 2). До 1990 г. это было отмечено только для жидкофазного и биологического катализа, но не для газофазного гетерогенного катализа на носителях.

Для технологии AnCFB концентрацией катализатора в процессе реакции можно варьировать. Результаты лабораторных исследований подтверждены работой опытных установок.

В настоящее время имеется большой опыт проведения химических процессов с веществами в любом агрегатном состоянии.

Второй освоенный в лаборатории вариант осуществления технологии AnC использует реактор с виброожиженным слоем каталитической системы. Далее эту технологию стали называть AnCVB (aerosol nanocatalysis with vibrating bed). Первоначально мы предполагали, что подобный реактор будет служить только для исследования кинетики химических реакций. Однако по

полученным экспериментальным данным оказалось, что AnCVB эффективнее AnCFB в 10 раз.

Максимальная скорость в реакторе AnCFB (Рис. 3.) наблюдается при концентрации катализатора 4 г/м^3 реакционного объема. В реакторе AnCVB максимальная скорость еще не достигнута, она находится при значении концентрации катализатора менее 1 г/м^3 реакционного объема. Широкие возможности установки AnCVB позволили исследовать область высоких концентраций катализатора. Показана возможность полного прекращения окисления уксусной кислоты (120 г/м^3 реакционного объема).

По AnCVB осуществлены некоторые реакции окисления и различные реакции синтеза углеводородов по методу Фишера-Тропша и крекинга нефтепродуктов. Технология показала высокие результаты. По предварительно рассчитанным данным эффект от применения реакторного узла технологии AnCVB для любой химической технологии по сравнению с существующей в промышленности может

➤ снизить

- температуру на 10-15%;
- объем реактора в 2-10 раз;
- концентрацию катализатора до 1 г/м^3 реакционного объема;
- или даже исключить применение водяного пара для некоторых технологий;

➤ повысить

- селективность процесса до 15%.

4. Выводы.

Технология AnC в любом из вариантов осуществления перспективна. Она является первооткрывателем применения наночастиц катализатора для осуществления химических превращений.

Активность катализатора определяется стабильностью свойств поверхности наночастиц при их постоянной механохимактивации *in situ* в AnC, что позволяет осуществлять химические превращения с веществами находящимися в любом агрегатном состоянии.

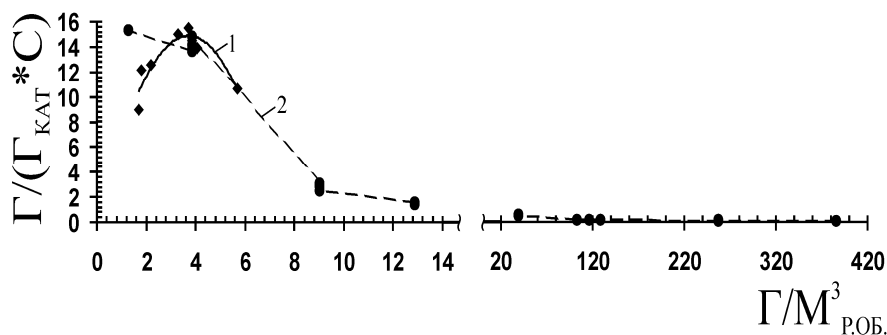


Рис. 3. Зависимость скорости процесса окисления уксусной кислоты от концентрации катализатора Fe_2O_3 в реакционном объеме. 1 – AnCFB (ПОС), 2 – AnCVB при частоте 6 с^{-1} и амплитуде 7 мм [13]

Таблица 3

**Сопоставление основных характеристик катализатора для двух направлений
гетерогенного катализа: традиционный катализ на носителе и аэрозольный нанокатализ**

№	Основные характеристики	Традиционный катализ	Аэрозольный катализ
			<i>AnCFB и AnCVB</i>
1	2	3	4
1	Катализатор	активный компонент + носитель	только активный компонент
2	Активность катализатора	определяется составом, структурой, внутренней диффузией	определяется МХА in situ, равнодоступностью поверхности
3	Внутридиффузионные стадии	снижают скорость реакции ~ в 6-8 раз	отсутствуют
4	Скорость реакции	0,65-0,8 г/(г _{кат} *ч)	3,2*10 ⁶ г/(г _{кат} *ч)
5	Масса оксидных катализаторов	~600-1000 кг/м ³	0,004-0,01 кг/м ³
6	Активная поверхность	дезактивируется во времени	постоянно высокая активность
7	Прочность на сдвливание и истирание	сдвливание: недостаточная истирание: более 3% в сутки	нет ограничений

В дальнейшем не исключена возможность глобального перехода химической и нефтегазовой промышленности на технологию аэрозольного нанокатализа.

Перспектива аэрозольного нанокатализа отражена в таблице 3.

Л и т е р а т у р а

1. Слинько М. Г. / Катализ в промышленности, 2001. - № 1. - 17-23.
2. Островский Н. М. Кинетика дезактивации катализаторов / Н. М. Островский. - М. : Наука, 2001
3. Гликин М. А. / М. А. Гликин, А. Д. Тюльпинов, А. М. Коваливнич, Л. М. Савицкая // Сборник научных трудов конф. - Новосибирск, 1985. - С. 40-50.
4. Боресков Г. К. Гетерогенный катализ / Г. К. Боресков. - М. : Наука, 1986. - 400 с.
5. Глікін М. А. / М. А. Глікін, О. П. Мітронов, Г. В. Черепнова, Л. М. Савицька // Хімічна промисловість України, 1998. - № 2(25). - С. 52-57.
6. Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л. Слабун І.О. и др. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв / О. Я. Лобойко, Л. Л. Товажнянський, І. О. Слабун и др. - Харків : НТУ "ХПІ", 2001. - 512 с.
7. Самойленко В. А. / В. А. Самойленко, Д. А. Кутакова, М. А. Гликин и др. // Тез. докл. конф. Экология химических производств. - Черкассы, 1990. - С.215-221
8. Темкин О. Н. Ацетилен: Химия. Механизмы реакций. Технология / О. Н. Темкин, Г. К. Шестаков, Ю. А. Трегер. - Москва : Химия, 1991. - 416 с.
9. Піх З. Г. Теорія хімічних процесів органічного синтезу / З. Г. Піх. - Львів : Львівська політехніка, 2002. - 396 с.
10. Гликин М. А. Аэрозольный катализ / М. А. Гликин // Теоретические основы химической технологии, 1996. - Т. 30, №4. - С.430-435.
11. Сергеев Г. Б. Нанохимия металлов / Г. Б. Сергеев // Успехи химии, 2001. - Т.70. - С.915-933.
12. Принь Е. М. Аэрозольный катализ и его применение в окислении аммиака и обезвреживании соединений

связанного азота / Е. М. Принь. - Дисс. канд.техн. наук: спец.05.17.01, 2002. - 156 с.

13. Гликина И. М. Основы технологии аэрозольной нанокаталитической переработки органических соединений в виброоживленном слое / И. М. Гликина. - Дисс. канд.техн. наук: спец.05.17.04, 2004. - 162 с.
14. Glikin M. Catalyst aerosol flow reactor for industrial application / M. Glikin, E. Prin, D. Kutakova, Th. Kauffeldt // J. Aerosol Sci., 1998. - T.29, N.1. - P.S923-S924
15. Glikin M. Unsteady processes and aerosol catalysis / M. Glikin, D.Kutakova, E.Prin // Chemical Engineering Science, 1999. - Vol.54. - P. 4337-4342
16. Гликин М. А. Гетерогенный катализ на пористой структуре и в аэрозоле / М. А. Гликин Д. А. Кутакова, Е. М. Принь, И. М. Гликина, А. И. Волга // Катализ и нефтехимия, 2000. - №5-6. - С.92-101.
17. Glikin M. A. A new way to increase catalyst activity / M. A. Glikin, D. A. Kutakova, I. M. Glikina, A.I. Volga // Adsorption science and technology, 2001. - Vol.19, N.2. - P.101-115.
18. Гликина И. М. Аэрозольный нанокатализ. Анализ активных столкновений / И. М. Гликина // Хімічна промисловість України, 2003. - №5. - С.11-13.
19. Alfred P. Weber / Alfred P. Weber, Martin Seipenbusch, and Gerhard Kasper // Chem. Eng. Technol., 2001. - Vol.24 (7). - P.702-705
20. Аввакумов Е. Г. Механические методы активации химических процессов / Е. Г. Аввакумов. - Новосибирск, 1986.
21. Мелихов И. В. / И. В. Мелихов // Журнал Рос. Хим. Общества, 2002. - Т.XLVL. - С.5, 7-14.
22. Martin Seipenbusch / Martin Seipenbusch, Joachim Binnig, Michael Heim, Alfred P. Weber, Gerhard Kasper // Helvetica Chimica Acta, 2001. - Vol.84. - P.3686-3701.

References

1. Slinko M. G. / Kataliz v promishlenosti, 2001. - № 1. - 17-23.
2. Ostrovskiy N. M. Kinetika dezaktivacii katalizatorov / N. M. Ostrovskiy. - M. : Nauka, 2001

3. Glikin M. A. / M. A. Glikin, A. D. Tyulpinov, A. M. Kovalivnich, L. M. Savitskaya // Sbornik nauchnikh trudov konf. – Novosibirsk, 1985. – S. 40–50.
4. Boreskov G. K. Geterogennij kataliz / G. K. Boreskov. – M.: Nauka, 1986. – 400 s.
5. Glikin M. A. / M. A. Glikin, A. P. Mitronov, G. V. Cherepnova, L. M. Savitskaya // Khimichna promislovist Ukrainy, 1998. - № 2(25). – S. 52-57.
6. Loboiko A. Ya. Metodi rozrakhunkiv u tekhnologii neorganichnykh vyrobnitsv / A. Ya. Loboiko, L. L. Tovazhnyanskij, I. A. Slabun i dr. – Kharkiv : NTU “KhPI”, 2001. – 512 s.
7. Samoylenko V.A. / V. A. Samoylenko, D. A. Kutakova, M. A. Glikin i dr. // Tezisi dokladov konf. Ekologiya khimicheskikh proizvodstv. - Cherkassi, 1990. – S.215–221
8. Temkin O. N. Atsitelen: Khimiya. Mekhanizmi reaktsij. Tekhnologiya. / O. N. Temkin, G. K. Shestakov, Yu. A. Treger. – M.: Khimiya, 1991. - 416 s.
9. Pikh Z. G. Teoriya khimichnykh protsesiv organichnogo sintezu / Z. G. Pikh. – Lviv : Lvivska politehnika, 2002. - 396 s.
10. Glikin M. A. Aerosolnij kataliz / M. A. Glikin // Teoreticheskie osnovi khimicheskoy tekhnologii, 1996. – T. 30, №4. – S.430-435.
11. Sergeev G. B. Nanokhimiya metallov / G. B. Sergeev // Uspekhi khimii, 2001. – T.70. – S.915–933.
12. Prin E. M. Aerosolnij kataliz i ego primenenit v okislenii ammiaka i obezvrezhivanii soedinenij svyazannogo azota / E. M. Prin. – Diss. kand.techn. nauk:spets.05.17.01, 2002. – 156 s.
13. Glikina I. M. Osnovi tekhnologii aerosolnoj nanokataliticheskoy pererabotki organicheskikh soedinenij v vibroozhizhennom sloe / I. M. Glikina. – Diss. kand.techn. nauk:spets.05.17.04, 2004. – 162 s.
14. Glikin M. Catalyst aerosol flow reactor for industrial application / M. Glikin, E. Prin, D. Kutakova, Th. Kauffeldt // J. Aerosol Sci., 1998. – T.29, N.1. – P.S923-S924
15. Glikin M. Unsteady processes and aerosol catalysis / M. Glikin, D.Kutakova, E.Prin // Chemical Engineering Science, 1999. – Vol.54. – P. 4337-4342
16. Glikin M. A. Гетерогенный катализ на пористой структуре и в аэрозоле / M. A. Glikin D. A. Kutakova, E. M. Prin, I. M. Glikina, A. I. Volga // Kataliz i neftekhimiya, 2000. - №5-6. – S.92-101.
17. Glikin M. A. A new way to increase catalyst activity / M. A. Glikin, D. A. Kutakova, I. M. Glikina, A.I. Volga // Adsorption science and technology, 2001. – Vol.19, N.2. – P.101-115.
18. Glikina I. M. Aerosolnij nanokataliz. Analiz aktivnykh stolknovenij / I. M. Glikina // Khimichna promislovist Ukrainy, 2003. - №5. – S.11-13.
19. Alfred P. Weber / Alfred P. Weber, Martin Seipenbusch, and Gerhard Kasper // Chem. Eng. Technol., 2001. – Vol.24 (7). – P.702-705
20. Avvakumov E. G. Mekhanicheskie metodi aktivacii khimicheskikh protsessov / E. G. Avvakumov. - Novosibirsk, 1986.
21. Melikhov I. V. / I. V. Melikhov // Zhurnal Rossijskogo Khimicheskogo Obschestva, 2002. – T.XLVL. – S.5, 7-14.
22. Martin Seipenbusch / Martin Seipenbusch, Joachim Binnig, Michael Heim, Alfred P. Weber, Gerhard Kasper // Helvetica Chimica Acta, 2001. – Vol.84. – P.3686-3701

**Глікіна І. М., Глікін М. А., Кудрявцев С. А.
Напрямок розвитку та перспективи аерозольного
нанокаталізу**

В статті розглянутий розвиток вперше запропонованого нового технологічного переоформлення хімічних і нафтохімічних процесів – технологія аерозольного нанокаталізу. Розглянуто шлях від мотивації пошуку до формування рішень на базі досліджень на лабораторних і дослідно-промислових установках. Показані результати, запропоновані пропозиції та припущення до подальших досліджень та застосування процесів в промислових виробництвах.

Ключові слова: каталізатор, гетерогенний каталіз, активність, аерозольний нанокаталіз, псевдозріджений шар, віброзріджений шар.

Glikina I. M., Glikin M. A., Kudryavtsev S. A. The way of development and prospects of aerosol nanocatalysis

The article considers the formation of the first proposed new technological renewal of chemical and petrochemical processes is the technology of aerosol nanocatalysis. Was considered the path from motivation to search for the formation of solutions based on studies in laboratory and pilot plant. Shows the results of the proposal and assumptions regarding future research and application processes in industrial production

Key words: catalyst, heterogeneous catalysis, activity, aerosol nanocatalysis, fluidized bed, vibrating bed.

Глікіна Ірина Маратівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк). irene555@mail.ru

Глікін Марат Аронович – д.т.н., професор, засл. діяч науки і техніки України, зав. кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк). maratglik@rambler.ru

Кудрявцев Сергій Олександрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк).

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 8.01.2015

УДК 66.084.2:661.715

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СИНТЕЗ УГЛЕВОДОРОДОВ В АЭРОЗОЛЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО КАТАЛИЗАТОРА

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

THE EFFECT OF PRESSURE ON THE SYNTHESIS OF HYDROCARBONS IN AEROSOL BICOMPONENT IRONCONTAINING CATALYST

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

Рассмотрено получение углеводородов из синтез-газа по технологии аэрозольного нанокатализа в виброоживленном слое двухкомпонентного железосодержащего катализатора под различным давлением. Представлена методика приготовления двухкомпонентной железосодержащей каталитической системы. Представлены результаты исследований влияния давления на степень превращения в углеводороды.

Ключевые слова: аэрозольный нанокатализ; каталитическая система; железосодержащий катализатор; давление; углеводороды

1. Введение. Синтез Фишера-Тропша (ФТ-синтез) интересует ученых постоянно, начиная с 40-х годов прошлого столетия [1]. Уголь – достаточно распространенный ресурс для Украины. Технологии его переработки с получением синтез-газа (СГ) постоянно совершенствуются. Однако развитие этих технологий получения углеводородов в газовой фазе как в стационарном (СС), так и в псевдооживленном слое катализатора (ПОС) тормозит низкая селективность используемых катализаторов при получении целевых продуктов (например, для бензиновой фракции она составляет порядка 18-36% масс.). Еще одной из причин является отложение на поверхности катализатора высокомолекулярных продуктов (ВП) и свободного углерода [2].

2. Анализ последних исследований и публикаций. ФТ-синтез можно рассматривать как восстановительную олигомеризацию оксида углерода на гетерогенном катализаторе

$$nCO + mH_2 \xrightarrow{\text{кат}} C_xH_yO_z.$$

Конечными продуктами реакции считаются алканы, алкены и кислородсодержащие соединения – спирты, альдегиды, кетоны, кислоты и эфиры. При олигомеризации ожидают сложные смеси продуктов, а не селективного образования индивидуальных веществ.

В зависимости от условий реакции и выбранного катализатора можно варьировать набор продуктов реакции. Среди металлических катализаторов часто встречаются – железо, кобальт, никель и рутений.

На Рис. 1 четко показано, что железный катализатор начинает активно работать при давлении 1-10 МПа и температурном интервале 210-340 °С. Также отмечено, что углеводороды предпочитают получать на никелевом и кобальтоом катализаторе при давлениях 0,1-1 МПа и умеренных температурах (до 200 °С).

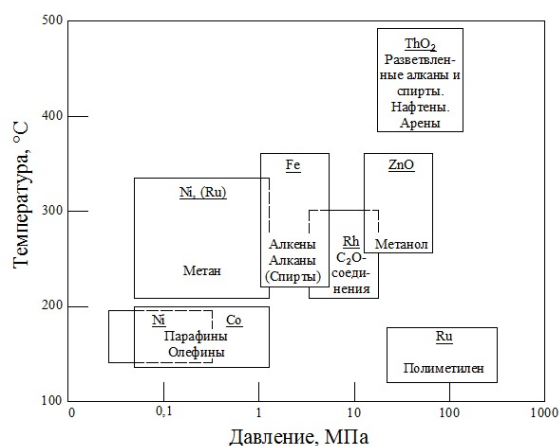


Рис. 1 Катализаторы и условия гетерогенно-каталитической конверсии синтез-газа [3]

Недостатками процесса Фишера-Тропша в газовой фазе в ПОС и СС катализатора являются:

- низкая теплоотдача слоя катализатора;
- сложность поддержки температурного режима в реакционной зоне;
- необходимость организации рецикла газового потока;
- отравление катализатора продуктами синтеза;

- агломерация частиц катализатора, вследствие слипающего воздействия ВП, образующихся в процессе синтеза в ПОС;

- высокая чувствительность катализатора к каталитическим ядам, особенно серосодержащим соединениям.

Исходя из вышеперечисленных недостатков необходимо достаточно точно выбирать технологический режим при реализации процесса в промышленном масштабе. Таким образом, промышленные технологии по переработке СГ еще не обладают достаточной эффективностью. Обзор современного состояния процесса в [2] показывает, что, не смотря на серьезные проблемы ФТ-синтеза, исследования в этом направлении не прекращаются.

В Украине альтернативной технологией получения углеводородов методом Фишера-Тропша является технология аэрозольного нанокатализа (Aerosol nanocatalysis - AnC). Она создана украинскими учеными более 25 лет назад и доказала свою перспективность в различных областях химических превращений. В настоящий момент технология AnC существует в двух вариантах: псевдооживленном (Aerosol nanocatalysis with Fluidized Bed – AnCFB) и виброоживленном слоях (Aerosol nanocatalysis with Vibrating Bed – AnCVB) каталитической системы [4].

Технология AnCVB была впервые применена для ФТ-синтеза при атмосферном давлении в работе [2]. В результате установлены основные параметры протекания ФТ-синтеза в условиях AnCVB, которые не выходят за рамки принципов технологии:

- снижение концентрации катализатора в реакционном объеме до 10 г/м^3 ;
- уменьшение селективности образования легких углеводородов $\text{C}_1\text{--C}_4$ до величины менее 0,1% масс. по углероду.

3. Результаты исследования. В данной статье рассмотрено получение углеводородов методом ФТ в условиях AnCVB при повышенном давлении.

В процессе проведения исследований необходимо выяснить следующее:

- минимизировать образование углеводородов $\text{C}_1\text{--C}_4$;
- увеличить селективность по углеводородам C_{5+} ;
- рассмотреть влияние давления на состав и выход углеводородов;
- усовершенствовать методику приготовления железосодержащего катализатора;
- определить оптимальное давление как параметр управления процессом.

Согласно [5] процесс осуществляют в реакторе с каталитической системой, состоящей из диспергирующего материала (ДМ) и каталитически активного материала во взвешенном слое.

Согласно проведенным исследованиям по технологии AnCVB под атмосферным давлением [2] была создана лабораторная установка получения углеводородов, работающая при повышенном давлении [6].

Источником сырья для данных исследований является синтез-газ (с соотношением компонентов $\text{CO}:\text{H}_2=1:5,5$). Температуру и частоту механохимической активации (МХА) контролировали на уровне 225°C и 9,5 Гц соответственно. Амплитуда МХА на протяжении эксперимента не изменялась и составляла 10 мм.

Известно, что катализатором для данного синтеза является металлическое железо, промотированное калием, а катализатором для большинства реакций в условиях аэрозольного нанокатализа - оксид железа. Таким образом, смесь оксида железа (концентрация Fe_2O_3 10 г/м^3 реакционного объема) и K_2CO_3 (содержание 0,08% масс.) предварительно восстанавливают в токе водорода при 500°C в течение 2 ч до металлического железа.

Исследования проводили при соотношении $\text{CO}:\text{H}_2=1:5,5$ при температуре 225°C и частоте колебаний 9,4 Гц, концентрация катализатора в н.у. 16 г/м^3 . Результаты представлены в таблице 1.

Зависимость скорости реакции, рассчитанной на грамм катализатора представлена на рис. 1 и рис. 2.

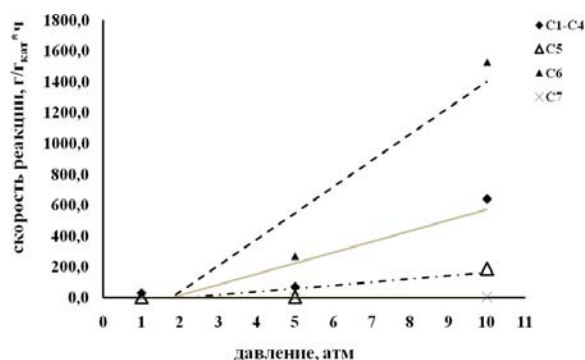


Рис. 1. Влияние давления на скорость превращения в углеводороды $\text{C}_1\text{--C}_7$, рассчитанной на грамм катализатора

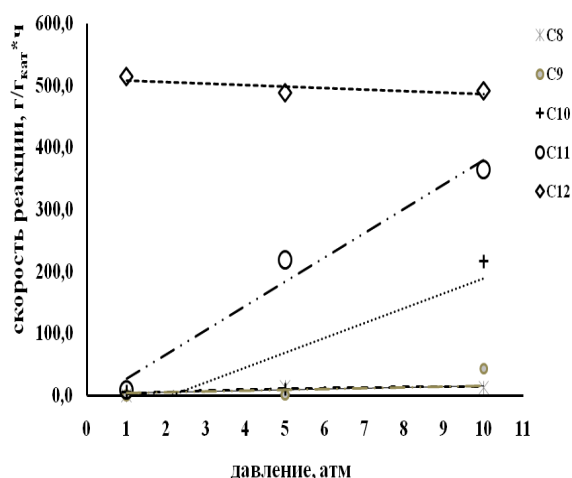


Рис. 2. Влияние давления на скорость превращения в углеводороды $\text{C}_8\text{--C}_{12}$, рассчитанной на грамм катализатора

Т а б л и ц а 1

Результаты исследования влияния давления на процесс получения углеводородов из синтез-газа
(частота колебаний 9,4 Гц; диаметр ДМ 1,1 мм; CO:H₂=1:5,6)

№ пп	G _{СТ}	Р / Скат	время эксп.	X _{ув}	τ	$r, \frac{2}{M_{p.об.}^3 \cdot \tau}$									
						л/ч	атм / Г/М ³ _{р.об.}	ч	%об.	с	C ₁ -C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	11	1 / 28,9	0,08	4,14	1,4	162,81	23,19	107,29	4,87	0,20	3,83	1,57	12,92	16,79	
2			0,25	3,08		101,09	9,45	56,18	0,60	5,09	0,00	58,89	42,01	6,82	
3			0,5	2,72		89,55	7,57	73,79	2,85	4,60	1,81	15,66	39,55	39,78	
4			1	3,07		111,70	12,40	88,35	4,05	2,09	2,29	18,77	43,41	39,81	
5	32	5 / 5,8	0,08	5,68	2,4	222,35	8,08	437,24	3,70	210,06	15,10	74,94	1028,54	3498,10	
6			0,25	1,83		179,58	21,89	1527,43	9,49	1,18	0	0	213,71	470,52	
7			0,5	2,69		454,02	27,96	1664,79	3,54	5,67	0	0	196,02	1545,62	
8			1	6,56		280,06	13,42	681,53	7,24	4,21	0	78,20	2062,68	2293,22	
9	54	10 / 2,9	0,08	8,12	2,8	237,01	118,79	2662,92	35,62	0	502,81	2386,00	5400,43	1207,02	
10			0,25	7,41		3650,05	1230,51	6309,97	0	207,45	101,74	1069,10	107,04	1680,66	
11			0,5	5,57		2608,99	669,54	8506,59	0	0	90,94	0	315,82	3827,19	
12			1	6,65		3773,19	1013,59	6973,79	0	0	0	0	0	1142,23	

G_{СТ} – расход синтез-газа; Р – давление; X_{ув} – степень превращения; τ – время контакта; r – скорость реакции

Согласно данных таблицы 1 зависимость скорости реакции от давления математически можно представить следующим образом:

для углеводородов C₁ – C₄

$$r = 1119,6 \cdot P - 2014,2$$

для углеводородов C₅ – C₇

$$r = 351,65 \cdot P^{1,8}$$

для углеводородов C₈ – C₁₂

$$r = 1936,2 \cdot P - 295,58$$

Распределение по классам углеводородов представлено в таблице 2.

Таблица 2

Выход углеводородов по типу

Время отбора пробы, ч	0,08	0,25	0,5	1
давление 1 атм				
парафины	63,83	33,26	37,51	50,64
изопарафины	6,68	2,51	10,35	7,13
ароматика	7,01	25,06	14,34	16,13
нафтены	0,47	3,20	4,63	1,61
олефины	7,88	8,12	4,04	7,66
давление 5 атм				
парафины	12,12	30,22	33,81	16,37
изопарафины	4,25	3,90	4,31	41,37
ароматика	80,91	7,52	28,92	38,15
нафтены	0,32	0,09	0,04	0,20
олефины	0,36	1,45	2,35	0,48
давление 10 атм				
парафины	11,13	32,24	33,64	35,01
изопарафины	2,22	11,51	6,52	5,87
ароматика	43,41	5,91	16,83	0,71
нафтены	2,89	0,23	0,00	0,00
олефины	0,91	12,42	9,40	11,63

4. Выводы. Процесс получения углеводородов из синтез-газа методом Фишера-Тропша по технологии AnCVB под давлением проведен на железосодержащем катализаторе, промотированным K₂CO₃. Полученные результаты показывают

перспективность данного процесса в условиях технологии AnCVB под давлением, т.к. оно способствует повышению бензиновой фракции C₅-C₆ и снижение газовой C₁-C₄. Продукты ФТ-синтеза отличаются разнообразием. Поэтому получение углеводородов из синтез-газа методом Фишера-Тропша в условиях аэрозольного нанокатализа можно по праву считать альтернативой нефтяным технологиям.

Л и т е р а т у р а

1. Storch H. H., Anderson R. B., Hofer J. E., Hawk C. O., Anderson H. C., Columbic N. Synthetic liquid fuels from hydrogenation of carbon monoxide. Technical paper 709. United States department of the interior. U.S. Gov. Printing Office, Washington, 1948. – P.213.
2. Шершнёв С. А. Получение углеводородов из синтез-газа по технологии аэрозольного нанокатализа. Дисс... канд. техн. наук: 05.17.04. / Шершнёв Сергей Анатольевич – Луганск, 2012. – 129 с..
3. Катализ в C₁-химии. / Под ред. В. Кайма. Пер. с англ. к.т.н. Ю. М. Левина, д.х.н. И. И. Моисеева. Пер. изд. Нидерланды. – Л.:Химия, 1987. – 296.
4. Гликин М. А. Аэрозольный катализ / М. А. Гликин // Теоретические основы химической технологии. – 1996. – Т. 30, № 4. – С. 430-435.
5. Пат. 2081695 (РФ), МКИ В 01 J 8/08, 8/32. Способ осуществления газофазных химических процессов (аэрозольный катализ): Пат. 2081695 (РФ), МКИ В 01 J 8/08, 8/32 / М. А. Гликин (UA), Б. И. Пихтовников (RU), В. С. Новицкий (UA), З. Н. Мемедляев (UA), Д. А. Кутакова (UA), И. Н. Вискс (UA), Е. М. Принь (UA); Патентообладатель – Общество с ограниченной ответствен. «НИТРОХИМ» (RU). - №94011388; Заявл. 01.04.94.
6. Домнин А. О. Применение аэрозоля катализатора синтеза аммиака для процесса получения углеводородов из синтез-газа под давлением / А. О. Домнин, И. М. Гликина, М. А. Гликин, С. А. Шершнёв // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 14(203). – С. 73-76.

References

1. Storch H. H., Anderson R. B., Hofer J. E., Hawk C. O., Anderson H. C., Columbic N. Synthetic liquid fuels from hydrogenation of carbon monoxide. Technical paper 709. United States department of the interior. U.S. Gov. Printing Office, Washington, 1948. – P.213.
2. Shershnev S. A. Poluchenie uglevodorodov iz sintez-gaza po tekhnologii aerolnogo nanokataliza. Diss... kand. tekhn. nauk: spec 05.17.04 / Shershnev Sergey Anatolievich – Lugansk, 2012. – 129 s.
3. Kataliz v C₁-khimii / Pod red. V. Kayma. Per. s angl. k.t.n. Yu. M. Levina, d.kh.n. I. I. Moiseeva. Per. isd. Niderlandi. – L.: Khimiya, 1987. – 296 s.
4. Glikin M. A. Aerolnyi kataliz / M. A. Glikin // Teoreticheskie osnovi khimicheskoy tekhnologii. – 1996. – T.30, №4. – S.430-435
5. Pat. 2081695 (RF), MKI B 01 J 8/08, 8/32 Sposob osuschestvleniya gazofasnykh khimicheskikh protsesov (aerolnyi kataliz): Pat. 2081695 (RF), MKI B 01 J 8/08, 8/32 / M. A. Glikin (UA), B. I. Pikhovnikov (RU), V. S. Novotskiy (UA), Z. N. Memediyev (UA), D. A. Kutakova (UA), I. N. Viks, E. M. Prin (UA); Patentobladatel – Obschestvo s ogranichenoy otvetstven. "NITROKHIM" (RU). – №94011388; Zayavl. 01.04.94
6. Domnin A. O. Primenenie aerolya katalizatora sinteza ammiaka dlya protsesa polucheniya uglevodorodov iz sintez-gaza pod davleniem / A. O. Domnin, I. M. Glikina, M. A. Glikin, S. A. Kudryavtsev // Visnik skhidnoukrainskogo natsionalnogo universitetu imeni Volodymyra Dala. – 2013, №14(203). – S. 73-76.

Домнін А. О., Гликіна І. М., Кудрявцев С. А., Гликін М. А. Влияние давления на синтез углеводородов в аэрозоле двухкомпонентного железосодержащего катализатора

Розглянуто отримання вуглеводнів із синтез-газу за технологією аерозольного нанокаталіза в віброзрізженому шарі двокомпонентного залізомістного катализатора під різним тиском. Наведена методика приготування двокомпонентного залізомістної каталітичної системи. Представлені результати

досліджень впливу тиску на ступінь перетворення в вуглеводні.

Ключові слова: аерозольний нанокаталіз, каталітична система, залізомістний катализатор, тиск, вуглеводні.

Domnin A. O., Glikina I. M., Kudryavtsev S. A., Glikin M. A. The effect of pressure on the synthesis of hydrocarbons in aerosol bicomponent ironcontaining catalyst

The article deals with preparation of hydrocarbons from synthesis gas aerosol nanocatalysis technology in the layer of two-component of vibrating ironcontaining catalyst at varying pressures. It was the technique of preparing a two-component iron-containing catalyst system. The article presents the results of studies of the effect of pressure on the conversion to hydrocarbons.

Key words: aerosol nanocatalysis; the catalytic system; iron-based catalyst; pressure; hydrocarbons

Домнін Олексій Олегович – здобувач кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля

Глікіна Ірина Маратівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, irene555@mail.ru

Кудрявцев Сергій Олександрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля,

Гликін Марат Аронович – заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою технології органічних речовин, палива та полімерів Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, maratglik@rambler.ru

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 9.01.2015

УДК 665.7.032.56:662.763

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СОСТАВ ПРОДУКТОВ КОНВЕРСИИ СОЛЕНОГО УГЛЯ В РАСПЛАВЕ

Зубцов Е. И.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE COMPOSITION OF THE CONVERSION PRODUCTS OF SALT COAL IN MELT

Zubcov E. I.

Представлено исследование кинетики процесса конверсии соленого угля в расплаве натрия хлорида. Показано, что с накоплением концентрации золы соленого угля в расплаве снижается выход синтез-газа с тонны перерабатываемого угля, степень превращения угля и окислителя – воды. При значении концентрации золы в расплаве менее $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ } g_{\text{зола}}/g_p$ преобладающими становятся реакции окислителя с компонентами золы угля и расплавом, а не целевые с образованием синтез-газа. Установлено, что для эффективного ведения процесса конверсии соленого угля необходимо поддерживать минимальную концентрацию золы и непревращенного углерода в расплаве, что достигается циркуляцией расплава в реакторе между зонами конверсии и окисления.

Ключевые слова: соленый уголь, конверсия, синтез-газ, соотношение, зольность, расплав, концентрация

Введение. Для Украины проблема дефицита энергоносителей стоит особенно остро из-за отсутствия значительных запасов нефти и газа. Практически только твердые горючие ископаемые могут рассматриваться в качестве основного источника энергии и химического сырья на долгосрочную перспективу. Однако уменьшение запасов высококачественных видов угля (коксующиеся, антрациты и т.д.) требует поиска эффективных методов и способов получения из некондиционных углей альтернативных энергоносителей и химических продуктов [1]. В их число входят и угли с повышенным содержанием натрия и хлора (содержание оксида натрия в золе $\geq 2 \text{ \% масс.}$ [2]) – так называемые «соленые угли», запасы которых в Украине превышают 10 млрд. т. Прямое использование таких углей в современных условиях затруднительно, так как при их сжигании происходит зашлаковывание поверхностей нагрева, коррозия металлических частей котлов и разрушение теплоизоляционных материалов [3, 4]. В

данной статье рассмотрено кинетическое исследование паровой конверсии соленого угля с получением синтез-газа в расплаве теплоносителя.

Целью работы является создание эффективной технологии переработки соленого угля в синтез-газ. Для решения поставленной цели предлагается организация процесса конверсии в расплаве жидкого высокотемпературного теплоносителя.

Изложение основных материалов. Одним из наиболее перспективных направлений термохимической переработки угля в экологически чистые топлива является его конверсия. Данные по кинетике конверсии соленого угля в научной литературе носят эпизодический характер. В источнике [4] представлены некоторые результаты экспериментального исследования конверсии соленого угля на проточной установке с реактором кипящего слоя диаметром 40 мм и расходом топлива 24–29 г/мин, проведенные в Институте физико-органической химии и углехимии НАН Украины при техническом содействии Института горючих ископаемых (г. Москва). Была осуществлена паровоздушная конверсия соленого угля Новомосковского месторождения Украины (давление 1,1 МПа, температура 1173–1223 К) с получением энергетического газа с соотношением H_2/CO в синтез-газе равным 0,4 и 0,7. Низшая теплота сгорания полученных газов составляет 4,4–4,6 МДж/м³. Вторая серия экспериментов с углями Украины была проведена при атмосферном давлении (база ИХПОС СО РАН, г. Красноярск) с использованием смеси пар/кислород от 2,7 до 30,9, при 933–1068 К в реакторе с псевдоожиженным слоем угля. При этом отношение H_2/CO изменялось от 3,7 до 10,1 [5, 6]. Эти результаты согласуются с данными полученными при конверсии различных углей в расплаве натрия хлорида. Однако в источнике [4] параметры экспериментов описаны не полно, не представлены в достаточной степени

кинетические данные, отсутствует объяснение причин повышенного соотношения H_2/CO . Указывается, что это связано с каталитическим действием щелочных металлов, имеющих в составе углей.

Результаты исследований. Кинетические исследования паровой конверсии соленого угля в синтез-газ проведены на проточной лабораторной установке с одновременной подачей угля и паров воды в расплав теплоносителя. Лабораторная установка [7] включает блок подготовки и подачи сырья, реакционный узел, отвод и сбор продуктов реакции. В качестве теплоносителя для лабораторных исследований выбран натрия хлорид с температурой плавления $1073,8 \pm 0,5$ К. В предварительно разогретую до рабочей температуры (1100–1373 К) реакционную зону уголь вносился инертным газом (азот) в расплав натрия хлорида на определенную глубину в кварцевой трубке вместе с водой, которая подавалась через испаритель.

В работе проведены исследования кинетики конверсии соленого угля Новомосковского месторождения (западный Донбасс) фракцией менее 0,3 мм, следующего состава в % масс.: влажность – 7,3; летучие вещества – 28,7; зольность – 15,4; состав горючей массы: С – 77,6; Н – 4,7; N – 5,6; О – 6,5; S – 5,6; содержание Na_2O в золе – 15,0. Результаты исследований по влиянию соотношения реагентов на процесс паровой конверсии соленого угля в расплаве представлены в табл. 1 и на рис. 1.

При обработке экспериментов расчеты выполнялись с учетом сырья и продуктов реакции. Учитывался также и углерод летучих компонентов угля. Первые два опыта проведены при недостатке воды. Опыты 3 и 4 – при стехиометрическом соотношении реагентов, а опыты 5–8 при существенном избытке воды. Через 1 минуту прохождения процесса конверсии соленого угля концентрация золы вносимой с сырьем в расплаве равняется $2,45 \cdot 10^{-4}$ г_{зола}/г_р (табл. 1, строки 1, 3, 5, 7), через 10 минут ее значения составляет $2,45 \cdot 10^{-3}$ г_{зола}/г_р (табл. 1, строки 2, 4, 6, 8). Анализ экспериментальных данных показывает, что в

пробах, отобранных в первую минуту при мольном соотношении $H_2O/C = 0,33$ (табл. 1, строки 1, 2), отношение H_2/CO и $\Sigma H/\Sigma CO_x$ соответственно равно 2,96 и 2,55. В пробах, отобранных через 10 минут значения соотношений возросли в ~ 5 раз. При этом степень конверсии угля снизилась с 20,95 до 7,5 для 10-ти минутной пробы (рис. 1).

В опытах 1 и 2 отмечено, что через 10 минут прохождения процесса конверсии содержание водорода в продуктах реакции увеличивается, а концентрации остальных компонентов (оксиды углерода) снижается. При этом соотношение H_2/CO и $\Sigma H/\Sigma CO_x$ не больше 3 (для 1-ой минуты отбора проб), что подтверждает эффективность проточного режима. При конверсии углеродного остатка того же образца соленого угля эти отношения были от 3,5 до 8,0 для H_2/CO , и 2,1–2,3 для $\Sigma H/\Sigma CO_x$ [7].

Опыты 3 и 4 проведены в условиях стехиометрического отношения реагентов (табл. 1). При отборе проб в первую минуту отношение H_2/CO равно 1,71, а $\Sigma H/\Sigma CO_x$ – 1,1. В этих условиях получены максимально приближенные к стехиометрии значения соотношений H_2/CO и $\Sigma H/\Sigma CO_x$ в синтез-газе для конверсии угля водой. Через 10 минут прохождения процесса конверсии соотношения H_2/CO и $\Sigma H/\Sigma CO_x$ составляют 5,79 и 6,91. В начальный момент прохождения процесса конверсии степень превращения угля составила 83,13% (рис. 1) при глубине точки ввода сырья 25 мм и времени контакта 0,27 с, через 10 минут степень превращения снижается до 30 %.

Опыты 5–8 проводятся со смесями, содержащими количество воды, превышающее стехиометрическое (табл. 1). Полученные соотношения H_2/CO и $\Sigma H/\Sigma CO_x$ в начальный момент отбора проб несколько выше чем при стехиометрическом отношении реагентов и составляют 5-6 и 1,5-2,5 соответственно. Отмечено, что при данных соотношениях реагентов степень превращения угля увеличивается до 91,0% и достигает 95% (рис. 1).

Таблица 1

Проточная по реагентам конверсия соленого угля в расплаве NaCl с изменением соотношения реагентов (температура 1303 К, расход угля 4,2 г/ч, азота 20 л/ч, глубина погружения 25 мм)

№	Расход воды	Время		$\frac{H_2O}{C}$	Состав синтез-газа						Выход синтез- газа
		кон- такта	от- бора		H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂ /CO	$\frac{(H_2+2CH_4)}{(CO+2CO_2)}$	
	г/ч	с	мин	мол.	об. %				по объему		М _{с.г./T_г}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,9	0,32	1	0,33	61,0	20,6	12,1	6,4	2,96	2,55	1000,0
2			10		84,3	8,0	7,7	0,0	10,54	12,46	850,0
3	2,7	0,27	1	1,00	47,3	27,7	9,6	15,4	1,71	1,14	2944,4
4			10		78,8	13,6	7,6	0,0	5,79	6,91	2650,0
5	6,6	0,26	1	2,44	62,7	12,9	5,8	18,6	4,86	1,48	4555,6
6			10		87,5	8,3	4,1	0,0	10,54	11,53	4327,8
7	8,4	0,24	1	3,11	70,2	11,7	6,9	11,3	6,00	2,45	5944,4
8			10		91,2	5,3	3,5	0,0	17,21	18,53	5825,5

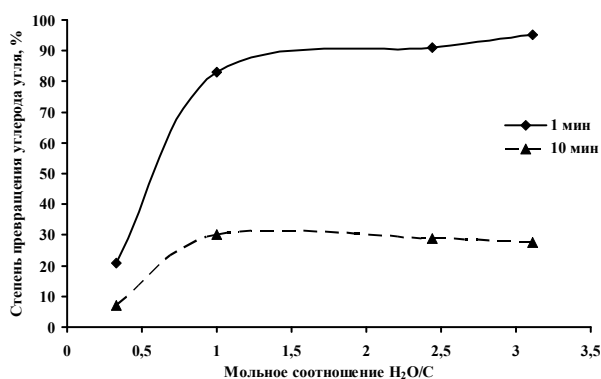


Рис. 1. Степень превращения углерода соленого угля при изменении соотношения H_2O/C

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при взаимодействии соленого угля с водой при достижении концентрации золы в расплаве выше $2,45 \cdot 10^{-4}$ г_{зола}/г_р независимо от соотношения H_2O/C параллельно с целевыми реакциями

конверсии начинаются побочные с компонентами золы угля и расплавом [8].

Результаты кинетического исследования процесса конверсии соленого угля водой в расплаве натрия хлорида при мольном отношении $H_2O/C = 1$ представлены в табл. 2.

Анализ экспериментальных данных, показывает, что при продолжительном ведении процесса паровой конверсии угля, с накоплением его непревращенного остатка и компонентов золы в расплаве, наблюдается ухудшение показателей процесса конверсии.

Увеличение концентрации золы соленого угля в расплаве с $9,5 \cdot 10^{-4}$ до $1,6 \cdot 10^{-2}$ г_{зола}/г_р (табл. 2) ухудшает следующие показатели процесса: выход синтез-газа с тонны перерабатываемого угля снижается в 1,4 раза, степень превращения угля в 4 раза (рис. 2), воды по кислороду в 6 раз. При значении концентрации золы в расплаве менее $2,4 \cdot 10^{-3}$ г_{зола}/г_р преобладающими становятся реакции окислителя с компонентами золы угля и расплавом, а не целевые с образованием синтез-газа.

Таблица 2

Исследование кинетики процесса конверсии соленого угля конверсия соленого угля в расплаве
(температура 1300 К, расход угля 9,8 г/ч, азота 20 л/ч, время контакта 0,27 с, глубина погружения 30 мм)

№	Время отбора	Концентрация в расплаве		Состав синтез-газа,						Выход синтез-газа м ³ _{с.г.} /т _у
		углерода г _C /г _P	золы г _{золи} /г _P	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	H ₂ CO	H ₂ +2CH ₄ CO+2CO ₂	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	100	0,0004	9,5·10 ⁻⁴	47,1	26,9	9,4	16,6	1,8	1,10	2772,7
2	250	0,0023	2,4·10 ⁻³	62,5	20,3	7,1	10,1	3,1	1,89	2681,8
3	420	0,0053	4,0·10 ⁻³	69,9	17,8	6,6	5,7	3,9	2,85	2386,4
4	600	0,0087	5,7·10 ⁻³	75,9	15,9	6,5	1,7	4,8	4,61	2227,3
5	800	0,0123	7,6·10 ⁻³	78,1	15,4	6,5	0,0	5,1	5,92	2113,6
6	1020	0,0160	9,7·10 ⁻³	79,0	14,7	6,3	0,0	5,4	6,23	2045,5
7	1230	0,0197	1,2·10 ⁻²	79,9	13,9	6,2	0,0	5,8	6,64	1977,3
8	1470	0,0239	1,4·10 ⁻²	80,7	13,3	6,0	0,0	6,1	6,97	1954,5
9	1730	0,0286	1,6·10 ⁻²	81,8	12,5	5,7	0,0	6,5	7,46	1943,2

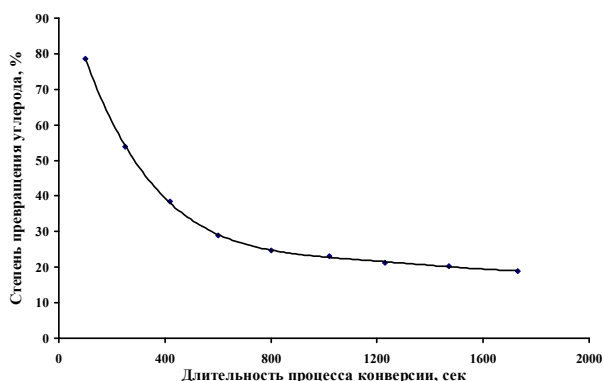


Рис. 2. Степень превращения углерода соленого угля в ходе процесса конверсии

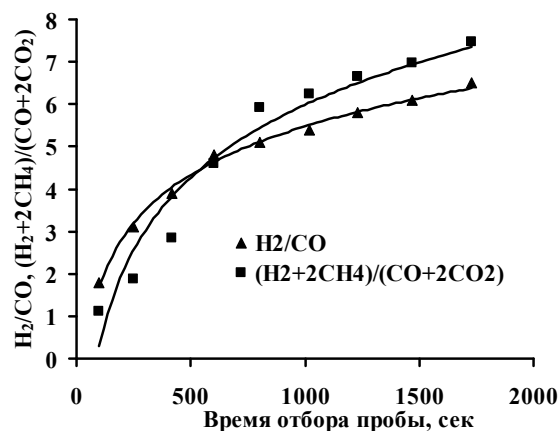


Рис. 3. Изменение соотношений H_2/CO и $(H_2+2CH_4)/(CO+2CO_2)$ в продуктах конверсии соленого угля в ходе процесса

В результате математической обработки экспериментальных данных представленных в табл. 1, 2 и на рис. 2 получено уравнение, которое описывает процесс конверсии соленого угля в зависимости от концентрации непревращенного углерода и золы в расплаве:

$$X_C = k \cdot (1 - X_{H_2O}) \cdot C_{H_2O,0}^m$$

где $k = 3,8 \cdot 10^3$ при концентрации углерода в расплаве менее $0,0023 \text{ г}_C/\text{г}_P$ и золы соленого угля $< 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ г}_{\text{зола}}/\text{г}_P$;

$k = 260$ при концентрации углерода в расплаве более $0,0023 \text{ г}_C/\text{г}_P$ и золы соленого угля $> 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ г}_{\text{зола}}/\text{г}_P$.

Зависимости, представленные на рис. 3 показывают, что с ходом процесса эксперимента соотношения H_2/CO и $(H_2+2CH_4)/(CO+2CO_2)$ в газовых продуктах конверсии соленого угля только при времени отбора пробы менее 1 мин близки стехиометрическому значению 1. Это связано, как уже указывалось выше, с накоплением непревращенного остатка угля и компонентов его золы в расплаве.

Необходимо отметить, что не достигнуто стабильное соотношение H_2/CO и $(H_2+2CH_4)/(CO+2CO_2)$ с увеличением времени отбора пробы. Отмечен лишь менее резкий их рост со временем прохождения эксперимента более 10 мин.

Выводы:

– полученные экспериментальные данные конверсии соленого угля в расплаве натрия хлорида согласуются с данными полученными ранее в Институте физико-органической химии и углехимии НАН Украины в реакторе с псевдоожиженным слоем угля;

– для эффективной реализации процесса конверсии соленого угля в области высоких значений степени превращения сырья необходимо поддерживать определенную чистоту расплава (менее $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ г}_{\text{зола}}/\text{г}_P$), что обеспечивается необходимой циркуляцией расплава между зоной конверсии и окисления реактора, и быстрым отводом шлака.

Литература

1. Братичак М. М. Хімія та технологія переробки вугілля / М. М. Братичак, С. В. Пиш'єв, М. І. Рудкевич. – Львів: Бескид Біт, 2006. – 272 с. – ISBN 966-8450-14-0.
2. Пожидаев С. Д. Методические разработки по изучению соленых углей Западного Донбасса / С. Д. Пожидаев, Р. А. Грицай. – Киев: Наукова думка. – 1981. – 56 с.
3. Поведение минеральной части твердых топлив при их сжигании в топках современных котлов / И. Я. Залкин, Э. П. Дик, В. С. Вдовенко [и др.] // Теплоэнергетика. – 1971. – № 7. – С. 47 – 52.
4. Шендрик Т. Г. Солёные угли / Т. Г. Шендрик, В. И. Саранчук. – Донецк: Східний видавничий дім, 2003. – 296 с.

5. Газификация соленых углей Донбасса / Ю. М. Ефремов, Л. П. Хоменкова, О. С. Фоменко, И. И. Черненко // Переработка углей для получения синтетических топлив. – М.: ИОТТ. – 1986. – С. 142 – 146.
6. Перспективы освоения соленых углей Украины / [В. С. Белецкий, С. Д. Пожидаев, А. Кхелуфи и др.]. – Д.: ДТУ, 1998. – 96 с.
7. Газификация соленых углей в расплаве. Кинетика и технология / М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, И. М. Гликina, В. Ю. Тарасов // Хімічна промисловість України. – 2008. – № 3. – С. 24 – 32.
8. Газификация соленых углей. Термодинамический анализ / М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, И. М. Гликina, [та ін.] // Хімічна промисловість України. – 2008. – № 1. – С. 12–22.

References

1. Bratichak M. M. Himija ta tehnologija pererobki vugillja / M. M. Bratichak, S. V. Pish'ev, M. I. Rudkevich. – L'viv: Beskid Bit, 2006. – 272 s. – ISBN 966-8450-14-0.
2. Pozhidaev S. D. Metodicheskie razrabotki po izucheniju solenih uglej Zapadnogo Donbassa / S. D. Pozhidaev, R. A. Gricaj. – Kiev: Naukova dumka. – 1981. – 56 s.
3. Povedenie mineral'noj chasti tverdyh topliv pri ih szhiganii v topkah sovremennyh kotlov / I. Ja. Zalkin, Je. P. Dik, V. S. Vdovenko [i dr.] // Teplojenergetika. – 1971. – № 7. – С. 47 – 52.
4. Shendrik T. G. Solenye ugli / T. G. Shendrik, V. I. Saranchuk. – Doneck: Shidnij vidavnicij dim, 2003. – 296 s.
5. Gazifikacija solenih uglej Donbassa / Ju. M. Efremov, L. P. Homenkova, O. S. Fomenko, I. I. Chernenkov // Pererabotka uglej dlja poluchenija sinteticheskikh topliv. – M.: IOITT. – 1986. – С. 142 – 146.
6. Perspektivy osvoenija solenih uglej Ukrainy / [V. S. Beleckij, S. D. Pozhidaev, A. Khelufi i dr.]. – D.: DTU, 1998. – 96 s.
7. Gazifikacija solenih uglej v rasplave. Kinetika i tehnologija / M. A. Glikin, E. I. Zubcov, I. M. Glikina, V. Ju. Tarasov // Himichna promislovist' Ukraïni. – 2008. – № 3. – С. 24 – 32.
8. Gazifikacija solenih uglej. Termodinamicheskij analiz / M. A. Glikin, E. I. Zubcov, I. M. Glikina, [ta in.] // Himichna promislovist' Ukraïni. – 2008. – № 1. – С. 12–22.

Зубцов Є. І. Вплив технологічних параметрів на склад продуктів конверсії соленого вугілля в розплаві

Представлено дослідження кінетики процесу конверсії соленого вугілля в розплаві натрію хлориду. Показано, що з накопиченням концентрації золи соленого вугілля в розплаві знижується вихід синтез-газу з тонни вугілля, що переробляється, ступінь перетворення вугілля і окисника - води. При значенні концентрації золи в розплаві менш $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ г}_{\text{зола}}/\text{г}_P$ переважаючими стають реакції окисника з компонентами золи вугілля і розплавом, а не цілові з утворенням синтез-газу. Встановлено, що для ефективного ведення процесу конверсії соленого вугілля необхідно підтримувати мінімальну концентрацію золи і неперетвореного вуглецю в розплаві, що досягається циркуляцією розплаву в реакторі між зонами конверсії та окиснення.

Ключевые слова: солоне вугілля, конверсія, синтез-газ, співвідношення, зольність, розплав, концентрація

Zubcov E. I. The influence of technological parameters on the composition of the conversion products of salt coal in melt

Studies of the kinetics coal conversion in the molten salt, sodium chloride are presented. It was shown that the accumulation of salt coal ash concentration in the melt is reduced yield of syngas per ton of coal processed, conversion of coal and oxidant - water. At concentrations less ash in melt $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ g}_{\text{ash}}/\text{g}_{\text{melt}}$ become predominant oxidizer reaction with the components and melt the ash coal and not the target to produce a syngas. It was found that for the effective conduct the process of salt coal conversion it should be maintained minimum concentration of ash and unconverted carbon in the melt, which is achieved by the circulation of the melt in the reactor between the zones of oxidation and conversion.

Key words: Salt coal, conversion, syngas, ratio, ash, content, melt

Зубцов Євген Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 93400, Луганська обл., м.Сєвєродонецьк, вул. Донецька, 41, лабораторний корпус, mining_07@mail.ru

Рецензент: **Глікін М.А.** – д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України.

Стаття подана 31.01.2015

УДК 665.64.097.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМИ ОБМОТОК СТРУМІВ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ З ДИСКРЕТНОЮ УСТАНОВКОЮ СТРУМУ

Калініна Г.В.

RESEARCH FORM OF CURRENTS HIGH-FREQUENCY TRANSFORMER WINDING CHARGER WITH DISCRETE INSTALLING CURRENT

Kalinina H.V.

Дуже швидкий розвиток електроніки, вдосконалення її елементної бази призвели до появи спеціалізованих мікросхем зарядних пристроїв, здатні автоматично забезпечити заряд акумуляторної батареї за заданим алгоритмом і призначені для заряду акумуляторів будь-якого типу. Зарядні пристрої швидко вдосконалюються, стрімко дешевшають, з'являються нові функції, наприклад, деякі типи мікросхем крім заряду забезпечують вимірювання ємності акумулятора або акумуляторної батареї і ступеня її розряду. Дається опис зарядного пристрою з дискретною установкою струму. Запропоновано схему заміщення трансформатора в складі зарядного пристрою. Наведено рівняння, що описують форму струмів трансформатора.

Ключові слова: зарядний пристрій, струм, трансформатор, коротке замикання, напруга.

1. Вступ. Акумулятори мають велике значення у сучасному житті. Швидкий розвиток електроніки робить все більшу кількість побутової техніки портативною, з'являються нові пристрої, зростає потреба в компактних переносних пристроях. Поширення акумуляторів в побуті розповсюджене, без них не було б мобільних телефонів і портативних комп'ютерів. Вимоги до енергоємності акумуляторів все зростають. Розробляються нові й удосконалюються існуючі акумулятори та акумуляторні батареї. З моменту винаходу першого акумулятора пройшло більше 140 років, за цей час було винайдено більше десятка електрохімічних принципів роботи акумуляторів. За цей час акумуляторні батареї багато разів збільшили свою ємність, термін служби і безпеку. Виробництво акумуляторів стало наносити меншої шкоди навколишньому середовищу, в наші дні держави обмежують виробництво сильнотоксичних акумуляторів, замінюючи їх менш шкідливими.

2. Аналіз публікацій за темою досліджень

Результати моделювання. У режимі холостого ходу вхідний струм зарядного пристрою дорівнює нулю.

Такий режим існує, коли напруга джерела V2 одно амплітудному значенню напруги U_{2a} (Або $U_{5,4}$) вторинної обмотки трансформатора при відключенні її від вхідних затисків випрямляча. Якщо знехтувати впливом активних опорів резисторів R1 і R2, то амплітуда напруги U_{2a} визначається амплітудою напруги U_{1a} (300 В) джерела V1 і ставленням взаємної індуктивності M до індуктивності первинної обмотки L1:

$$U_{2a} = \frac{M}{L_1} U_{1a} = \frac{21.3}{58.4} 300 = 109.4 \text{ В} \quad (1)$$

Аналіз форми обмоток струмів високочастотного трансформатора. Форма струму i_l первинної обмотки - пиловидна, зі округленими вершинами. Для визначення математичних виразів, що характеризують цю форму, цілком припустимо нехтувати впливом активних опорів резисторів R1 і R2. Тоді на основній частині висхідного ділянки пили, що має протяжність $T/2 - T_{fr}$, похідна струму i_l позитивна і дорівнює U_{1a}/L_1 .

В області вершини пили похідна струму визначається формулою (2):

$$\frac{di_l}{dt} = \frac{U_{1a}(T - 4t)}{2T_{fr} L_1} \quad (2)$$

де час t вимірюється за момент переходу струму i_l через нульове значення. Шляхом інтегрування виразу (U_{1a}/L_1) , котре визначає похідну струму i_l на першій ділянці $(0 \leq t \leq T/4 - T_{fr}/2)$, і формула (2) на другій ділянці $(T/4 - T_{fr}/2 \leq t \leq T/4)$ знайдена формула для розрахунку амплітуди струму первинної обмотки трансформатора в режимі холостого ходу:

$$I_{1max} = \frac{U_{1a}(T - T_{fr})}{4L_1} \quad (3)$$

При підстановці відповідних значень вхідних в (3) величин знайдена амплітуда струму первинної обмотки: $I_{1\max} = 97,6$ А. За отриманою при моделюванні режиму холостого ходу осцилограмами струму первинної обмотки знайдений практично в той же результат: $I_{1\max} = 97,4$ А (див. таблицю 1).

Чинне значення струму I_1 дорівнює 64 А. Чисельні значення зазначених величин занесені в таблицю.

На підставі отриманих для першого і другого ділянок виразів, що описують форму струму

первинної обмотки трансформатора, було знайдено вираз для діючого значення цього струму:

$$I_1 = \frac{U_1 \sqrt{5T^3 - 20TT_{fr}^2 + 16T_{fr}^3}}{4\sqrt{15T}L_1} \approx \frac{U_1 T}{4\sqrt{3}L_1} \quad (4)$$

На рис. 2 показані осцилограми, отримані при моделюванні пристрої для безконтактної передачі електроенергії при вихідному на пряженого випрямляча, рівному 50 В.

Таблиця 1

Результати моделювання

U_{out}, B	I_{out}, A	U_{2a}, B	I_{2a}, A	I_2, A	I_{Ia}, A	I_I, A
0	109,5	0	0	0	97,6	59,2
0,97	109,2	1,36	1,06	1,06	97,3	59,3
13,9	101,7	26,4	16,0	16,0	104,9	62,6
53,1	76,8	100,3	60,9	60,9	132,9	77,1
80,9	51,8	153,5	93,1	93,1	152,9	90,5
98,0	26,8	186,5	113,0	113,0	165,4	99,6
104,5	1,82	199,2	121,6	121,6	170,1	103,1

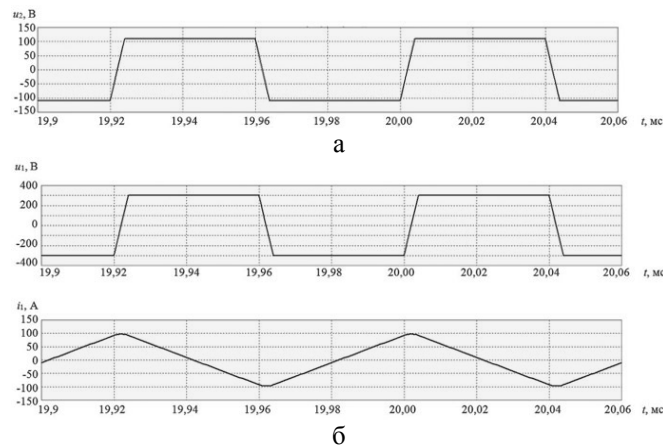


Рис.1. Осцилограми, відповідні режиму холостого ходу:
а – напруги вторинної обмотки, б – напруги і струму джерела V1

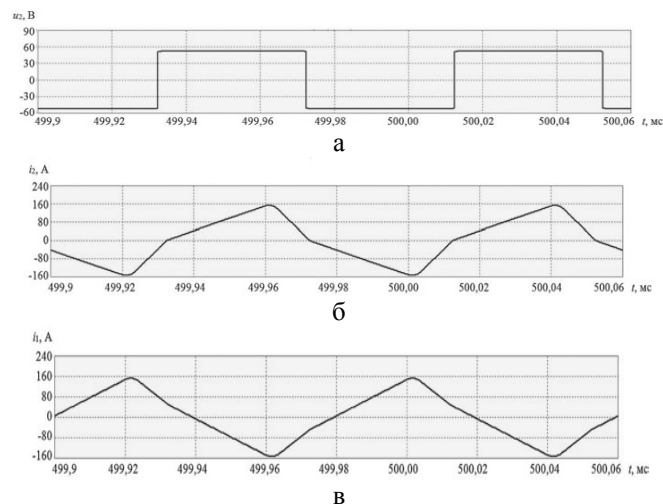


Рис. 2. Осцилограми при вихідній напрузі випрямляча, що дорівнює 50 В:
а – напруги вторинної обмотки, б – струму вторинної обмотки, в – струм первинної обмотки

Амплітуда напруги вторинної обмотки становить 51,8 В. Вона перевершує вихідне напруга на 1,8 В, що рівне падінню напруги в двох діодах (рис. 2, а). Амплітуди струму вторинної обмотки становить 153,5 А, а діюче значення цього струму дорівнює 93,1 А.

Струм, що проходить через джерело напруги V2 (струм навантаження), являє собою випрямлений струм вторинної обмотки. Амплітуда струму первинної обмотки дорівнює 152,9 А, а діюче значення цього струму становить 90,5 А.

Аналогічний набір значених величин був знайдений при інших напругах на виході випрямляча: 100 В, 75 В, 25 В і 0. Останнє значення відповідає коротко замиканню вихідних затисків випрямляча (для забезпечення можливості моделювання режиму короткого замикання замість нульового напруги джерела знехтуємо малу напругу - 1 мВ). Всі отримані при моделюванні данні є наведені в таблиці. У ній використані наступні позначення:

U_{out} і I_{out} - середні значення напруги і струму на виході випрямляча;

U_{2a} - амплітуда напруги на вторинній обмотці трансформатора;

I_{2a} і I_{1a} - амплітуди струмів вторинної та первинної обмоток;

I_2 і I_1 - діючі значення струмів вторинної та первинної обмоток.

Слід зазначити, що зі збільшенням струму навантаження форма струму вторинної обмотки наближається до трикутної, та такої ж самої, як і струм первинної обмотки (рис. 1, б і 2, а). Цей висновок підтверджує рис. 3. Схеми, наведені на рис. 2, б і 3, показують, що в режимі короткого замикання струм первинної обмотки визначається індуктивністю (присвоєної позначення L_{lk}), яка відрізняється від індуктивності L_1 :

$$L_{lk} = L_1 M + \frac{(L_2 - M)M}{L_2} = L_1 - \frac{M^2}{L_2} \quad (5)$$

Видно, що L_{lk} менше L_1 . Отже, струм первинної обмотки в режимі короткого замикання більше, ніж в режимі холостого ходу. Для розглянутого прикладу індуктивності $L_{lk} = 33,47$ мкГн, що в 1,745 менше індуктивності L_1 . При заміні L_1 на L_{lk} у виразі (3) отримуємо, що розрахункова амплітуда струму первинної обмотки дорівнює 170,3 А.

У таблиці наведено кілька інше значення - 170,1 А, що всього на 0,12% менше. Аналогічна картина спостерігається при порівнянні розрахункового значення чинного значення струму первинної обмотки в режимі короткого замикання (103,5 А) з наведеним в таблиці (103,1 А). Із застосуванням топологічного методу аналізу схеми заміщення розглянутого пристрою отримано, що для розрахунку значень струму вторинної обмотки в

режимі короткого замикання необхідно в виразах (3) і (4) замінити індуктивність L_1 на еквівалентний індуктивності:

$$L_k = \frac{L_1 L_2 - M^2}{M} \quad (6)$$

Вираз (6) показує, що діючі значення струму первинної обмотки в режимах холостого ходу і короткого замикання, а також струму вторинної обмотки в режимі короткого замикання пропорційних періоду змінної напруги джерела або обернено пропорційні його частоті. Аналогічний висновок справедливий і для струму навантаження в режимі короткого замикання. Осцилограми на рис. 5 показують, що форма струмів обмоток трансформатора в проміжних режимах (між холостими ходами і коротким замиканням)

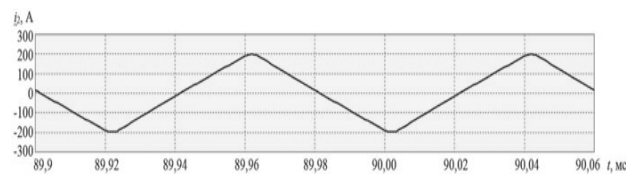


Рис. 3. Струм вторинної обмотки трансформатора при короткому замиканні вихідних затисків трансформатора

3.Результати досліджень. За результатами розрахунку, виконаного для розглядає його прикладу за формулою, на рис. 3 побудовані зовнішня характеристика пристрої (крива 1), а також знайдені при моделюванні за допомогою програми Micro-Cap залежності діючих значень струмів обмоток від середнього значення струму навантаження (криві 2, 3).

Графіки на рис. 3 побудовані у відносних одиницях. В якості базисної величини напруги прийнята амплітуда напруги автономного інвертора при його холостому ході. А в якості базисної величини струму прийнято середнє значення вихідного струму пристрою при короткому замиканні на вихідних затискачах випрямляча.

Точки зовнішньої характеристики, відповідні парам наведених у таблиці значень ний U_{out} і I_{out} , після перерахунку їх у відносні одиниці, розташовуються практично на самій теоретичній кривій зовнішньої характеристики (крива 1). Виняток становить тільки одна точка, відповідна ідеальному холостому ходу пристрої ($I_{out} = 0$). Причина такої розбіжності полягає в тому, що при розрахунку за формулою (6) приймається, що падіння напруги у вентилі не залежить від струму вентиля в провідному напрямку. Тому розрахункове значення вихідного напруги випрямляча при холостому ході практично однакове з напругою при струмі

$I_{out} = 0$, 97 А. Насправді ж в околиці струму, що проходить через вентиль у прямому напрямку, падіння напруги в вентилі швидко знижується до

нуля при падінні цього струму до нульового значення.

4. Висновки. Графіки, показані на рис. 3, формули (1), (3) і (4) і зазначені зауваження про вплив частоти на напругу і струму зовнішньої характеристики, а також зауваження про співвідношення між параметрами струму вторинної обмотки допомагають вибрати параметри пристрою і оцінити шляхи і можливості його подальшого удосконалення.

Л и т е р а т у р а

1. Илларионов Г.Ю., Сиденко К.С., Боcharов Л.Ю. Угроза из глубины: XXI век. Хабаровск: КГУП «Хабаровская краевая типография», 2011. 304 с.
2. Устройство для зарядки аккумуляторной батареи подводного объекта: Пат. 2401496 Российская Федерация. № 2009124351/09; заявл.25.06.2009; опубл. 10.10.2010, Бюл.№ 28.
3. Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Филоженко А.Ю., Чупина К.В. Бесконтактная передача электроэнергии на морской подвижный объект // Матер. науч.-техн. конф. «Технические проблемы освоения мирового океана». Владивосток: Дальнаука, 2007.С. 141–146.
4. Герасимова Г.Н., Кувшинов Г.Е., Наумов Л.А., Усольцев В.К.Топологические методы анализа в электротехнике и автоматике: учебное пособие для вузов. Владивосток:Дальнаука, 2001. 232 с.
5. Калабеков Б.А., Мамзевлев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы: Учебник для техникумов связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 400 с.
6. Молчанов В.А. Прикладная электроника – М.: Радио, 2009. – 67с.

R e f e r e n c e s

1. Illarionov G.YU., Sidenko K.S., Bocharov L.YU. Ugroza iz glubiny: XXI vek. Khabarovsk: KGUP «Khabarovskaya kraevaya tipografiya», 2011. 304 s.
2. Ustroystvo dlya zaryadki akkumulyatornoy batarei podvodnogo ob'yekta: Pat. 2401496 Rossiyskaya Federatsiya. № 2009124351/09; zayavl.25.06.2009; opubl. 10.10.2010, Byul.№ 28.
3. Kuvshinov G.Ye., Naumov L.A., Filozhenko A.YU., Chupina K.V. Beskontaktnaya peredacha elektroenergiina morskoy podvizhnyy ob'yekt // Mater. nauch.-tekhn. konf. «Tekhnicheskiye problemy osvoyoeniya mirovogo okeana». Vladivostok: Dal'nauka, 2007.S. 141-146.
4. Gerasimova G.N., Kuvshinov G.Ye., Naumov L.A., Usol'tsev V.K.Topologicheskkiye metody analiza v elektrotekhnike i avtomatike: uchebnoye posobiye dlya vuzov. Vladivostok: Dal'nauka, 2001. 232 s.

5. Kalabekov B.A., Mamzelev I.A. Tsifrovyye ustroystva i mikroprotssornyye sistemy: Uchebnik dlya tekhnikumov svyazi. - M.: Radio i svyaz', 1987. - 400 s.
6. Molchanov V.A. Prikladnaya elektronika - M.: Radio, 2009. - 67 °.

Калинина А.В. Исследование формы обмоток токов высокочастотного трансформатора зарядного устройства дискретной установкой тока

Очень быстрое развитие электроники, совершенствование ее элементной базы привели к появлению специализированных микросхем зарядных устройств, способных автоматически обеспечить заряд аккумуляторной батареи по заданному алгоритму и предназначены для заряда аккумуляторов любого типа. Зарядные устройства быстро совершенствуются, стремительно дешевеют, появляются новые функции, например, некоторые типы микросхем кроме заряда обеспечивают измерение емкости аккумулятора или аккумуляторной батареи и степени ее разряда. Дается описание зарядного устройства с дискретной установкой тока. Предложена схема замещения трансформатора в составе зарядного устройства. Приведены уравнения, описывающие форму токов трансформатора

Ключевые слова: зарядное устройство, ток, трансформатор, короткое замыкание, напряжение

Kalinina H.V. Research form of currents high-frequency transformer winding charger with discrete installing current

Very fast development of electronics, improving its components led to specialized chips chargers can automatically provide the battery pack for a given algorithm and are designed to charge batteries of any type. Chargers rapidly improved rapidly becoming cheaper, new features, such as some types of circuits other than the charge provided measuring battery capacity or battery and its degree of discharge. A description of the charger with dedicated power plant. An equivalent circuit transformer composed charger. The equations that describe the shape of current transformer.

Key words: Device charger, current transformer, short circuit, voltage

Калініна Ганна Володимирівна – магістрант кафедри Електронних апаратів, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м.Сєверодонецьк). ni4ka.sed@mail.ru

Рецензент: Смолій В.М. – д.т.н., професор.

Стаття подана 9.01.2015

УДК 546.882, 66.084

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ И АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ПРОЦЕСС РЕГЕНЕРАЦИИ РУТЕНИЕВО-ПАЛЛАДИЕВОГО КАТАЛИЗАТОРА**Казаков В.В.****THE INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC FIELDS REGENERATION PROCESSES OF THE RUTHENIUM-PALLADIUM CATALYST****Kazakov V.V.**

Предложена математическая модель, учитывающая совместное влияние акустического и электромагнитного полей на процесс теплопередачи в системах «жидкость–твёрдое тело». Исследовано влияние состава конденсированной среды и воздействия акустического и электромагнитного полей на физико-химические и технические характеристики отработанного рутениево-палладиевого катализатора РПК-1. Сделан вывод, что теплопередача под совместным действием электромагнитного и акустического полей интенсифицируется в растворах минеральных кислот значительно сильнее, чем в растворах уксусной кислоты или щелочи.

Ключевые слова: рутениево-палладиевый катализатор, регенерация, техническая характеристика, акустическое поле, электромагнитное поле, совместное влияние, математическая модель.

1. Введение. Как известно [1], синтез карбамида осуществляется по равновесным реакциям взаимодействия NH_3 и CO_2 через образование промежуточного соединения $\text{NH}_2\text{COONH}_4$:



Сырьевым источником CO_2 в большинстве технологических схем производства карбамида является отходящий газ производства аммиака. Такой газ содержит целый ряд примесей (H_2 , CO , N_2 , O_2 , CH_4 и др.), которые снижают степень конверсии CO_2 , усиливают коррозионную активность реакционной среды, а также создают условия взрывоопасности из-за наличия горючих компонентов в системе. Поэтому очистка отходящего газа от перечисленных примесей, и в первую очередь – от их горючих компонентов, является одной из основных стадий подготовки сырья в производстве карбамида.

В настоящее время в мировой практике нашел широкое применение каталитический способ очистки CO_2 от горючих соединений, в котором используются каталитические системы на основе Rh, Pd, Pt или их сочетаний [2]. По причине относительно высокой стоимости таких катализаторов актуальными являются вопросы их регенерации для повторного использования. Одним из способов влияния на структуру отработанных катализаторов является их обработка ультразвуком. Например, в работах [3-5] показана высокая эффективность использования ультразвукового излучения в процессах формирования и регенерации структуры различных промышленных катализаторов.

Представляет интерес исследовать закономерности влияния на эти процессы не только акустического, но и электромагнитного поля. Можно ожидать, что в результате такой обработки катализатора будут значимо изменяться как параметры его пористой структуры, так и его каталитическая активность.

Целью данных исследований являлась оценка эффективности использования совместного влияния электромагнитного (ЭМ) и акустического (АК) полей при регенерации отработанных катализаторов на примере рутениево-палладиевого катализатора РПК-1, используемого в производстве карбамида. В качестве регенерирующих сред исследовали водные растворы азотной и уксусной кислот, карбоната аммония и каустической соды.

2. Теоретический анализ влияния электромагнитного и акустического полей

Как известно [6, 7], для процесса теплоотдачи между жидкостью и поверхностью твердой частицы цилиндрической формы можно записать уравнение:

$$Nu_{\infty} = \frac{\alpha r_0}{\lambda_T} = 0,48 \frac{\Delta V_{\infty}^2 r}{\sqrt{\omega \nu} \cdot a} \cdot \frac{\sqrt{\sin\left(\frac{x}{r_0}\right)}}{\left[\int_0^{-x/r_0} \sqrt{\sin \frac{2x}{r_0}} \cdot d\left(\frac{x}{r_0}\right) \right]^{1/3}} \quad Pr \gg 1 \quad (2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи; r_0 – радиус цилиндра; a – коэффициент теплопроводности; $\frac{\Delta V_{\infty}^2}{\omega \cdot a} = Re_{\nu} \cdot Pr \cdot \sqrt{Re_{\omega}}$; ΔV_{∞} – пульсационная скорость; Re_{ν} , Re_{ω} – критерий Рейнольдса; Pr – критерий Прандтля.

Средние коэффициенты теплоотдачи по поверхности катализатора цилиндрической формы определяется уравнениями:

$$\overline{Nu}_0 = \frac{\bar{\alpha} \cdot r_0}{\lambda_T} = 0,88 \cdot \left(\frac{\Delta V_{\infty}^2}{\omega \cdot a} \right)^{1/2}, \quad Pr \ll 1, \quad (3)$$

$$\overline{Nu}_{\infty} = \frac{\bar{\alpha} \cdot r_0}{\lambda_T} = 0,32 \cdot \left(\frac{\Delta V_{\infty}^2 \cdot r_0}{\sqrt{\omega \cdot \nu} \cdot a} \right)^{1/3}, \quad Pr \gg 1. \quad (4)$$

Если поверхность цилиндрической твердой частицы совершает колебания, то теплообмен можно увеличить в десятки раз. В этом случае коэффициент теплоотдачи описывается соотношением:

$$\alpha = \phi \cdot \left[\frac{Re_{\omega}^{0.4} \cdot Pr^{0.6}}{(Gr \cdot Pr)^{0.26}} \right], \quad (5)$$

где $Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot d^3}{\nu^2}$ – критерий Грасгофа; β – коэффициент объемного расширения катализатора; d – диаметр цилиндра; ΔT – пульсация температуры.

В случае подвода ЭМ и АК колебаний к поверхности зерна катализатора через слой жидкости следует учитывать, что градиент скорости потока жидкости у поверхности твердого тела оказывает существенное влияние на процесс теплообмена. Среднее значение критерия Нуссельта с учетом движущегося пучка частиц, сонаров акустического поля и поляритонов электромагнитного поля имеет вид [6, 7]:

$$\overline{Nu} = \frac{41,4 \cdot V_0^2}{\omega \cdot a} \cdot Re_{\omega}^{0.62}, \quad (6)$$

$$\overline{Nu} = 7,75 \cdot \frac{k^2 \cdot p^2}{a \cdot \nu \cdot m^3 \cdot c^2 \cdot \rho^2} \cdot (C - A \cdot r_0^2) \cdot Re_{\omega}^{0.62}, \quad (7)$$

где $k = \frac{\omega}{c}$ – волновое число; $m = \sqrt{\frac{\omega}{2 \cdot \nu}}$;

C и A – const.

Анализ уравнений (2)-(7) показывает, что в результате взаимодействия сонаров и поляритонов достигается увеличение теплоотдачи, которое резко возрастает с ростом интенсивности ЭМ и АК излучений. Физической моделью такого эффекта являются пульсации (или колебания) жидкости у поверхности твердой частицы [8]. Для оценки образующихся микротечений у твердой поверхности решим задачу о поле скоростей жидкости, вызванное такими колебаниями. Можно записать следующие уравнения движения регенерирующей среды в условиях фаз роста и аннигиляции каверны:

$$V_1 = \frac{R^3}{2r^3} \left(3n^2 \dot{X} - \ddot{X} \right), \quad (8)$$

$$V_2 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{dQ}{d\tau} \cdot \frac{n}{r^2}, \quad (9)$$

где R – радиус каверны; r – расстояние от центра каверны до поверхности катализатора; $\dot{X}$, $\ddot{X}$, n – радиус-векторы.

Таким образом, проведенный теоретический анализ совместного использования ЭМ и АК полей при обработке отработанных катализаторов в реакционных средах за счет существенного увеличения скорости движения регенерирующей среды вдоль поверхности твердой частицы (катализатора) позволит интенсифицировать процесс растворения нанесенных примесей при регенерации катализатора.

Экспериментальная часть. Для проведения исследований по изучению влияния электромагнитного и акустического полей на процессы регенерации катализатора использовали установку, описанную в [8]. Интенсивность ультразвука составляла 20÷25 Вт/см² при частоте 20÷24 кГц, для создания электромагнитного излучения использовался магнетрон мощностью 600 Вт с фиксированной частотой 950 МГц. В опытах использовали целые гранулы отработанного катализатора РПК-1, которые предварительно отсеивали от измельченной части катализатора. Исследования проводили при температуре 25°C при массовом соотношении Ж:Т = 6:1. В качестве жидких сред использовали 10-30%-ные водные растворы HNO₃, CH₃COOH, (NH₄)₂CO₃ и NaOH. Барботаж CO₂ осуществляли со скоростью 3,5 л/мин. Обработку образцов катализатора в указанных средах осуществляли в течение 30 мин, после чего их промывали избытком деминерализованной воды и затем высушивали при температуре 100÷150°C.

Пористую структуру образцов катализаторов получали методом БЭТ на адсорбционной вакуумной установке объемного типа и ртутной порометрией на приборах POROZIMETER-2000 и MACROPOR-120 итальянской фирмы Carlo Erba Strumentazione. Содержание основных компонентов катализаторов и примесей определяли по

стандартным методикам, которые предусмотрены стандартом [9]. В качестве примесей рассматривали только соединения, которые были обнаружены в отработанном катализаторе (смолы) или содержание которых увеличилось в процессе эксплуатации (Fe, Ni, Cr, SiO₂, K₂O). Массовые соотношения между примесями в свежем и отработанном катализаторе представлены в таблице 1.

Таблица 1
Массовое соотношение между компонентами примесей в катализаторе РПК-1

Катализатор	Массовое соотношение			
	Fe+Ni+Cr	SiO ₂	K ₂ O	смолы
Свежий РПК-1	4,3	2,2	1	-
Отработанный РПК-1	2,2	1,2	1	0,5

Активность катализатора оценивали на модельной установке с проточным реактором по остаточной концентрации водорода в очищенном газе. Условия испытания исследуемых образцов катализатора РПК-1 были следующие: количество загружаемого катализатора 20±0,2 см³; температура реакции 150±1°C; объемная скорость газового потока 10000±15 час⁻¹; давление – 0,1 МПа;

начальная концентрация водорода – 0,8÷1,2% об.; концентрация кислорода – 0,8÷0,6% об.; длительность испытания – не менее 7 час.

Анализ газа на содержание водорода в газовой смеси осуществляли на хроматографе "Цвет-100", откалиброванном по стандартной газовой смеси N₂-H₂ (ТУ 16-29-56-87). Концентрация водорода в продуктах реакции рассчитывали по уравнению:

$$C = \frac{C_{cm} \cdot h}{h_{cm}},$$

где C_{cm} – концентрация водорода в стандартной смеси, % об.; h_{cm} – высота пика водорода в стандартной смеси, мм; h – высота пика водорода в анализируемой пробе, мм.

Результаты исследований и их обсуждение.

Результаты проведенных исследований по определению химического состава, удельной поверхности, эффективного размера пор и активности образцов катализатора РПК-1 представлены в табл. 2. Эти данные представляют собой усредненные показатели из 13 партий свежего, отработанного и регенерированного катализатора РПК-1.

Таблица 2
Химический состав, характеристики пористой структуры и каталитическая активность свежего, отработанного и регенерированного катализатора РПК-1

№ п/п	Образец катализатора	Химический состав, % мас.			S _{уд.} , м ² /г	R _{эфф.} , Å	Активность, % об.
		Al ₂ O ₃	Pd, Ru	примеси			
1	Свежий РПК-1	94,1	0,2	5,7	180	5000	0,05
2	Отработанный РПК-1	91,1	0,18	8,7	98	8200	0,29
Реактивированный РПК-1:							
3	Обработан 10%-ным р-ром HNO ₃	92,3	0,082	7,6	126	7000	0,1
4	Обработан 10%-ным р-р HNO ₃ совместно с ЭМ и АК излучением	94,1	0,072	5,8	171	5500	0,05
5	Обработан 20%-ным р-ром NaOH	91,8	0,088	8,1	132	8000	0,2
6	Обработан 20%-ным р-ром NaOH совместно с ЭМ и АК излучением	93,2	0,077	6,0	162	5900	0,06
7	Обработан водой при барботаже CO ₂	96,5	0,115	3,3	192	3800	0,05
8	Обработан водой при барботаже CO ₂ совместно с ЭМ и АК излучением	96,4	0,195	3,1	220	3500	0,035
9	Обработан 10%-ным р-ром углекислого аммония	92,8	0,091	7,1	101	8000	0,23
10	Обработан 30%-ным р-ром HNO ₃	93,7	0,076	6,2	151	6000	0,09
11	Обработан 30%-ным р-ром HNO ₃ совместно с ЭМ и АК излучением	94,2	0,062	5,7	176	5200	0,05
12	Обработан 30%-ным р-ром CH ₃ COOH	92,2	0,081	7,7	147	6600	0,17
13	Обработан 30%-ным р-ром CH ₃ COOH совместно с ЭМ и АК излучением	92,2	0,082	7,7	140	7000	0,15

Сравнение показателей образцов катализатора до и после их обработки водными растворами кислот, соли и щелочи в совокупности с ЭМ и АК излучением показывает, что в процессе таких обработок соотношение между основными компонентами катализатора уменьшается примерно в 2-3 раза. Хотя при этом и наблюдается частичное восстановление пористой структуры зерен катализатора, но из-за снижения содержания каталитически активных компонентов его активность закономерно уменьшается.

Сравнение содержания примесей в образцах катализатора до и после их обработки (таблица 2), а также соотношение между примесями (таблица 3) показывают, что при использовании ЭМ и АК полей извлекаются не только те примеси, которые были внесены в катализатор при его эксплуатации, но даже примеси, присутствующие в нем изначально, т.е. внесенные при его приготовлении. Полученные данные свидетельствуют о перспективности использования ЭМ и АК полей также и на стадиях приготовления катализатора.

Таблица 3

Массовое соотношение между компонентами примесей в регенерированном катализаторе РПК-1

Катализатор	Массовое соотношение			
	Fe+Ni+Cr	SiO ₂	K ₂ O	смолы
Обработан 10%-ным р-ром HNO ₃	3,5	2	1	0,18
Обработан 10%-ным р-р HNO ₃ совместно с ЭМ и АК излучением	3,9	2,4	1	0,13
Обработан 20%-ным р-ром NaOH	2,2	0,63	1	0,42
Обработан 20%-ным р-ром NaOH совместно с ЭМ и АК излучением	1,9	0,58	1	0,3
Обработан водой при барботаже CO ₂	2,1	1,2	1	0,3
Обработан водой при барботаже CO ₂ совместно с ЭМ и АК излучением	2,2	1,1	1	0,18
Обработан 10%-ным р-ром углекислого аммония	2,1	1,2	1	0,4
Обработан 30%-ным р-ром HNO ₃	3,1	1,9	1	0,13
Обработан 30%-ным р-ром HNO ₃ совместно с ЭМ и АК излучением	3	1,7	1	0,11
Обработан 30%-ным р-ром CH ₃ COOH	2,2	1,15	1	0,4
Обработан 30%-ным р-ром CH ₃ COOH совместно с ЭМ и АК излучением	2,1	1,12	1	0,35

Анализ эффективности регенерирующего воздействия изученных электролитов показывает, что наибольшая степень извлечения примесей из отработанного катализатора достигается при наложении ЭМ и АК полей с использованием растворов азотной кислоты и при барботаже CO₂. По нашему мнению для объяснения наблюдаемых различий в степени извлечения примесей из исследуемого катализатора следует предположить, что теплопередача под совместным действием электромагнитного и акустического полей интенсифицируется в растворах минеральных кислот значительно сильнее, чем в растворах уксусной кислоты, соли или щелочи. По-видимому, это можно объяснить более высокой подвижностью ионов водорода, которая также может увеличиваться под воздействием ЭМ и АК полей.

Выводы. Теоретически и экспериментально показано, что с помощью электромагнитных и акустических полей возможно интенсифицировать процессы регенерации отработанных катализаторов. Впервые установлено, что процесс теплопередачи под воздействием акустического и электромагнитного полей интенсифицируется в растворах минеральных кислот значительно сильнее, чем в растворах минеральных щелочей и уксусной кислоты. Установлено, что совместное использование электромагнитного и акустического полей позволяет извлечь примеси, внесенные в катализатор при его приготовлении и эксплуатации, а также восстановить его пористую структуру и, как следствие, восстановить его каталитическую активность.

Литература

1. Горловский Д.М. Технология карбамида / Горловский Д.М., Альтшулер Л.Н., Кучерявый В.И. – Ленинград.: Химия. 1981. – 320 с.
2. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений / М.Е. Позин. – Ленинград.: Химия. 1989. – 352 с.
3. Kazakov V.V. Application of Ultrasonic radiation in heterogeneous catalysis / A.V. Romensky, V.V. Kazakov, I.V. Volokhov // III International Conference "Catalysis Fundamentals and Application". – Novosibirsk: Russia, 2007. – P 9-10.
4. Казаков В.В. Адсорбционные катализаторы. Технология приготовления в ультразвуковом поле. А.В. Роменский, В.В. Казаков, И.В. Волохов, Г.И. Гринь // Хімічна промисловість України. – Київ. – 2006. - №2. – С. 32-34.
5. Казаков В.В. Гетерогенные катализаторы. Технология ультразвуковой пропитки. А.В. Роменский, В.В. Казаков, И.В. Волохов, А.Я. Лобойко // Хімічна промисловість України. – Київ. – 2006. - №2 – С. 34-38.
6. Левковский Ю.Л. Структура кавитационных течений / Ю.Л. Левковский. – Ленинград.: Химия. 1978. – 232 с.
7. Экнадиосянц О.К. Физические основы ультразвуковой технологии / О.К. Экнадиосянц. – М.: Наука. 1970. – 352 с.
8. Казаков В.В. Ультразвук в гетерогенном катализе / А.В. Роменский, В.В. Казаков, Г.И. Гринь и др. –

Северодонецк: ОАО «Северодонецкая городская типография». 2006. – 271 с.

9. Катализатор рутениево-палладиевый РПК-1 // ТУ У 6-04687873.036-97 – Северодонецк: ООО НПК «АЛВИГО-КС». 1997. – 28 с.

References

1. Gorlovskij D.M. Tehnologija karbamida / Gor-lovskij D.M., Al'tshuler L.N., Kucherjavij V.I. – Le-ningrad.: Himija. 1981. – 320 s.
2. Pozin M.E. Tehnologija mineral'nyh udobre-nij / M.E. Pozin. – Leningrad.: Himija. 1989. – 352 s.
3. Kazakov V.V. Application of Ultrasonic radiation in heterogeneous catalysis / A.V. Romensky, V.V. Kazakov, I.V. Volokhov // III International Conference "Catalysis Fundamentals and Application". – Novosibirsk: Russia, 2007. – P 9-10.
4. Kazakov V.V. Adsorbicijnye katalizatory. Tehnologija prigotovlenija v ul'trazvukovom pole. A.V. Romenskij, V.V. Kazakov, I.V. Volohov, G.I. Grin' // Himichna promislovist' Ukraїni. – Kiїv. – 2006. - №2. – S. 32-34.
5. Kazakov V.V. Geterogenne katalizatory. Teh-nologija ul'trazvukovoj propitki. A.V. Romenskij, V.V. Kazakov, I.V. Volohov, A.Ja. Lobjko // Himichna promislovist' Ukraїni. – Kiїv. – 2006. - №2 – S. 34-38.
6. Levkovskij Ju.L. Struktura kavitacionnyh techenij / Ju.L. Levkovskij. – Leningrad.: Himija. 1978. – 232 s.
7. Jeknadiosjanc O.K. Fizicheskie osnovy ul'tra-zvukovoj tehnologii / O.K. Jeknadiosjanc. – M.: Nauka. 1970. – 352 s.
8. Kazakov V.V. Ul'trazvuk v geterogenom kata-lize / A.V. Romenskij, V.V. Kazakov, G.I. Grin' i dr. – Severodoneck: ОАО «Severodoneckaja gorodskaja tipo-grafija». 2006. – 271 s.
9. Katalizator rutenievo-palladijevij RPK-1 // ТУ У 6-04687873.036-97 – Severodoneck: ООО НПК «АЛВИГО-КС». 1997. – 28 s.

Казаків В.В. Вплив електромагнітних та акустичних полів на процес регенерації рутенієво-паладієвого каталізатора

Запропоновано математичну модель, що враховує спільне вплив акустичного та електромагнітного полів на процес теплопередачі в системах тверде тіло-рідина. Досліджено вплив складу конденсованого середовища і впливу акустичного та електромагнітного полів на фізико-хімічні і технічні характеристики відпрацьованого рутенієвого-паладієвого каталізатора РПК-1. Зроблено висновок, що теплопередача під спільною дією електромагнітного та акустичного полів інтенсифікується в розчинах мінеральних кислот значно сильніше, ніж у розчинах оцтової кислоти або лугу.

Ключові слова: рутенієво-паладієвий каталізатор, регенерація, технічна характеристика, акустичне поле, електромагнітне поле, спільне вплив, математична модель.

Kazakov V.V. The influence of electromagnetic and acoustic fields regeneration processes of the ruthenium-palladium catalyst

A mathematical model that takes into account the combined influence of acoustic and electromagnetic fields in the process of heat transfer in a liquid solid. The influence of the composition of condensed matter and the impact of acoustic and electromagnetic fields on physical, chemical and technical characteristics of the waste ruthenium-palladium catalyst RPK-1. It is concluded that the combined action of heat transfer by electromagnetic and acoustic fields intensified in solutions of mineral acids is significantly stronger than in the solution of acetic acid or alkali.

Key words: ruthenium-palladium catalyst, regeneration, specifications, acoustic field, electromagnetic field, the combined influence of the mathematical model.

Казаків Валентин Васильович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. E-mail: avsuovorin@rambler.ru.

Рецензент: Глікін М.А. – доктор технічних наук, професор.

Стаття подана 16.01.2015

УДК 54-4

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СОВРЕМЕННЫХ ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИХ ИНСЕКТИЦИДОВ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЭФИРОВ ТИОФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ

Кохан И.В.

DESIGN OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF MODERN ORGANOPHOSPHORUS INSECTICIDES BASED ON ORGANIC ESTERS OF THIOPHOSPHORIC ACID

Kokhan I.V.

В статье приведены результаты разработки технологии производства фосфорорганических инсектицидов, являющихся смешанными органическими эфирами тиофосфорной кислоты. Показано, что при разработке технологии производства современных инсектицидов за основу может быть взята технология производства пестицида Метилмеркаптофос. Установлено, что центральной реакцией в производстве инсектицидов указанной группы является реакция нуклеофильного замещения у пятивалентного атома фосфора. С целью разработки эффективной технологии синтеза современных фосфорорганических инсектицидов изучен механизм указанной реакции. Найдены оптимальные технологические условия проведения реакции.

Ключевые слова: тиофосфорная кислота, смешанные органические эфиры тиофосфорной кислоты, инсектициды, *O,O*-диметил-*O*-[2-(этилмеркапто)этил] тиофосфат, *O,O*-диметил-*S*-[2-(этилмеркапто)этил] тиофосфат, метилмеркаптофос, *O*-(2-изопропил-6-метилпиримидил-4)-*O*,*O*-диэтилтиофосфат, диазинон.

1. Введение. Одним из наиболее важных классов современных пестицидов являются фосфорорганические соединения, в ряду которых найдены вещества с различной физиологической активностью и избирательностью действия, в том числе инсектициды, акарициды, гербициды, нематоциды и регуляторы роста растений.

Пестицидными свойствами среди фосфорорганических соединений обладают производные фосфористой, тиофосфористой, фосфорной, тиофосфорной и дитиофосфорной, фосфоновой и тиофосфоновой кислот.

Производные тиофосфорной кислоты в частности, получили широкое применение в сельском хозяйстве для борьбы с вредными членистоногими. При этом замене одного из

атомов кислорода в производных фосфорной кислоты на серу наблюдается значительное уменьшение токсичности соединений для теплокровных, без существенного изменения инсектицидной и акарицидной активности.

Одним из эффективных фосфорорганических инсектицидов, технология производства которого представляет интерес в качестве базовой для производства современных пестицидов, является препарат представляющий собой смесь двух органических эфиров тиофосфорной кислоты, а именно: 70% *O,O*-диметил-*O*-[2-(этилмеркапто)этил] тиофосфата, и 30% *O,O*-диметил-*S*-[2-(этилмеркапто)этил]тиофосфата.

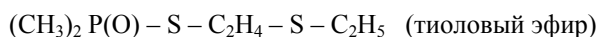
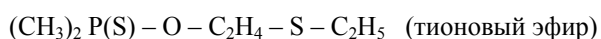
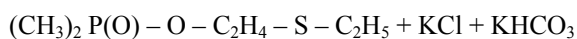
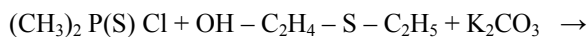
Препарат указанного состава проникает внутрь опрыснутых растений (наблюдается так называемый «внутритерапевтический эффект»). При этом тионовый эфир превращается в тиоловый в результате перегруппировки Пиннемука. Носителем системных свойств является тиоловый эфир.

Указанный препарат был выпущен в продажу в 1954 г. фирмой Farbenfabriken Bayer A. G. в качестве быстродействующего системного инсектицида, малотоксичного для теплокровных под торговым названием Метасистокс. В СССР препарат выпускался под наименованием Метилмеркаптофос на Волгоградском заводе "Химпром" им. Кирова.

Целью данной работы является разработка технологии производства пестицида Метилмеркаптофос для дальнейшего её использования в производстве других, более современных и менее токсичных фосфорорганических инсектицидов, являющихся сложными органическими эфирами тиофосфорной кислоты.

Для достижения указанной цели была изучена основная реакция указанной технологии, реакция присоединения 2-этилмеркаптоэтанола к О,О-диметилхлортиофосфату. На основе этой реакции видится возможным проводить присоединение различных функциональных групп к О,О-диалкилхлортиофосфатам, и получать разнообразные фосфорорганические инсектициды, малотоксичные для теплокровных. Поэтому исследование указанной реакции и разработка соответствующей технологии является актуальной и перспективной задачей.

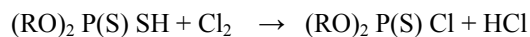
2. Обзор технологии производства пестицида Метилмеркаптофос. Существует достаточно большое количество способов получения пестицида Метилмеркаптофос, все они детально рассмотрены в специальной литературе [1]. Однако при промышленном способе получения Метилмеркаптофоса, исходят из О,О-диметилхлортиофосфата. В этом случае О,О-диметилхлортиофосфат вводят в реакцию в присутствии кислотосвязывающих агентов, например карбоната калия. Температуру и время реакции подбирают так, чтобы образовавшийся тионовый эфир приблизительно на 30% перегруппировался в тиоловый эфир. Такая перегруппировка носит название перегруппировка Пищемука. Указанная реакция занимает центральное место в получении Метилмеркаптофоса и именно путем модификации этой реакции предполагается получение современных инсектицидов на основе тиофосфорной кислоты.



Рассмотрим реакции получения реагентов, необходимых для проведения основной реакции [2]. Необходимый для реакции О,О-диметилхлортиофосфат можно получить несколькими методами. При первом методе, исходят из тиотрихлорида фосфора. Реакцию проводят в две стадии. Первая стадия – реакция тиотрихлорида фосфора с соответствующим спиртом протекает легко при небольшом нагревании. В результате первой стадии реакции образуется алкилдиалхлортиофосфат. Следующую стадию, взаимодействие алкилдиалхлортиофосфата со спиртом для получения диалкилхлортиофосфата, проводят при температуре от -5 до 0°C в присутствии акцепторов хлороводорода.

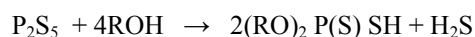
Другим, более эффективным способом получения О,О-диметилхлортиофосфата, является

непосредственное хлорирование О,О-диметилдитиофосфорной кислоты чистым хлором.



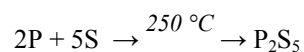
В этом методе, при избытке хлора, в качестве побочного продукта образуется хлорид серы. Его можно удалять, добавляя в реакционную массу трихлорид фосфора, который связывает хлорид серы с образованием тиотрихлорида фосфора. Оставшийся диалкилхлортиофосфат легко подвергается фракционной перегонке в вакууме. Однако ещё более удобным видится удаление хлорида серы обработкой сероводородом. В этом случае из него образуется хлороводород и сера, которую отделяют фильтрованием, что легче в аппаратном оформлении.

Необходимую О,О-диметилдитиофосфорную кислоту получают с хорошим выходом при взаимодействии пентасульфида фосфора со спиртом, в случае получения Метилмеркаптофоса с метанолом.



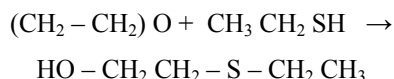
Реакцию проводят в растворе получаемой О,О-диметилдитиофосфорной кислоты. В качестве побочного продукта в небольших количествах образуется триметилдитиофосфат. Его отделяют отгонкой с острым паром или переводят кислоту в натриевую или аммониевую соль, а затем триметилдитиофосфат отделяют от полученной соли экстракцией органическим растворителем, а свободную О,О-диметилдитиофосфорную кислоту из соли выделяют действием серной кислоты. Наиболее технологичным видится первый способ очистки кислоты от триметилдитиофосфата.

Необходимый для синтеза О,О-диметилдитиофосфорной кислоты пентасульфид фосфора получают прямой реакцией серы и желтого фосфора, взятых в эквивалентных соотношениях при повышенной температуре.

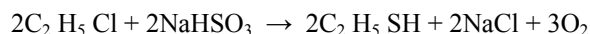


При использовании достаточно чистых исходных веществ не требуется дальнейшая очистка получаемого продукта. В случае необходимости пентасульфид фосфора очищают с помощью вакуумной возгонки. Следует отметить, что чистота пентасульфида фосфора имеет важное значение, поскольку примеси увеличивают число и содержание побочных продуктов.

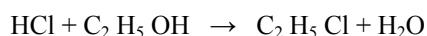
При получении Метилмеркаптофоса кроме О,О-диметилхлортиофосфата, вторым важным реагентом является 2-этилмеркаптоэтанола, который получают взаимодействием окиси этилена с этилмеркаптаном.



Необходимый для реакции этилмеркаптан возможно получить реакцией этилового спирта с сероводородом при 300–350 °С в присутствии катализаторов. Однако по причине токсичности сероводорода, видится более технологичным способ получения этилмеркаптана путем взаимодействия хлористого этила с гидросульфитом натрия.



Хлористый этил, необходимый для получения этилмеркаптана по выбранному способу предполагается получать действием хлороводорода на этиловый спирт.



Большинство из рассмотренных выше реакций, могут быть успешно применены при производстве других пестицидов, являющихся сложными органическими эфирами тиофосфорной кислоты.

3. Анализ основной реакции базовой технологии. Рассмотрим более детально основную реакцию разработанного технологического процесса. Собственно получение Метилмеркаптофоса, т. е. смеси двух эфиров О,О-диметил-О-[2-(этилмеркапто) этил]тиофосфата, и О,О-диметил-S-[2-(этилмеркапто) этил]тиофосфата.

Для начала рассмотрим лабораторный способ получения [1]. В лабораторных условиях Метилмеркаптофос получают по следующей методике. Растворяют 106 г. (1 моль) 2-этилмеркаптоэтанола в 200 мл. бензола. К раствору добавляют сначала 150 г. сухого мелкозернистого карбоната калия, а затем по каплям при температуре, не превышающей 40 °С, и

перемешивании 160,5 г. О,О-диметилхлортиофосфата. Реакционную смесь выдерживают 8–10 ч. при температуре 40 °С, после чего удаляют соли. Полученный бензольный раствор несколько раз промывают ледяной водой и нейтрализуют 3%-ным раствором бикарбоната натрия, сушат сульфатом натрия, а затем отгоняют бензол в вакууме при температуре бани, не превышающей 40 °С. В результате получается 172,5 г. Метилмеркаптофоса, состоящего из 70–75% тионового эфира и 25–30% тиолового эфира.

В результате технологического оформления указанного процесса была разработана следующая технологическая схема [5] (рис.).

В основной реакционный аппарат 1 из дозатора 2 подают сухой мелкозернистый карбонат калия. Для добавления в реакционную массу бензола, 2-этилмеркаптоэтанола и О,О-диметилхлортиофосфата используют мерники 3, 4, 5, из которых через штуцера, реагенты попадают в основной реакционный аппарат. В мерники реагенты закачиваются из соответствующих резервуаров хранения. Перемешивание реакционной массы осуществляется с помощью мешалки. Для поддержания необходимой температуры реакционной массы основной реакционный аппарат оборудован водяной рубашкой. Для удаления продуктов реакции после окончания технологического процесса в реакционном аппарате предусмотрен нижний штуцер. Продукты реакции проходят через нутч-фильтр 6 на котором отделяются соли и продукты реакции поступают в две последовательно соединенные водопромывные колонны 7 и 8, после которых продукты реакции поступают в первый вспомогательный реакционный аппарат 9 где происходит нейтрализация продукта

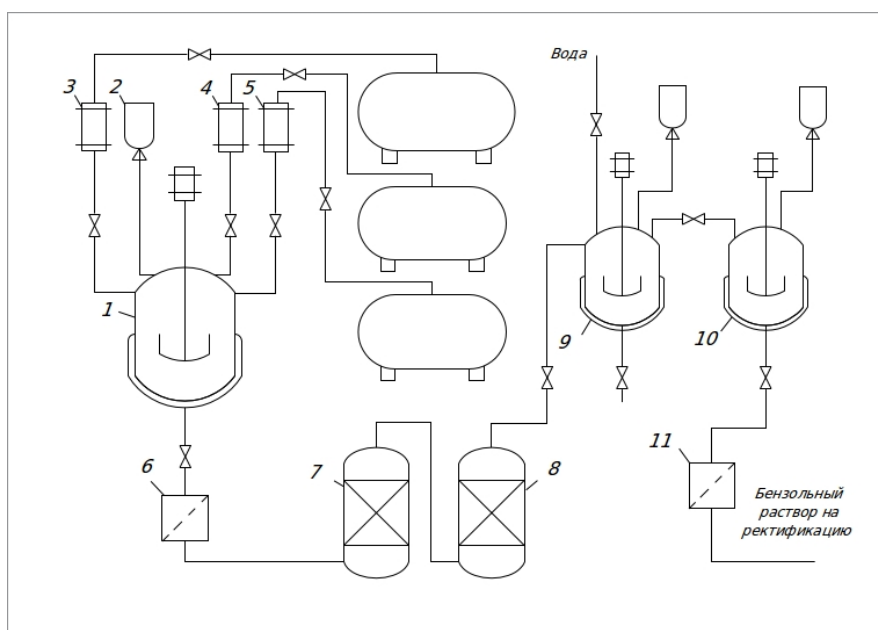


Рис. Технологическая схема

3%-ным раствором бикарбоната натрия. После чего продукт поступает во второй вспомогательный реакционный аппарат 10, в котором продукт сушат сульфатом натрия при перемешивании. После осушки сульфат натрия отделяется на нутч-филтре 11 и бензольный раствор продукта направляется на ректификационную колонну, в которой происходит удаление из продукта бензола. Готовый продукт охлаждается до низкой температуры (с целью замедлить дальнейшую перегруппировку тиольного эфира в тиольный) в холодильнике и поступает на хранение в резервуар готовой продукции.

Присоединение 2-этилмеркаптоэтанола к О,О-диметилхлортиофосфату происходит по механизму нуклеофильного замещения S_N2 . При этом нуклеофильная атака осуществляется атомом кислорода гидроксильной группы 2-этилмеркаптоэтанола и направлена на несущий положительный заряд пятивалентный атом фосфора в молекуле О,О-диметилхлортиофосфата [3].

По указанному механизму возможно проводить присоединение к О,О-диалкилхлортиофосфатам различных радикалов, являющихся нуклеофильными реагентами. Таким образом приведенная выше технологическая схема может быть легко адаптирована для получения различных пестицидов являющихся смешанными органическими эфирами тиофосфорной кислоты. Рассмотрим пример подобной адаптации.

4. Возможности получения современных инсектицидов на основе базовой технологии производства пестицида Метилмеркаптофос. В качестве примера выберем одним из современных фосфорорганических инсектицидов, который в данный момент находит широкое применение, является препарат Диазинон. Точное химическое название которого О,О-диэтил-О-(2-изопропил-6-метилпирими-дин-4-ил)тио-фосфат [2,4].

При разработке технологии производства этого инсектицида, видится целесообразным использовать описанную выше технологическую схему производства пестицида Метилмеркаптофос.

При этом первая часть технологической схемы, а именно получение необходимого для основной реакции О,О-диэтилхлортиофосфата практически не отличается от получения О,О-диметилхлортиофосфата.

Нуклеофильным реагентом в этом случае выступает 2-изопропил-6-гидрокси-4-метилпиримидин, кислород гидроксильной группы которого атакует электрофильный атом фосфора в О,О-диэтилхлортиофосфате. Реакция нуклеофильного замещения, как отмечалось ранее протекает по механизму S_N2 .

Следует при этом отметить, что в отличие от пестицида Метилмеркаптофос, технология производства которого была взята за основу, Диазинон является во много раз менее токсичным

препаратом и его применяют как в сельском хозяйстве так и для уничтожения паразитов у домашних животных.

Свойства к накоплению в организме у Диазинона выражены слабо. Препарат негенотоксичен, не проявляет выраженного тератогенного и эмбриотоксического эффекта в модельных опытах на животных.

Подобным образом возможна адаптация технологии производства Метилмеркаптофоса и для производства других современных инсектицидов на основе смешанных органических эфиров тиофосфорной кислоты, ещё менее токсичных для теплокровных.

5. Выводы. В работе показано, что технология производства инсектицидов, разработанная на основе производства пестицида Метилмеркаптофос может быть использована для разработки технологии производства современных, значительно менее токсичных препаратов, являющихся сложными органическими эфирами тиофосфорной кислоты.

При этом большая часть технологической схемы, связанная с получением диалкилхлортиофосфата, а так же технологическая схема осуществления основной реакции могут быть использованы практически без изменений. Основная реакция в разработанной технологической схеме это реакция нуклеофильного замещения, проходящая по механизму S_N2 , позволяет легко вводить различные функциональные группы в молекулы О,О-диалкилтиохлорфосфатов и получать таким образом широкий спектр современных фосфорорганических инсектицидов.

Л и т е р а т у р а

1. Шрадер Г., Новые фосфорорганические инсектициды, М., "Мир", 1965 г.
2. Кирби А., Уоррен С. Органическая химия фосфора, М., "Мир", 1971 г.
3. Мельников Н.Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., "Химия", 1987 г.
4. Справочник по пестицидам, Сост. Седокур Л.К., К., "Урожай", 1986 г.
5. Общая химическая технология, под ред. Мухленова И.П., М., "Высшая школа", 1964 г.

References

1. Gerhard Schrader, Die Entwicklung Neuer Insektizider Phosphorsäure-Ester, Verlag Chemie GmbH, 1963.
2. A.J. Kirby, S.G. Warren, The Organic Chemistry of Phosphorus, Elsevier Publishing Company, 1967.
3. Melnikov N.N., Pesticides. Chemistry, Technology and Applying, Moscow, "Chemistry", 1987.
4. Pesticides Handbook, Ed. Sedokur L.K., Kiev, "Urozhay", 1986.
5. General Chemistry Technology, Ed. Mukhlenov I.P., Moscow, "Vysshaya Shkola", 1964.

Кохан І.В., Розробка технології виробництва сучасних фосфорорганічних інсектицидів на основі органічних ефірів тіофосфорної кислоти

У статті наведено результати розробки технології виробництва фосфорорганічних інсектицидів, які є змішаними органічними ефірами тіофосфорної кислоти. Показано, що при розробці технології виробництва сучасних інсектицидів за основу може бути взята технологія виробництва пестициду Метилмеркаптофос. Встановлено, що центральною реакцією у виробництві інсектицидів зазначеної групи є реакція нуклеофільного заміщення у п'ятиковалентного атома фосфору. З метою розробки ефективної технології синтезу сучасних фосфорорганічних інсектицидів вивчено механізм зазначеної реакції. Знайдено оптимальні технологічні умови проведення реакції.

Ключові слова: тіофосфорна кислота, змішані органічні ефіри тіофосфорної кислоти, інсектициди, *O,O*-диметил-*O*-[2-(етилмеркапто)етил]тіофосфат, *O,O*-диметил-*S*-[2-(етилмеркапто)етил]тіофосфат, метилмеркаптофос, *O*-(2-ізопропіл-6-метилпіримідил-4)-*O,O*-діетилтіофосфат, діазинон.

Kokhan I.V., Design of technology for the production of modern organophosphorus insecticides based on organic esters of thiophosphoric acid

In this article presents the design of technology of organophosphorus insecticides that's based on mixed organic esters of thiophosphoric acid. It is shown that the design technology of modern insecticides can be based on technology of pesticide demeton-s-methyl. It is found that the central reaction in technology of insecticides of this group is the reaction of nucleophilic substitution at the phosphorus atom. Was developed an efficient technology of modern organophosphorus insecticides that's based on this mechanism of reaction. Have been identified optimum technological conditions of the reaction.

Keywords: thiophosphoric acid, mixed organic esters of thiophosphoric acid, insecticides, *O,O*-dimethyl-*O*-[2-(ethylmerkapto)ethyl] thiophosphate, *O,O*-dimethyl-*S*-[2-(ethylmerkapto)ethyl]thiophosphate, demeton-s-methyl, *O*-(2-isopropyl-6-methyl-4)-*O,O*-diethyltiofosfate, diazinon.

Кохан Іван Валентинович – студент 4-го курсу Северодонецького Технологічного Інституту, Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Северодонецьк) ivan.kokhan@ukr.net

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 26.01.2015

УДК 665.64.097.3

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ С РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ХРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ

Литовченко А.О.

RESEARCH OF AN AUTOMATED PRODUCTION LINE WITH ROBOTIC ARM, DESIGNED FOR THE PRODUCTION AND STORAGE OF ELECTRONIC DEVICES

Litovchenko A.O.

В данной статье произведено исследование робота-манипулятора для установки электрорадиоэлементов на печатную плату. Для этого проведены все необходимые расчёты и создана математическую модель, чтобы определить, соответствует ли робот-манипулятор требуемым характеристикам. Показана схема робота-манипулятора, проведён кинематический анализ, определена траектория движения и рассчитаны силы и ускорения звеньев. Показаны также зависимости кинематических ошибок от времени. В результате проведенного исследования доказано, что робот-манипулятор подходит для выполнения поставленной задачи.

Ключевые слова: робот-манипулятор, кинематический анализ, звено, позиционирование, траектория.

1. Введение. Современное промышленное производство отличается высокой автоматизацией технологических процессов и процессов управления.

Промышленными роботами называют автономно действующие машины –автоматы, предназначенные для воспроизведения некоторых двигательных и умственных функций человека при выполнении всевозможных производственных операций и управляемые с помощью автоматически изменяемых программ, составляемых с учетом возможных вариантов функционирования.

Промышленные роботы имеют следующие составные части: рабочие исполнительные органы с захватными устройствами, приводные устройства и механизмы для осуществления перемещений исполнительных органов робота в целом, система управления и система датчиков для сбора необходимой информации. Промышленные роботы разделяют на вспомогательные и технологические.

2. Анализ публикации по теме исследования. Современные электро-радиоэлементы имеют очень

малые габариты, поэтому для их установки на плату необходимо использовать специальные роботы-манипуляторы. Манипулятор также позволяет повысить точность и производительность установки ЭРЭ на печатную плату. Также с целью достижения наиболее оптимальной производительности и качества необходимо разработать математическую модель манипулятора.

3. Изложение основных материалов. Для выполнения конкретной задачи, необходимо задать программное движение, т.е. найти то математическое описание движения, которое приведет нас к желаемому результату. Для этого решается обратная задача кинематического анализа (выясняются законы движения звеньев робота). Поскольку в любой системе, сколько бы точной она ни была, возникают ошибки, необходимо оценить эти ошибки, которые должны быть существенно меньше значений самих координат.

В дальнейшем исследуется динамика робота с жесткими звеньями (находятся законы изменения сил, приложенных к звеньям робота). Однако такой робот – идеализированная модель и в реальности необходимо учитывать податливости кинематических пар и передаточных механизмов, что так же будет рассмотрено. Кроме того, исследуются свободные колебания системы: собственные частоты и собственные формы механической системы.

Необходимо руководствоваться следующими правилами для выбора локальных систем отсчета:

1. Если $s-1$ и звенья связаны поступательной парой, то ось x_s будет направлена параллельно линии перемещения s -го звена, а оси y_{s1} выбирается так, чтобы эти три вектора образовывали правую тройку векторов.

2. Если s-1 и s звенья связаны вращательной парой, то ось zs направляется по оси вращения, а оси xs и ys выбирается так, чтобы эти три вектора образовывали правую тройку векторов.

Зная положение схвата M в 3-ей системе координат (его радиус-вектор), можно определить его положение в глобальной системе координат, пользуясь матрицами перехода.

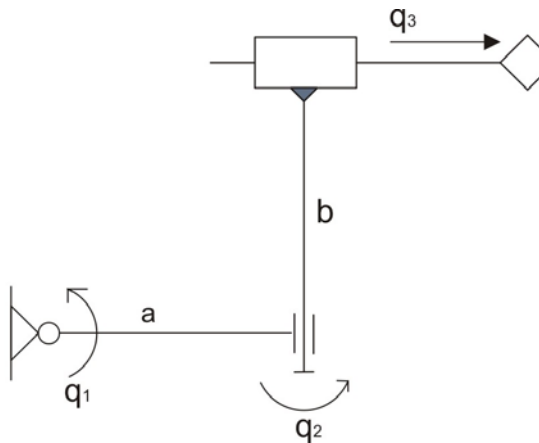


Рис. 1. Схема робота-манипулятора

Затем с помощью матриц, определяются положение полюса схвата относительно нулевой системы координат.

Суть обратной задачи кинематического анализа: при известных: x, y, z найти q1, q2, q3.

Разделяются все движение робота на два участка: выход в начало траектории и движение по траектории. Решение обратной задачи позволяет задать необходимую траекторию не декартовыми координатами, а входными координатами q1, q2, q3.

Робот должен изобразить некий рисунок на конвейере. В данном случае рисунком будет -дуга.

$$\begin{cases} y = 0 \\ x = L + R \cos(\omega t) - V_{tr} t \\ z = -R \sin(\omega t) \end{cases}$$

где L – расстояние от края конвейера до центра окружности.

Чтобы перейти в глобальную систему координат, находится матрица перехода от глобальной системы к системе координат конвейера.

Начало траектории на конвейере сдвинуто на S м по y0.

Имеется система уравнений:

$$-q_3 \cdot \sin(q_2) = X$$

$$a \cdot \cos(q_1) - b \cdot \sin(q_1) + q_3 \cdot \cos(q_1) \cdot \cos(q_2) = Y$$

$$a \cdot \sin(q_1) + b \cdot \cos(q_1) + q_3 \cdot \cos(q_2) \cdot \sin(q_1) = Z$$

Для того, чтобы робот начал свое программное движение, схват необходимо подвести к точке координат конвейера, из которой он начнет свои манипуляции.

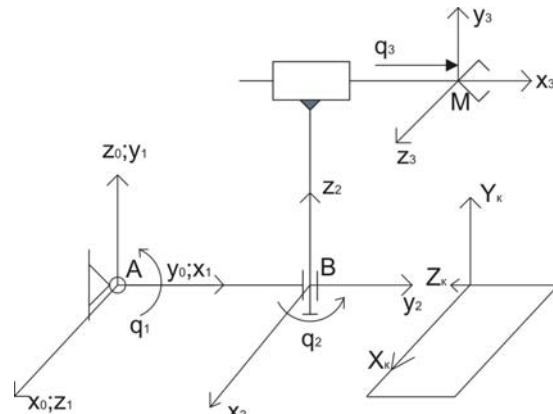
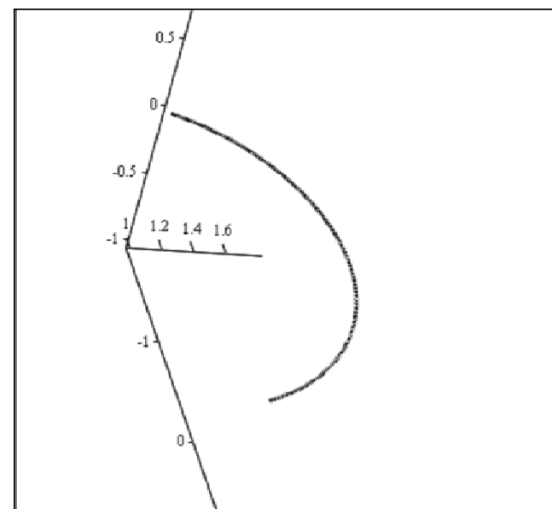


Рис. 2. Система координат конвейера



M

Рис. 3. Траектория движения

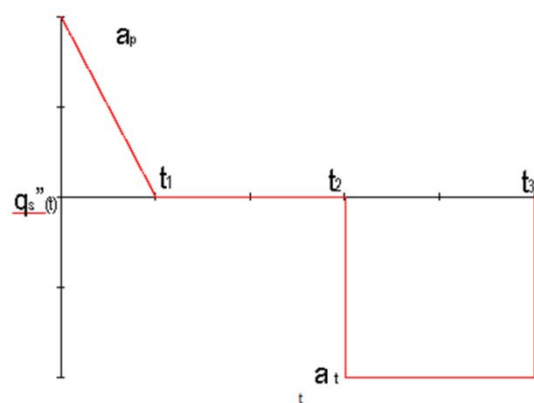


Рис. 4. График ускорения

Проинтегрировав дважды ускорение, находится выражения для скорости и координаты. Константы интегрирования в данном случае равны нулю.

Вычисляются производные в момент времени t3=3с, т.е. в момент, когда схват подводится к столу и начинается программное движение. Значение координат и скоростей в этот момент времени

приравниваем к значениям координат и скоростей в задаче позиционирования.

Тогда выходит 3 системы уравнений для каждого из трёх звеньев.

Из полученных уравнений находится at_s, ap_s . Таким образом, получается 3 выражения для обобщенных координат, скоростей и ускорений на участке, предшествующем участку с программным управлением.

Далее, чтобы получить полную картину изменения обобщенных координат, скоростей и ускорений на всем интервале времени движения робота, совмещаются графики всех 3-х координат и их производных, и скорость, и координата не меняются скачком во время перехода от позиционирования к программному движению. (т.е. в момент времени $t3 = 3c$).

При исследовании механизма необходимо найти абсолютные угловые скорости звеньев. Угловую скорость s-го звена механизма можно рассматривать как сумму переносной и относительной угловых скоростей. Причем роль переносной составляющей играет абсолютная скорость s-1-го звена.

Таким образом

$$\Omega_s^s = \Omega_{s-1}^s + \omega_s^s$$

Спроектировав уравнение (1) на оси системы координат, связанной с s-тым звеном, получается:

$$\Omega_s^s = A_{s-1,s}^T \cdot \Omega_{s-1}^{s-1} + \omega_s^s$$

Таким образом, формула является рекуррентным соотношением, позволяющим определить угловые скорости всех звеньев шаг за шагом.

Для определения угловых ускорений звеньев необходимо продифференцировать по времени угловые скорости звеньев и воспользоваться теоремой о локальной производной.

$$E_s^s = E_{s-1}^s + \Omega_s^s \times \omega_s^s + \varepsilon_s^s$$

где E_{s-1}^s - проекция вектора угловой скорости s-1-го звена на оси s-ой системы координат,

ε_s^s - относительное угловое ускорение.

Скорость произвольной точки А в подвижной системе координат может быть определена по формуле:

$$\frac{d\rho_A^{(s-1)}}{dt} = \frac{dr_{0s-1}^{(s-1)}}{dt} + \Omega_{s-1}^{(s-1)} \times r_A^{(s-1)} + \frac{dr_A^{(s-1)}}{dt}$$

где $\frac{d\rho_A^{(s-1)}}{dt}$ - скорость точки А в подвижной системе координат,

$\frac{dr_{0s-1}^{(s-1)}}{dt}$ - скорость начала координат

$\frac{dr_A^{(s-1)}}{dt}$ - относительная скорость точки А.

Задача кинетостатического расчета - определить движущие силы и моменты, реакции в кинематических парах.

Для силового расчета необходимо знать массы звеньев, центры масс звеньев, скорости и ускорения этих центров масс (найжены в предыдущем пункте), тензоры инерции, составленные из осевых и центробежных моментов инерции.

4. Результаты исследований. Выбирается программное управление для двигателя. Учтем, что известен программный закон изменения обобщенной координаты, а значит, и скорости звена, следовательно, известна скорость двигателя, при которой будет выполняться заданное движение:

$$\dot{\phi}_n = \dot{q}_n \cdot i$$

Из силового расчета известен движущий программный момент, следовательно, можно найти программный момент на двигателе:

$$M\dot{\phi}_n = \frac{Q_n}{i}$$

Тогда из динамической характеристики двигателя:

$$M\dot{\phi}_n = \frac{Q_n}{i}$$

Тогда из динамической характеристики двигателя:

$$\tau \cdot \dot{M}\dot{\phi}_n + M\dot{\phi}_n = r \cdot U - s \cdot \dot{\phi}$$

Программное управление:

$$U_n = \frac{1}{r} (\tau \cdot \dot{M}\dot{\phi}_n + M\dot{\phi}_n + s \cdot \dot{\phi})$$

Но так как такое управление сложно для вычисления, то можно предположить, что двигатель обладает идеальной характеристикой, т.е. не зависит от момента на двигателе:

$$U_n = \frac{1}{r} \cdot s \cdot \dot{\phi}$$

При такой идеализации возникают ошибки, связанные с неидеальностью реальной характеристики двигателя.

Необходимо найти эту ошибку.

Для этого записывается скорость двигателя, как сумма программной скорости и отклонения от нее:

$$\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_n + \dot{\psi}$$

Учитывая, что поскольку между двигателем и исполнительным звеном стоит передаточный механизм, то ошибка по обобщенной скорости на исполнительном звене может быть найдена так:

$$\Delta \dot{q}_s = -\frac{1}{s \cdot i^2} \cdot (\tau \cdot \dot{Q} + Q)$$

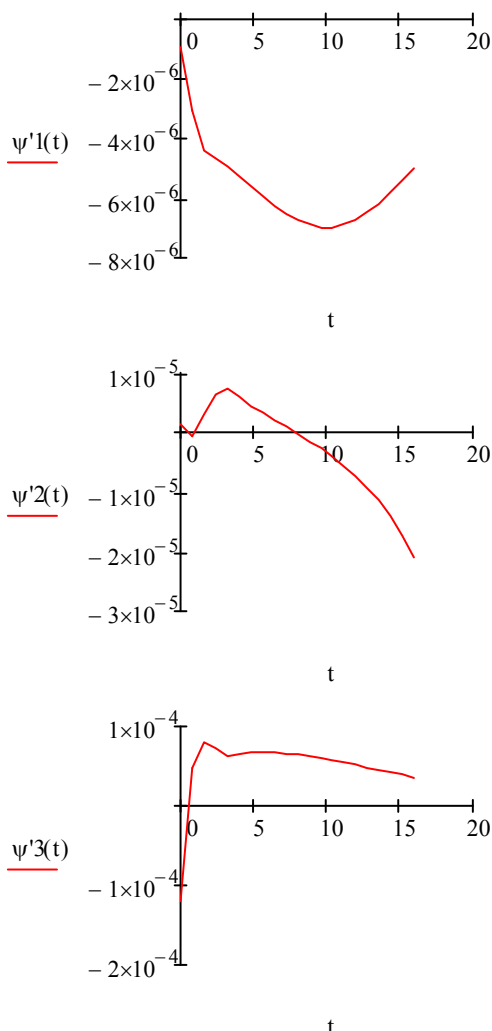


Рис. 5. Графики зависимости динамических ошибок от времени

5. Выводы. Учитывая проведённые расчёты при создании математической модели робота-манипулятора для установки компонентов на печатную плату можно подвести итоги: данный робот-манипулятор подходит для выполнения поставленной задачи.

Литература

1. Александров, Л.П. Основы технологии важнейших отраслей промышленности: учеб. пособие / Л.П. Александров, В.И. Колганов, О.В. Молохов. -М., 1990.
2. Зеньков, В.С. Технология производства / В.С. Зеньков. -Минск, 1996.
3. Самойлов, М.В. Производственные технологии : учеб. пособие / М.В. Самойлов, Н.П. Кохно, А.Н. Ковалев. - Минск, 2006.
4. Сычев, Н.Г. Производственные технологии : учеб. пособие/ Н.Г. Сычев, А.В. Руцкий. - 2-е изд., доп. и перераб. - Минск, 2005.
5. Сычев, Н.Г. Производственные технологии: учеб. пособие / Н.Г. Сычев, С.А. Хмель, А.В. Руцкий. - Минск, 2004.
6. Сычев, Н.Г. Производственные технологии: тексты лекций / Н.Г. Сычев, С.А. Хмель. - Минск, 2002.

References

1. Aleksandrov, L.P. Osnovy tehnologii vazhneyshih otras-ley promyshlennosti: ucheb. posobie / L.P. Aleksandrov, V.I. Kolganov, O.V. Molohov. -M., 1990.
2. Zen'kov, B.C. Tehnologiya proizvodstva / B.C. Zenkov. - Minsk, 1996.
3. Samoylov, M.V. Proizvodstvennyie tehnologii : ucheb. po-sobie / M.V. Samoylov, N.P. Kohno, A.N. Kovalev. - Minsk, 2006.
4. Syichev, N.G. Proizvodstvennyie tehnologii : ucheb. posobie/ N.G. Syichev, A.V. Rutskiy. - 2-e izd., dop. i pererab. - Minsk, 2005.
5. Syichev, N.G. Proizvodstvennyie tehnologii: ucheb. poso-bie / N.G. Syichev, S.A. Hmel, A.V. Rutskiy. - Minsk, 2004.
6. Syichev, N.G. Proizvodstvennyie tehnologii: tekstyi lek-tsiy / N.G. Syichev, S.A. Hmel. - Minsk, 2002.

Литовченко А. О. Дослідження автоматизованої виробничої лінії з роботом-манипулятором призначеним для виробництва і зберігання електронних апаратів

У даній статті проведено дослідження робота-манипулятора для установки електрорадіоелементов на друковану плату. Для цього необхідно провести всі необхідні розрахунки і створити математичну модель, щоб визначити, чи відповідає робот-манипулятор необхідним характеристикам. Показана схема робота-манипулятора, проведено кінематичний аналіз, визначена траєкторія руху і розраховані сили і прискорення ланок. Показано також залежності кінематичних помилок від часу. В результаті проведеного дослідження доведено, що робот-манипулятор підходить для виконання поставленого завдання.

Ключові слова: робот-манипулятор, кінематичний аналіз, ланка, позиціонування, траєкторія..

Litovchenko A. O. Research of an automated production line with robotic arm, designed for the production and storage of electronic devices

This article describes the development of a device for mounting electric components on the printed circuit Board. Attention is paid to the process of creating a mathematical model of the robot manipulator, establishing the components on the Board. We investigate the dynamics of a robot with rigid links (are the laws of change the forces applied to the links of the robot). However, this robot idealized model and in reality, it is necessary to consider compliance kinematic pairs

and gear mechanisms that are considered. In addition, we investigate the free vibration of the system: the natural frequencies and the shape of their own mechanical system. Shown finding a mathematical description of motion using kinematic analysis. Calculated angular velocity and acceleration of different links of the robot manipulator, the absolute angular velocity of the links and the estimation of dynamic errors.

In the result of the study to conclude that this robot manipulator is able to perform the task.

The next step in the development of a robotic manipulator is to create a workable model in CAD SCADA trace mode IDE 6(base).

Key words: robotic arm, kinematic analysis, link positioning, trajectory.

Літовченко Артем Олегович – студент групи РЕА-10дм, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк).

Рецензент: Смолий В.Н. – д.т.н., професор.

Стаття подана 10.01.2015

УДК 687.14

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ КАСТОМІЗАЦІЇ СПОРТИВНОЇ ФОРМИ ДЛЯ БАСКЕТБОЛІСТІВ ЗА УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТИПОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОДЯГУ

Матвійчук С.С.

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF INDUSTRIAL CUSTOMIZATION SPORTSWEAR FOR BASKETBALL PLAYERS WHEN USED TYPICAL METHODS OF DESIGNING CLOTHES

Matviychuk S.S.

В статті розглянуто можливість застосування методів типового проектування для здійснення промислової кастомізації на прикладі системи моделей спортивної форми для баскетболістів. Оскільки впровадження кастомізації на засадах типового проектування передбачає формування інформаційної бази властивостей та елементів конструкції конкретного асортименту, автором здійснено аналіз частоти зустрічності основних ознак баскетбольної форми. Це дозволило розробити класифікацію баскетбольної форми та типову базову конструкцію. На основі типової базової конструкції розроблено систему моделей баскетбольної форми з комбінації елементів. Кастомізація забезпечена можливістю клієнта замовляти індивідуальну модель як нову комбінацію з запропонованих конструктором елементів.

Ключові слова: кастомізація, типове проектування, баскетбольна форма.

1. Вступ. В жорстких умовах конкуренції підприємства шукають нові шляхи інтенсифікації виробництва та підвищення рівня конкурентоспроможності продукції. При формуванні конкурентних переваг продукції уваги заслуговує кастомізація (від [англ.](#) «customer» — клієнт, споживач), яка передбачає виготовлення масової продукції під конкретне замовлення споживача шляхом доукомплектування продукції додатковими елементами [1]. Здійснюється вона набором технологій та логічних дій, які поєднують принципи як масового, так і індивідуального виготовлення та дозволяють керувати процесом життєвого циклу товарів.

Баскетбольна форма виготовляється для конкретного замовника — команди, тому її масовий випуск проблематичний.

Метою роботи є вивчення шляхів інтенсифікації процесу виготовлення асортименту

спортивного одягу та забезпечення при цьому індивідуального підходу до замовника.

2. Постановка проблеми. Основна мета кастомізації — створення у споживача відчуття, що робота робиться для нього особисто і задовольняє його індивідуальні потреби.

Промислова кастомізація відрізняється від адресного проектування можливістю модифікації товару при його замовленні за рахунок спроектованих та розроблених елементів на стадії проектування, в той час як результатом адресного проектування є готовий завершений продукт для конкретної групи споживачів.

В результаті споживач отримує виріб з індивідуальним, обраним ним вирішенням елементів та їх характеристиками за ціною виробу масового виробництва. Виробник в цьому випадку також має економічний зиск — додаткові витрати на стадії проектуванні компенсуються стабільним попитом продукції. В цьому випадку попит завжди відповідає пропозиції, адже пропозиція формується при замовленні виробів.

Беручи до уваги, що спортивна форма замовляється для команд невеликими партіями, але з переліком конкретних модифікаційних вирішень, доцільною є розробка класифікаційних ознак даного асортименту та розробка системи моделей на основі типової базової конструкції. Таким чином, для впровадження промислової кастомізації швейних виробів, обов'язковою умовою є застосування методів типового проектування.

Відповідно до цього, об'єктом дослідження обрано процес типове проектування спортивної форми, предметом дослідження — спортивну форму для баскетболістів.

3. Аналіз останніх досліджень. Проблема впровадження кастомізації для задоволення потреб

споживачів розглядається на сьогодні в основному стосовно техніки, меблів, сфери послуг [1]. Не зважаючи на те, що науковцями легкої промисловості дана тематика не висвітлена, ряд авторів в своїх роботах заклали методичні основи для впровадження кастомізації. Так, Славінською А.Л., Кобляковою Є.Б. розкрито методи типового та модульного проектування, які передбачають створення інформаційної бази елементів конструкції одягу [2,3].

4. Виклад основного матеріалу. З метою розширення асортименту та створення багатоваріантності пропозицій, менеджери наполягають на кастомізації. Впровадження її на засадах типового проектування передбачає формування інформаційної бази властивостей та елементів конструкції конкретного асортименту.

До інформаційного забезпечення відносяться система кодування і класифікації, методичні матеріали на проектування і масиви нормативно-довідкової документації, призначеної для різних підсистем.

На сьогодні, у вік тотальної комп'ютеризації, процесам класифікування надається особливо велика увага, адже комп'ютерні технології потребують стислої та достатньої інформації про об'єкт. Розробка класифікатора окремих конструктивно – композиційних рішень дає можливість застосовувати його в системі САПР «Грація» на різних етапах виробництва.

Для того, щоб полегшити роботу з базою даних та, в подальшому, матрицями сумісності виробів серії моделей, був розроблений класифікатор конструктивно – технологічних рішень членувань (ККТР) вже саме баскетбольної форми. Він дасть змогу більш точно визначити ту чи іншу класифікаційну ознаку спортивної форми, так як в даному класифікаторі зазначається більш точний опис (розташування, конфігурація, напрям, симетричність, шви з'єднання членувань та ін.) та різновидність, в даному випадку внутрішніх членувань, які найбільш притаманні даному асортименту.

5. Результати досліджень. На основі 100 моделей – аналогів баскетбольної форми була визначена частота зустрічності характерних ознак баскетбольної форми. Аналіз частоти зустрічності був здійснений за наступними ознаками: наявність та характер членувань, форма вирізу горловини, характер обробки пройми і горловини, вид обробки верхнього зрізу шорт, оформлення символікою, довжина та ширина шорт. Діаграми зустрічності за обраними ознаками представлені на рисунку 1.

Відносно характеру членувань, встановлено, що найбільший відсоток зустрічності членувань належить вертикальним, вони займають 55% від загального числа. Менш популярними виявились фігурні та горизонтальні членування.

Щодо форми горловини, то найбільш часто застосовується V – подібний виріз горловини (81%) порівняно з округлим (10%) та фігурним (9%).



Рис. 1. Діаграма частоти зустрічності: а, б – наявності та характеру членувань; в – форми вирізу горловини; г – обробка пройми і горловини; д – обробка верхнього зрізу шорт; е – довжини шорт; ж – ширини шорт

При аналізі методів обробки пройми та горловини виявлено, що з трьох методів найбільш часто застосовують обробку бейкою (72%), та еластичною тасьмою (24%), в той час як метод обробки застрочуванням застосовується рідко (4%). Обробка верхнього зрізу шорт в більшості випадків (81%) полягає в обробці на еластичну тасьму та шнурок.

Щодо довжини шорт, то 88% із 100 розглянутих моделей шорт баскетбольних форм були довжиною нижче рівня колін та за своєю об'ємністю – широкими.

Оформлення символікою – важлива складова спортивної форми, адже виконує як інформаційну функцію (логотип команди, назву команди, прізвище та номер гравця), так і рекламну функцію (логотип та назва бренду спонсорів або виробників форми). В деяких випадках, всі елементи символіки можуть бути використані при оформленні баскетбольної форми (рис. 2). Лише 7% з проаналізованих баскетбольних форм не були оформлені символікою взагалі.

ОФОРМЛЕННЯ СИМВОЛІКОЮ

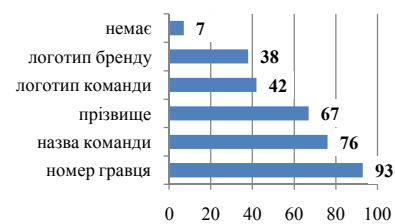


Рис. 2. Діаграма частоти зустрічності оформлення баскетбольної форми символікою

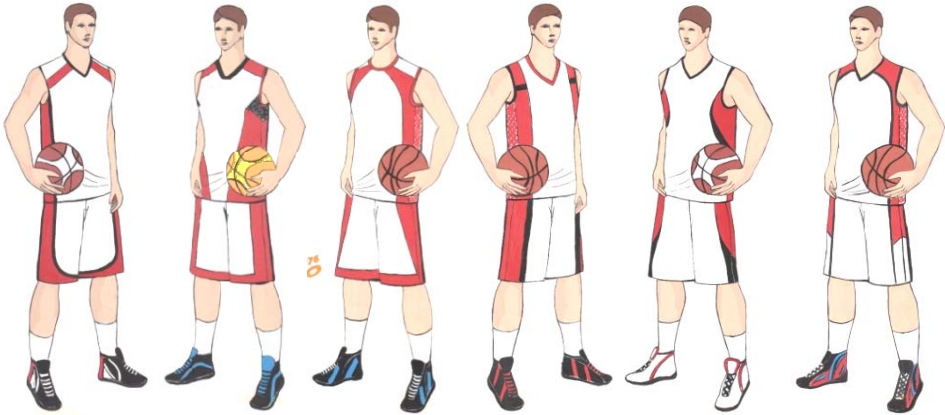
В результаті кількісного аналізу зустрічності ознак моделей баскетбольної форми розроблено типову конструкцію баскетбольної форми та її класифікацію (рис. 3) за наступними характеристиками: статевая та вікова ознаки, комплектність та вид членувань, форма вирізу горловини, об'ємність та оформлення символікою.



Рис. 3. Характеристика ознак баскетбольної форми

Таблиця

Система моделей баскетбольної форми, розроблених на основі типової базової конструкції

Художні ескізи системи моделей	
Технічні ескізи системи моделей	
Додаткові варіанти моделей	

Розроблена класифікація дозволяє сформувати групи споживачів та рекомендації щодо розробки серії моделей для конкретної групи. Декоративно – кольорова, декоративно – оздоблювальна і декоративно – конструктивна теми композиції вихідної моделі забезпечують досить широкі можливості у розробці її модифікацій.

Різними можуть бути матеріал (за фактурою, кольором), характер розробки поверхні декоративно – конструктивними лініями, в даному випадку внутрішніх членувань баскетбольної форми. В широких межах допускається варіювання вільних країв деталей, паралельне і конічне розширення, але таке варіювання не є доцільним для баскетбольної форми. Розроблена системи моделей [4] спортивної форми для баскетболістів на основі типової базової конструкції представлена в таблиці.

Застосування в сучасних САПР системи «конструктор» передбачає розгляд моделі серії як певну комбінацію групових елементів у модифікаційних перетвореннях.

Домінуючим напрямком проектування модельної конструкції серії (МКС) є метод типового поліваріантного проектування шляхом використання уніфікації і агрегування типових і уніфікованих елементів за варіантом методу базового проектування [1].

В результаті кількісного аналізу зустрічності конструктивних рішень моделей баскетбольної форми визначено типову конструкцію баскетбольної форми та розроблено типову базову конструкцію. Використання типової базової конструкції забезпечує виконання одягом найбільш важливих естетичних та утилітарних функцій. Різноманітність

модельної конструкції серії за властивостями досягається в результаті перетворення типової базової конструкції методами конструктивно – декоративного модифікування.

5. Висновки. Враховуючи принципи кастомізації, яка передбачає виготовлення масової продукції під конкретне замовлення споживача шляхом доукомплектування продукції додатковими елементами, автором здійснено аналіз частоти зустрічності основних ознак баскетбольної форми. Це дозволило розробити класифікацію баскетбольної форми та типову базову конструкцію. На основі типової базової конструкції розроблено систему моделей даного асортименту, яка підтверджує можливість кастомізації та інтенсифікації процесу виготовлення та виведення моделей на ринок.

Л і т е р а т у р а

1. <http://vbiznese.org/reklama>
2. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу : Рекон. МОНУ як навч. посібник для студ. ВНЗ / Славінська А. Л. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 179 с.
3. Коблякова Е.Б. – Конструирования одежды с элементами САПР. Учеб. для вузов / Коблякова Е.Б., Ивлева Г.С., Романов В.Е. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 464 с.
4. Матвійчук С.С. Проектування спортивного одягу із забезпеченням динамічної відповідності / Матвійчук С.С., Алмашій К.В. : Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених та студентів «Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості», МОН України 23-25 жовтня 2013р. м. Хмельницький Хмельницький національний університет С. 72 – 74.

R e f e r e n c e s

1. <http://vbiznese.org/reklama>
2. Slavins'ka A. L. Metody tipovoho proektuvannya odyahu : Rekom. MONU yak navch. posibnyk dlya stud. VNZ / Slavins'ka A. L. – Khmel'nyts'kyy : KhNU, 2012. – 179 p.
2. Koblyakova E.B.- Konstruyrovanyya odezhdy s elementamy SAPR. Ucheb. dlya vuzov/ Koblyakova E.B., Yvleva H.S., Romanov V.E.- M.: Lehprombutyzdat, 1988. – 464 p.
4. Matviichuk S.S. Proektuvannya sportyvnoho odyahu iz zabezpechenniam dynamichnoyi vidpovidnosti / Matviichuk S.S., Almashiy K.V. : Zbirnyk tez dopovidey Vseukrayins'koyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi molodykh vchenykh ta studentiv «Resursozberihayuchi tekhnolohiyi lehkoyi, tekstyl'noyi

i kharchovoyi promyslovosti», MON Ukrayiny 23-25. 10. 2013y. m. Khmel'nyts'kyy Khmel'nyts'kyy natsional'nyy universytet p.p. 72 – 74. [in Ukrainian]

Матвійчук С.С. Аналіз можливості здійснення промислової кастомізації спортивної форми для баскетболістів при умови применения методов типового проектирования

В статье рассмотрена возможность использования методов типового проектирования для осуществления промисленной кастомизации на примере системы моделей спортивной формы для баскетболистов.

Так как внедрение кастомизации по принципам типового проектирования предусматривает формирование информационной базы свойств и элементов конструкции конкретного ассортимента, автором произведено анализ частоты наличия основных характеристик баскетбольной формы. Это позволило разработать классификацию характеристик баскетбольной формы и типовую базовую конструкцию.

На основе типовой базовой конструкции разработано систему моделей баскетбольной формы из комбинации элементов. Кастомизация обеспечивается возможностью клиента заказывать индивидуальную модель как новую комбинацию из предложенных конструктором элементов.

Ключевые слова: кастомизация, типовое проектирование, баскетбольная форма.

Matviychuk S.S. Analysis of the feasibility of industrial customization sportswear for basketball players when used typical methods of designing clothes

The possibility of using typical design methods for implementation of industrial customization on the example of models sportswear for basketball reviewed in this article.

It is possible to develop a classification basketball sportswear and typical basic design.

System models of this range based on typical basic design, which confirms the possibility of customization and intensify the process of manufacturing were developed.

Based on the results, the consumer in the short term can get an order, made under the proposed solutions of typical elements. It combines the principles of both individual and mass production and have the ability to manage the process of life cycle.

Keywords: customization, sportswear for basketball.

Матвійчук Світлана Салманівна – к.т.н., доцент кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет. salma1405@mail.ru

Рецензент: Суворин А.В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 19.01.2015

УДК 66.094.942

**АЛКОГОЛІЗ ТРИГЛІЦЕРИДІВ ЕТАНОЛОМ У ПРИСУТНОСТІ
КАТІОНІТУ КУ-2-8, МОДИФІКОВАНОГО ІОНАМИ МЕТАЛІВ****Мельник Ю.Р., Палюх З.Ю., Мельник С.Р.****TRANSESTERIFICATION OF TRIGLYCERIDES WITH ETHYL ALCOHOL IN THE
PRESENCE OF CATION-EXCHANGE RESIN KU-2-8 MODIFIED BY METAL IONS****Melnyk Yu.R., Palyukh Z. Yu., Melnyk S.R.**

Досліджено алкоголіз соняшникової олії етиловим спиртом у присутності каталізаторів – катіоніту КУ-2-8 у Н-формі та з іммобілізованими іонами металів, а також аніоніту АВ-17-8. Встановлено, що заміна у катіоніті йону гідрогену на катіон металу знижує активність каталізатора і рівноважну конверсію тригліцеридів. Визначено вплив концентрації каталізатора на конверсію соняшникової олії, оптичну густину і кислотне число продуктів реакції. Встановлено, що оптимальна концентрація катіоніту при мольному співвідношенні соняшникова олія : етанол – 1 : 4 повинна становити 2 мас. %. Показано можливість повторного використання в процесі алкоголізу каталізатора КУ-2-8 без будь-якої попередньої підготовки.

Ключові слова: алкоголіз, соняшникова олія, тригліцериди, катіоніт КУ-2-8, аніоніт АВ-17-8, іммобілізовані іони металів.

1. Вступ. Процес алкоголізу тригліцеридів аліфатичними спиртами дозволяє отримувати ряд цінних продуктів органічного синтезу та є ключовим при виробництві біодизелю – метилових естерів ненасичених жирних кислот [1–3]. Продукти алкоголізу тригліцеридів також використовують у виробництві алканоламідів, які застосовують як неіонні поверхнево-активні речовини, емульгатори, і пластифікуючі агенти. Жирні спирти отримані гідруванням естерів застосовують як фармацевтичні та косметичні добавки, ізопропілові естери – як пластифікуючі агенти.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як каталізатори реакції алкоголізу традиційно використовують луги (KOH, NaOH) [2, 3]. Каталітичну активність виявляють також карбонати і алкогалати лужних металів [4], трифторид бору [5] тощо. Суттєвою проблемою застосування гомогенних лужних каталізаторів є утворення поряд з цільовими естерами жирних кислот і ряду побічних продуктів, для вилучення яких потрібна стадія багаторазового промивання продуктів

алкоголізу, а також необхідність нейтралізації каталізатора після завершення реакції.

Для прискорення реакції алкоголізу також можна використовувати хлоридну, сульфатну, *n*-толуолсульфокислоту [6], а також кислоти, здатні до комплексоутворення (етилендіамінотетраоцтову або лимонну кислоти) [7]. Застосування сильних кислот має ряд недоліків: наявність побічних реакцій; кородуюча дія гомогенних каталізаторів на обладнання; неможливість регенерації каталізатора; трудомісткість процесів очищення продуктів алкоголізу від каталізатора, наявність великої кількості відходів, які утворюються при утилізації відпрацьованих каталізаторів тощо [8].

У зв'язку з недоліками вказаних традиційних гомогенних кислотних та лужних каталізаторів ведуть пошук принципово нових, насамперед, гетерогенних каталізаторів, застосування яких дозволяє забезпечити високу швидкість і спростити технологічні процеси алкоголізу жирів [9]. Такі каталізатори можна вводити у реакційну масу як у вигляді суспензії [10], так застосовувати у стаціонарному стані, у вигляді нерухомого шару [10, 11].

Метою роботи було порівняти закономірності алкоголізу тригліцериду (соняшникової олії) етанолом у присутності каталізаторів катіоніту КУ-2-8 у Н-формі та з іммобілізованими іонами металів, а також аніоніту АВ-17-8, та визначити оптимальний каталізатор і умови його застосування.

3. Матеріали і результати дослідження. Встановлено, що у присутності досліджених каталізаторів – КУ-2-8 у Н-формі і КУ-2-8 з іммобілізованими іонами металів, спостерігається однаковий характер кривих залежності конверсії соняшникової олії від тривалості реакції: за її початковий період (50–60 хв) досягається практично максимальна рівноважна конверсія олії в перерахунку на тригліцерид, а за наступні 180 хв

реакції приріст конверсії соняшникової олії є незначним (рис. 1).

Найкращі показники процесу алкоголізу досягнуті у присутності катіоніту КУ-2-8 (рівноважна конверсія олії – 88,6%). Дещо меншу активність виявляє катіоніт з іммобілізованими іонами Sn^{2+} : у його присутності на 90 хв реакції конверсія олії становить ~80% (рис. 1), а на 180 хв – 84,5% (табл. 1). Непогані результати спостерігаються при застосуванні як каталізатора аніоніту АВ-17-8, щоправда, максимальна конверсія олії (82,2%) досягається лише за 180 хв реакції в результаті її практично лінійного зростання протягом усього цього часу (рис. 1). Подальше збільшення тривалості реакції на конверсію олії не впливає.

Така відмінність у зміні конверсії тригліцериду у присутності кислотних (КУ-2-8 – кислота Бренстеда, іммобілізовані на КУ-2-8 іони металів – кислоти Льюїса) і лужного (аніоніт АВ-17-8) каталізаторів пояснюється різним механізмом реакції.

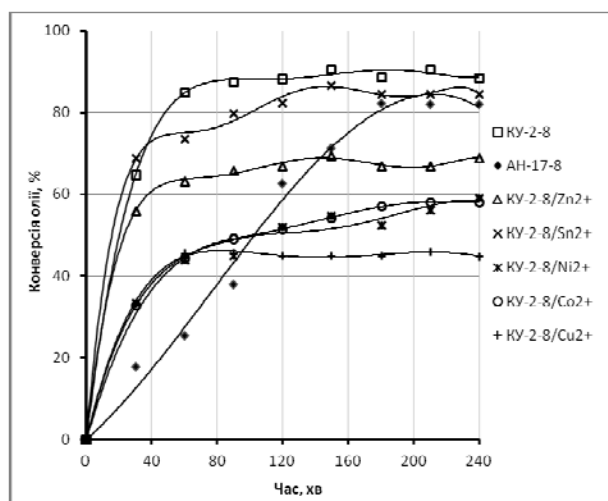


Рис. 1. Залежність конверсії соняшникової олії від часу в присутності різних каталізаторів. Температура – 353К, мольне співвідношення триолеат : етанол – 1 : 4, концентрація каталізатора – 2 мас. %

Таблиця 1

Вплив природи іоніту та іону іммобілізованого металу на алкоголіз соняшникової олії етанолом. Температура 353 К, мольне співвідношення триолеат : етанол – 1 : 4, концентрація каталізатора – 2 мас. %

Каталізатор	Конверсія соняшникової олії, %		Оптична густина продуктів реакції, D (440 нм)	Кислотне число, мг КОН/г
	120 хв	180 хв		
КУ-2-8	88,3	88,6	0,05	0,4
Аніоніт	62,6	82,2	0,07	0,4
КУ-2-8/ Zn^{2+}	66,9	66,9	0,07	0,5
КУ-2-8/ Sn^{2+}	82,5	84,5	0,08	0,5
КУ-2-8/ Ni^{2+}	51,9	52,4	0,09	0,5
КУ-2-8/ Co^{2+}	49,2	57,1	0,03	0,4
КУ-2-8/ Cu^{2+}	45,1	45,1	0,08	0,4

Перевагою всіх досліджених каталізаторів є відсутність побічних реакцій, що опосередковано підтверджують низька оптична густина отриманих

продуктів (не вища, а у деяких випадках нижча, ніж оптична густина олії, взятої на реакцію) і відсутність піків неідентифікованих речовин на хроматограмі. Визначені значення кислотного числа реакційної суміші також свідчать, що під час реакції алкоголізу гідроліз тригліцеридів не відбувається і вільні кислоти не утворюються (табл. 1).

Як видно з рис. 2, при зміні концентрації найактивнішого каталізатора катіоніту КУ-2-8 у Н-формі в межах 0,5–3 мас. % інтенсивність реакції є найвищою при вмісті каталізатора 1 мас. %, але найвища конверсія досягається при його 2 мас. % у реакційній суміші. При підвищенні концентрації каталізатора КУ-2-8 до 3 мас. % дещо зростає оптична густина продуктів реакції, проте і в цьому випадку хроматографічний аналіз показує відсутність побічних продуктів реакції (табл. 2).

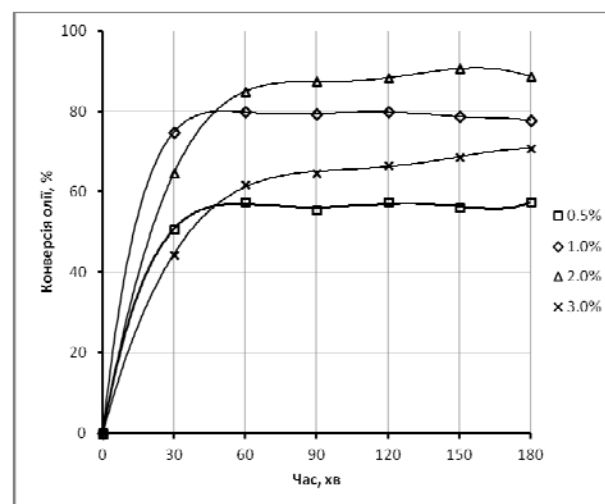


Рис. 2. Вплив концентрації катіоніту КУ-2-8 на процес алкоголізу соняшникової олії етиловим спиртом. Температура – 353К, мольне співвідношення триолеат : етанол – 1 : 4

Таблиця 2

Вплив концентрації катіоніту КУ-2-8 на алкоголіз соняшникової олії етанолом. Температура 353 К, мольне співвідношення триолеат : етанол – 1 : 4

$S_{\text{кат}}$ мас. %	Конверсія соняшникової олії, %		Оптична густина продуктів реакції, D (440 нм)	Кислотне число, мг КОН/г
	120 хв	180 хв		
0,5	57,4	62,3	0,07	0,4
1,0	79,8	77,6	0,06	0,4
2,0	88,3	88,6	0,05	0,4
3,0	66,5	70,7	0,10	0,4

Кислотне число у всіх випадках, навіть при максимальній концентрації каталізатора, залишається низьким, що свідчить про те, що катіоніт не каталізує реакцію гідролізу тригліцеридів до вільних кислот (табл. 2).

Отже, отримані результати показують, що оптимальною концентрацією каталізатора – катіоніту КУ-2-8 є 2 мас. %.

Враховуючи, що досліджувані каталізатори за своїм агрегатним станом є твердими тілами і легко відділяються від реакційної суміші фільтруванням, однією з їх переваг може бути повторне застосування. Тому, після відділення каталізатора від реакційної суміші фільтруванням, його повертали у реакцію алкоголізу.

Встановлено, що при повторному застосуванні катіоніту КУ-2-8 у реакції алкоголізу досягається конверсія соняшникової олії не нижча, ніж при використанні свіжого катіоніту, а такі показники реакційної суміші як оптична густина та кислотне число залишаються на прийнятному рівні (табл. 3).

Таблиця 3
Повторне використання каталізатора КУ-2-8 у реакції алкоголізу соняшникової олії етанолом. Температура 353 К, мольне співвідношення триолеат : етанол – 1 : 4, концентрація каталізатора – 2 мас. %

№ досліду	Конверсія соняшникової олії, %		Оптична густина продуктів реакції, D (440 нм)	Кислотне число, мг КОН/г
	120 хв	180 хв		
1	88,3	88,6	0,05	0,4
2	85,3	90,3	0,06	0,3
3	84,7	89,4	0,06	0,4
4	85,2	88,9	0,06	0,4

Отже, при застосуванні катіоніту КУ-2-8 суттєво спрощується технологія процесу алкоголізу порівняно із застосуванням гомогених кислотних чи лужних каталізаторів, які потребують стадії нейтралізації, а також створюється можливість повторного використання каталізатора.

4. Експериментальна частина. У реакції алкоголізу використовували соняшкову олію (ДСТУ 4492:2005) та спирт етиловий ректифікований (ДСТУ 4221:2003). З метою вилучення води і отримання безводного етилового спирту його обробляли прожареним сульфатом магнію (ГОСТ 4523-77).

Як каталізатори застосовували катіоніт КУ-2-8 (ГОСТ 20298-74), аніоніт АВ-17-8 (ГОСТ 20301-74) та катіоніт КУ-2-8 з іммобілізованими на ньому іонами металів. Серед іонів металів досліджено двовалентні іони Zn^{2+} , Sn^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} . Іммобілізацію іонів металів здійснювали шляхом обмінної реакції між катіонітом КУ-2-8 у Н-формі та насиченим розчином солі відповідного металу. Методику отримання катіоніту КУ-2-8 з іммобілізованими іонами металів наведено у [12].

Для катіоніту КУ-2-8 визначали ПСОЕ (2,3 ммоль H^+ /г) за ГОСТ 20255.1-89. За ним визначали дозування каталізатора на реакцію алкоголізу та на йонний обмін при одержанні катіоніту КУ-2-8 з іммобілізованими катіонами.

Реакцію алкоголізу соняшникової олії етанолом досліджували при температурі 353К, мольному співвідношенні соняшникова олія : етиловий спирт – 1 : 4 та концентрації каталізатора 0,5–3 мас. % у реакційній установці, яка складалася з термостійкої круглodonної колби, зворотного холодильника, механічної мішалки з гідрозатвором і термометра, яким визначали температуру реакційного середовища. Температуру теплоносія також контролювали з допомогою термометра. За початок реакції приймали момент досягнення реакційною сумішшю температури 343К. Через визначені проміжки часу відбирали проби реакційної суміші для хроматографічного визначення концентрації етилового спирту.

За розрахованою кількістю прореагованого етанолу розраховували конверсію соняшникової олії у перерахунку на тригліцерид.

Оптичну густину реакційної суміші визначали фотокolorиметром КФК-2 при довжині хвилі світла 440 нм у кюветі товщиною 10 мм.

Кислотне число реакційної суміші визначали згідно методики [13].

Аналіз вмісту етанолу в продуктах алкоголізу соняшникової олії виконано газорідинним хроматографом “Цвет-100” з детектором по теплопровідності. Для аналізу реакційної суміші використано колонку завдовжки 2 м, діаметром 3 мм, заповнену нерухомою фазою 5% Silicone SE30 на Chromaton N-AW. Газ-носії – гелій, витрата якого становила – 3 $дм^3/год$; сила струму на детекторі – 120 мА; об’єм аналізованої проби – 2 мкл. Температура випарника становила 483К, температура детектора – 443К. Температура колонки становила 353К.

5. Висновки. Отже, застосування каталізаторів на основі катіоніту КУ-2-8 є достатньо ефективним у процесі алкоголізу соняшникової олії етанолом, а найкращі результати досягаються при проведенні реакції у присутності катіоніту в Н-формі. За цих умов вже через 60 хв досягається практично максимальна конверсія олії і подальше збільшення тривалості процесу суттєво не впливає на конверсію соняшникової олії. Встановлено оптимальну концентрацію каталізатора та показано можливість повторного його використання в процесі алкоголізу з отриманням достатньо хороших результатів.

Література

- Schuchardt U. Transesterification of vegetable oils: a review / U. Schuchardt, R. Sercheli, R. M. Vargas // J. Braz. Chem. Soc. – 1998. – № 1. – P. 199–210.
- Zhou W. Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable Oils / W. Zhou, S.K. Konar, D.G. Boocock // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – № 4. – P. 367–371.
- Zihmane K. Transestérification of rapessed and flax oils / K. Zihmane, S. Rabkevica // Latvijas Himijas Journals. – 2002. – № 1. – P. 123.

4. Пат. 1215275A1 ЄП, МПК 7 C 11 C 3/10, C 07 C 67/03. Method for preparing fatty acid esters from seeds or fruits / F. Goto, T. Sasaki; заявник і правовласник – Sumitomo Chemical Company Limited – №EP20010129314; заявл. 14.12.2001; опубл. 19.06.2002.
5. Stavarache C. Ultrasonic versus silent méthylation of vegetable oils / C. Stavarache, M. Vinatoru, Y. Maeda // Ultrason. Sonochem. – 2006. – № 5. – С. 401–407.
6. Пат. 6768015 США, МПК 7 C 11 C 1/00. Method of making alkyl esters using pressure / Luxem F.J., Troy W.M.; заявник і правовласник – Stepan Co, №10/639382; заявл. 12.08.2003; опубл. 27.07.2004.
7. Пат. 10257215 В4, Німеччина, МПК 7 C 11 C3/10. Verfahren zur Verbesserung der Langzeitstabilität von Biodiesel / R. Dr. Bönsch, W. Kastl, P. Mitschke, H. Saft; заявник і правовласник – Lurgi AG; №2002157215; заявл. 07.12.2002; опубл. 08.07.2004.
8. Тютюнников Б. Н. Химия жиров / Б. Н. Тютюнников, З. И. Бухштаб, Ф. Ф. Гладкий. – М.: Колос, 1992. – 448 с.
9. Пат. 6960672 США, МПК 7 C 11 C 3/00. Processes for producing alkyl ester of fatty acid / M. Nakayama, K. Tsuto, T. Hirano, T. Sakai, A. Kawashima, H. Kitagawa; заявник і правовласник – Revo International Inc, №10/473252; заявл. 28.03.2002, опубл. 01.11.2005.
10. Ondrey G. Heterogeneous catalyst offers cleaner route to fatty acid esters / Gerald Ondrey // Chemical engineering. – 2004. – №1. – P.15.
11. Пат. 6509487 США, МПК 7 C 11 C 3/00. Process for producing lower alkyl fatty esters / T. Nobuhiro, K. Takanobu, T. Osamu, M. Taku, F. Noriaki, Y. Katsutoshi; заявник і правовласник – Kao Corp. – №09/989409; Заявл. 21.11.2001; Опубл. 21.01.2003.
12. Мельник С. Р. Наукові основи одержання і технологія моно- та дієстерів аліфатичних карбонових кислот : дис. докт. техн. наук : 05.17.04 / Мельник Степан Романович – Львів, 2014. – 329 с.
13. Одабашьян Г. В. Лабораторный практикум по химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза. Учеб. пособие для вузов / Г. В. Одабашьян, В. Ф. Швец – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1992. – 240 с.
- R.Dr. Bönsch, W. Kastl, P. Mitschke, H. Saft; Antragsteller und Inhaber – Lurgi AG; №2002157215; Anmeldetag 07.12.2002; Erscheinungsdatum 08.07.2004.
8. Tyutyunnikov B.N. Khimiya zhirov / B. N. Tyutyunnikov, Z. I. Buhstap, F. F. Gladkiy. – М.: Колос, 1992. – 448 с.
9. Pat. 6960672 USA, int. C 11 C 3/00. Processes for producing alkyl ester of fatty acid / M. Nakayama, K. Tsuto, T. Hirano, T. Sakai, A. Kawashima, H. Kitagawa; applicant and holder – Revo International Inc, №10/473252; filing date 28.03.2002, publication date 01.11.2005.
10. Ondrey G. Heterogeneous catalyst offers cleaner route to fatty acid esters / Gerald Ondrey // Chemical engineering. – 2004. – №1. – P.15.
11. Pat. 6509487 USA, int. C 11 C 3/00. Process for producing lower alkyl fatty esters / T. Nobuhiro, K. Takanobu, T. Osamu, M. Taku, F. Noriaki, Y. Katsutoshi; applicant and holder – Kao Corp. – №09/989409; filing date 21.11.2001; publication date 21.01.2003.
12. Melnyk S. R. Naukovi osnovy oderzhannya i tekhnolohiya mono- ta diesteriv alifatychnykh karbonovykh kyslot : dys. dokt. tekhn. nauk : 05.17.04 / Melnyk Stepan Romanovych – Lviv, 2014. – 329 s.
13. Odabashyan G. V. Laboratornyi praktikum po khimii i tekhnologii osnovnogo organicheskogo i neftekhimicheskogo sinteza. Ucheb. posobie dlya vuzov / G. V. Odabashyan, V. F. Shvets – 2-e izd. pererab. i dop. – М.: Khimiya, 1992. – 240 s.

References

1. Schuchardt U. Transesterification of vegetable oils: a review / U. Schuchardt, R. Sercheli, R. M. Vargas // J. Braz. Chem. Soc. – 1998. – № 1. – P. 199–210.
2. Zhou W. Ethyl esters from the single-phase base-catalyzed ethanolysis of vegetable Oils / W. Zhou, S.K. Konar, D.G. Boocock // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2003. – № 4. – P. 367–371.
3. Zihmane K. Transestérification of rapessed and flax oils / K. Zihmane, S. Rabkevica // Latvijas Himijas Journals. – 2002. – № 1. – С. 123.
4. Pat. 1215275A1 EP, int. C 11 C 3/10, C 07 C 67/03. Method for preparing fatty acid esters from seeds or fruits / F. Goto, T. Sasaki; applicant and holder – Sumitomo Chemical Company Limited – №EP20010129314; filing date 14.12.2001; publication date 19.06.2002.
5. Stavarache C. Ultrasonic versus silent méthylation of vegetable oils / C. Stavarache, M. Vinatoru, Y. Maeda // Ultrason. Sonochem. – 2006. – № 5. – С. 401–407.
6. Pat. 6768015 USA, int. C 11 C 1/00. Method of making alkyl esters using pressure / Luxem F.J., Troy W.M.; applicant and holder – Stepan Co, №10/639382; filing date 12.08.2003; publication date 27.07.2004.
7. Pat. 10257215 Deutschland, int. C 11 C3/10. Verfahren zur Verbesserung der Langzeitstabilität von Biodiesel /

Мельник Ю. Р., Палюх З. Ю., Мельник С. Р. Алкоголиз триглицеридов этанолом в присутствии катионита КУ-2-8, модифицированного ионами металлов.

Исследован алкоголиз подсолнечного масла этиловым спиртом в присутствии катализаторов – катионита КУ-2-8 в H-форме и с иммобилизованными ионами металлов, а также анионита АВ-17-8. Установлено, что замена в катионите иона водорода на катион металла снижает активность катализатора и равновесную конверсию триглицеридов. Исследовано влияние концентрации катализатора на конверсию подсолнечного масла, оптическую плотность и кислотное число продуктов реакции. Установлено, что оптимальная концентрация катионита при мольном соотношении подсолнечное масло: этанол - 1: 4 должна составлять 2 мас. %. Показана возможность повторного использования в процессе алкоголиза катализатора КУ-2-8 без какой-либо предварительной подготовки.

Ключевые слова: алкоголиз, подсолнечное масло, триглицериды, катионит КУ-2-8, анионит АВ-17-8, иммобилизованные ионы металлов.

Melnyk Yu.R., Palyukh Z. Yu., Melnyk S. R. Transesterification of triglycerides with ethyl alcohol in the presence of cation-exchange resin KU-2-8 modified by metal ions.

The transesterification of sunflower oil with ethyl alcohol in the presence of catalysts – cation-exchange resin KU-2-8 in the H-form and KU-2-8 modified by metal ions and anion-exchange resin AV-17-8 has been studied. It was established that the replacement of cation of hydrogen on a cation of metal reduces the activity of the catalyst and the equilibrium conversion of triglycerides. The influence of catalyst concentration on sunflower oil conversion, optical density and acid number of the reaction products has been studied. It was established that in molar ratio of sunflower oil

: ethanol – 1: 4 the optimum concentration of cation-exchange resin should be 2 wt. %. It was showed the possibility of re-use of catalyst KU-2-8 for the alcoholysis process.

Keywords: transesterification, sunflower oil, triglycerides, KU-2-8 cation-exchange resin, AV-17-8 anion-exchange resin, immobilized metal ion.

Мельник Юрій Романович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів). yurii.r.melnyk@lpnu.ua

Палюх Зоряна Юріївна – аспірант кафедри технології органічних речовин, Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів). mega.palyuh@mail.ru

Мельник Степан Романович – д.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів). st_melnyk@yahoo.com

Рецензент: **Суворин А. В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 19.01.2015

УДК 66.095.132:66.011

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ЕСТЕРИФІКАЦІЇ

Мельник С.Р., Кравченко І.В.

THE MATHEMATICAL MODEL OF ESTERIFICATION PROCESS

Melnyk S.R., Kravchenko I.V.

За результатами кінетичних досліджень реакції естерифікації оцтової і адипінової кислот бутан-1-олом і 2-метилпропан-1-олом побудована математична модель процесу в нестационарних умовах. Визначено необхідні вихідні дані та алгоритм розрахунку тривалості процесу для досягнення заданого ступеня перетворення визначального реагента (карбонової кислоти) і концентрацій компонентів реакційної системи у будь-який момент реакції. Показано, що експериментальні результати естерифікації оцтової і адипінової кислот бутан-1-олом і 2-метилпропан-1-олом підтверджують адекватність запропонованої математичної моделі процесу, яку можна рекомендувати для технічних розрахунків процесів одержання моно- і дієстерів карбонових кислот і встановлення оптимальних умов для кожного конкретного синтезу.

Ключові слова: естерифікація, напівперіодичний процес, математична модель, адипінова кислота, оцтова кислота, бутан-1-ол, 2-метилпропан-1-ол.

1. Вступ. Математичне моделювання технологічного процесу за результатами лабораторних досліджень є невід'ємною частиною проектування нового або вдосконалення діючого хімічного виробництва. Одержані кінетичні характеристики реакцій дозволяють виконати технологічний розрахунок реактора та описати стан системи у будь-який момент часу: визначити концентрації реагентів і продуктів чи тривалість процесу, необхідну для досягнення заданого ступеня перетворення визначального реагента [1–3].

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для математичного опису процесу естерифікації за участю нелетких компонентів достатньо визначених констант швидкості та рівноваги реакції [4]. Процес одержання моно- та дієстерів карбонових кислот і нижчих спиртів відбувається в нестационарних умовах з відгонкою утвореної в реакції води, спирту та інших летких компонентів реакційної суміші, тому для одержання його адекватної математичної моделі потрібні не лише кінетичні характеристики реакцій, але й термодинамічні дані реагентів і продуктів, які необхідні для складання теплового

балансу реактора [1, 2]. Наприклад, у статті [5] наведено математичну модель процесу естерифікації молочної кислоти бутан-1-олом у реакторі напівперіодичної дії в присутності катіонообмінної смоли LEWATIT-S у Н-формі. Для опису процесу використана багатопараметрична модель, яка вимагає відомостей про фізико-хімічні властивості кожного компонента реакційної системи, залежність його фізичних характеристик від температури тощо. На жаль, така інформація не завжди є доступною з літературних джерел.

Тому метою роботи було розроблення спрощеного алгоритму математичного опису нестационарного процесу естерифікації оцтової (ОК) і адипінової (АК) кислот бутан-1-олом (БС) та 2-метилпропан-1-олом (іБС) у присутності каталізаторів *n*-толуолсульфокислоти і перфтор(4-метил-3,6-діоксаоктан)сульфонату кобальту $C(\text{Co}(\text{pfos})_2)$.

3. Матеріали і результати дослідження. Для побудови математичної моделі процесу естерифікації використані визначені у попередніх кінетичних дослідженнях значення передекспоненти константи швидкості та енергії активації вищевказаних реакцій [6, 7].

Для розрахунку тривалості реакції естерифікації та концентрацій реагентів і продуктів реакції можна запропонувати наведений нижче алгоритм.

✚ Вихідні дані:

- початкові концентрації реагентів $C_{i,0}$, моль/дм³;
- концентрація каталізатора C_{kat} , моль/дм³;
- ступінь перетворення карбонової кислоти $X_K=0,995$, що відповідає високому ступеню перетворення моноестеру АК;
- значення передекспоненти константи швидкості $k_{0,i}$ і енергії активації реакції $E_{A,i}$.

✚ Оскільки процес відбувається в неізотермічних умовах, то приймаємо, що реакція з помітною швидкістю відбувається в інтервалі температури у межах від початкової $T_0=373\text{K}$

до кінцевої $T_K = T_{\text{кип}}$ температури, яка відповідає температурі кипіння естеру ОК (що є найвищою в реакційній системі), або до температури теплоносія $T_K = T_T$ під час одержання дієстерів АК.

- За передекспонентою k_0 і енергією активації E_A реакції моно- чи дикарбонової кислоти, визначеними у кінетичних дослідженнях [6, 7], розраховуємо константу швидкості реакції при температурі T_C

$$k = k_0 \exp\left(-\frac{E_A}{RT_C}\right), \quad (1)$$

за якою визначаємо орієнтовну тривалість реакції для досягнення заданої конверсії ОК X_{OK} чи АК X_{AK} .

- Середнє значення температури реакції розраховуємо за формулою

$$T_C = \frac{T_0 - T_K}{2}. \quad (2)$$

Швидкість реакції витрати моно- і дикарбонової кислоти (К) у нестационарних умовах за відсутності води, яка відганяється з реакційної системи, описує рівняння

$$\frac{dC_K}{d\tau} = -kC_{kat}C_KC_C, \quad (3)$$

де C_K і C_C – концентрації карбонової кислоти і спирту, відповідно, моль/дм³.

Оскільки

$$C_K = C_{K,0}(1 - X_K), \quad (4)$$

де $C_{K,0}$ – початкова концентрація карбонової кислоти, моль/дм³, то інтегруванням рівняння (3) з врахуванням виразу (4) одержуємо рівняння для розрахунку тривалості реакції естерифікації при T_C :

$$\tau_K = \frac{-\ln\left[\frac{1 - X_K}{\beta(\beta - X_K)}\right]}{kC_{kat}C_{K,0}}, \quad (5)$$

де $\beta = \frac{C_{C,0}}{C_{K,0}}$ – коефіцієнт надлишку спирту;

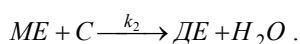
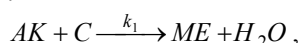
$C_{C,0}$ – початкова концентрація спирту, моль/дм³.

- З врахуванням заданого ступеня перетворення карбонової кислоти $X_K = 0,995$ визначаємо тривалість реакції естерифікації τ_K за рівнянням (5).

- Приймаємо лінійний характер підвищення температури і визначаємо коефіцієнт росту температури з рівняння

$$k_t = \frac{T_K - T_0}{\tau_K}. \quad (6)$$

- Схему перетворень, які відбуваються під час естерифікації АК спиртами, описують рівняння:



- Приймаємо, що утворена вода відразу ж залишає реактор. Це дозволяє вважати реакцію нерівноважною.

- Складаємо систему рівнянь, які враховують:

- зміну концентрації карбонової кислоти (3);
- зв'язок ступеня перетворення карбонової кислоти з її поточною концентрацією:

$$X_K = \frac{C_{K,0} - C_K}{C_{K,0}}, \quad (7)$$

- зміну концентрації моноестеру АК:

$$\frac{dC_{ME}}{d\tau} = k_1C_{kat}C_KC_C - k_2C_{kat}C_{ME}C_C; \quad (8)$$

- зміну концентрації дієстеру АК:

$$\frac{dC_{DE}}{d\tau} = k_2C_{kat}C_{ME}C_C; \quad (9)$$

- зміну температури реакції естерифікації:

$$T = T_0 + k_t\tau, \quad (10)$$

де τ – поточний час реакції, с;

- рівняння залежності константи швидкості i -ої реакції від температури:

$$k_i = k_{0,i} \exp\left(-\frac{E_{A,i}}{RT}\right). \quad (11)$$

- Систему рівнянь (3, 7–11) розв'язуємо відносно значень концентрацій реагентів і продуктів реакції в межах температурного інтервалу (T_0 – T_K). При розрахунку процесу естерифікації ОК рівняння (8) не враховуємо, а для розрахунку зміни концентрації естеру ОК використовуємо рівняння (9).

- Процес естерифікації в реакторі напівперіодичної дії також супроводжується зміною об'єму реакційної маси за рахунок вилучення частини спирту і води, а у реакції одержання алкілацетатів також частини ОК та її естеру, у водовідділювач:

- цю зміну враховуємо під час інтегрування системи рівнянь коректуванням концентрацій карбонової кислоти, моно- і дієстеру множенням їх значення на коефіцієнт зміни об'єму (на першій хвилині реакції):

$$k_V = \frac{V_0}{V_0 - V_d}, \quad (12)$$

де V_0 і V_d – об'єм реакційної суміші до реакції та об'єм дистиляту, винесений у водовідділювач, м³;

- зміну концентрації спирту під час естерифікації АК за рахунок його винесення з реакційної системи не враховуємо, оскільки він надалі повертається з водовідділювача у реактор внаслідок витіснення водою;
- зміну концентрації ОК і спирту C_4 – C_5 враховуємо до інтегрування системи рівнянь, приймаючи, що у водовідділювач відганяється 20–25% ОК і 75–80% спирту.

За наведеним вище алгоритмом виконано розрахунок кінетичних кривих і зміни ступеня перетворення АК для процесу її естерифікації

бутан-1-олом у присутності *n*-толуолсульфокислоти (*n*ТСК) для співвідношення БС:АК – (2,2–2,8):1 (мол.) і концентрації каталізатора $(1,0\text{--}2,0)\cdot 10^{-2}$ моль/дм³. Середню температуру реакції прийнято 386К.

З рис. 1 а, в очевидно, що зміна мольного співвідношення БС:АК від 2,2:1 до 2,8:1 меншою мірою впливає на тривалість реакції естерифікації, ніж підвищення концентрації каталізатора від $1,0\cdot 10^{-2}$ до $2,0\cdot 10^{-2}$ моль/дм³. Результати математичного моделювання процесу естерифікації АК бутан-1-олом також вказують, що мінімальне співвідношення для даних умов процесу не повинно бути меншим за БС:АК – 2,4:1 (мол.).

Рівняння (1) і (5) дозволяють розрахувати тривалість реакції естерифікації для заданих вихідних даних процесу і визначити оптимальні співвідношення реагентів і концентрацію каталізатора.

Як видно з рис. 2–4, експериментальні результати естерифікації АК і ОК бутан-1-олом і 2-метилпропан-1-олом підтверджують адекватність запропонованої математичної моделі процесу.

Для детальнішого опису процесу одержання моно- та дієстерів карбонових кислот у математичній моделі необхідно враховувати ряд додаткових параметрів, зокрема для визначення поточної концентрації спирту і води у процесі естерифікації АК з рівнянь:

$$\frac{dn_C}{d\tau} = -W_{n,C}C_C + W_{p,C}C_C - Vr_C = -W_{n,C}C_C + W_{p,C}C_C - V(k_1C_{kat}C_KC_C + k_2C_{kat}C_{ME}C_C), \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{dn_{H_2O}}{d\tau} &= -W'_{n,H_2O}C_{H_2O} + W'_{p,H_2O}C_{H_2O} - r_{H_2O} = \\ &= -W'_{n,H_2O}C_{H_2O} + W'_{p,H_2O}C_{H_2O} - \\ &- V(k_1C_{kat}C_KC_C + k_2C_{kat}C_{ME}C_C), \end{aligned} \quad (14)$$

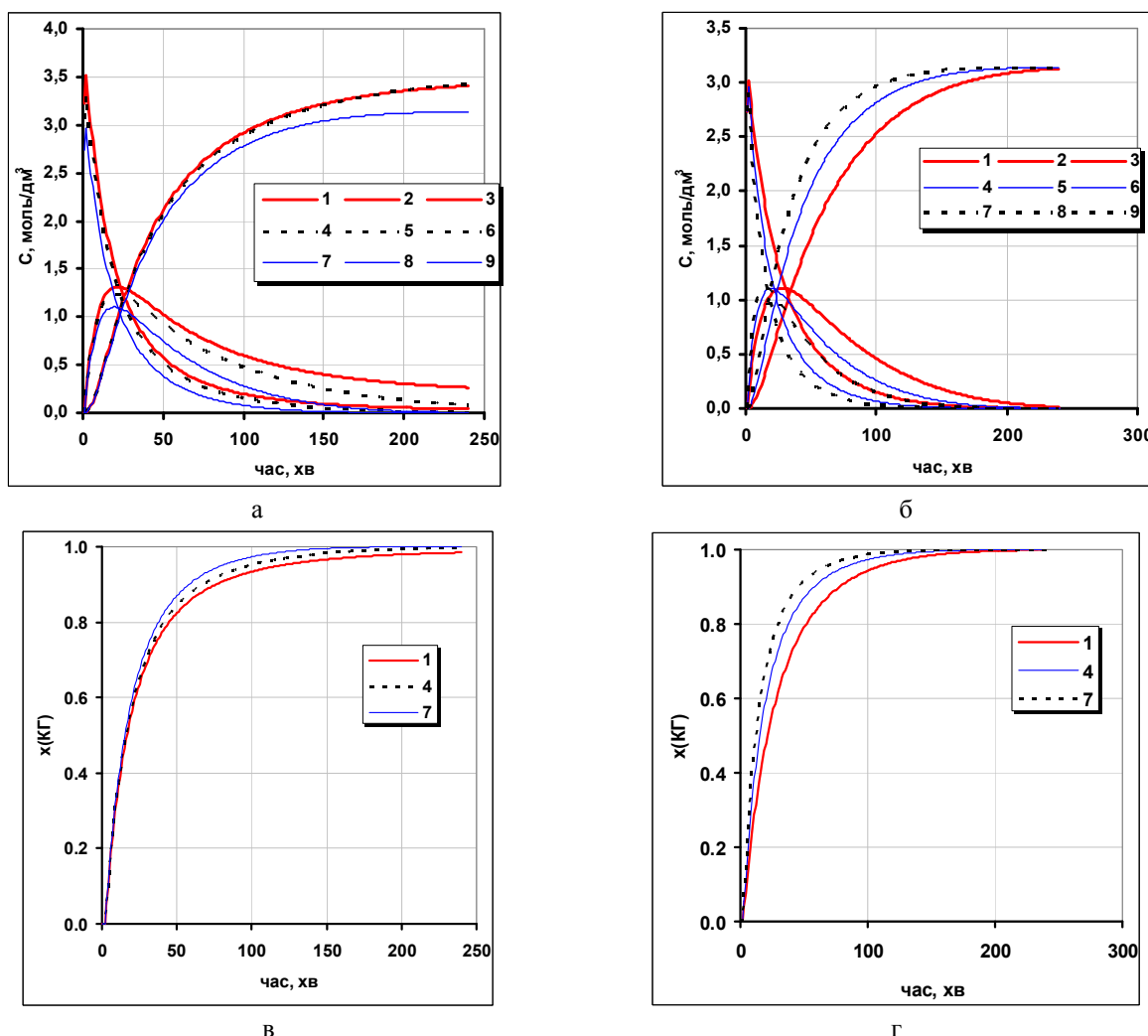


Рис. 1. Результати математичного моделювання процесу естерифікації АК бутан-1-олом – кінетичні криві (а, б) і зміна ступеня перетворення (в, г) карбоксильних груп (КГ):

а, в – вплив БС : АК (1, 2, 3 – 2,2:1; 4, 5, 6 – 2,4:1; 7, 8, 9 – 2,8:1); б, г – вплив $C(n\text{ТСК})\cdot 10^{-2}$, моль/дм³ (1, 2, 3 – 1,0; 4, 5, 6 – 1,5; 7, 8, 9 – 2,0) при БС : АК – 2,8:1 (мол.);
 рисунки (а) і (б): 1, 4, 7 – АК; 2, 5, 8 – монобутиладипінат; 3, 6, 9 – дибутиладипінат

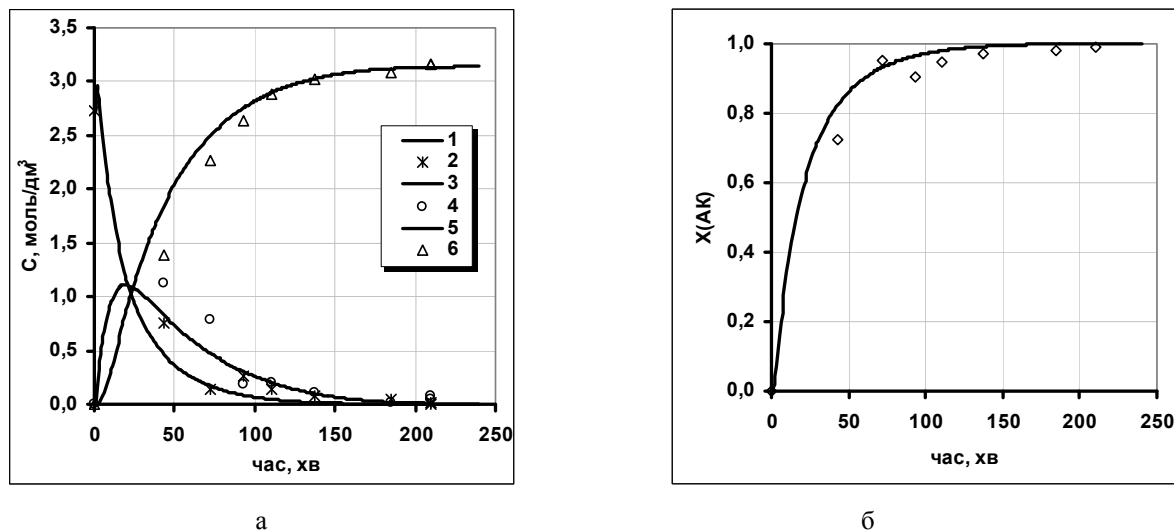


Рис. 2. Кінетичні криві процесу естерифікації АК бутан-1-олом (а) і залежність зміни конверсії АК від часу (б) у реакторі напівперіодичної дії: експериментальні точки – 2, 4, 6; розрахункові криві – 1, 3, 5; 1, 2 – АК; 3, 4 – монобутиладипінат; 5, 6 – дибутиладипінат. БС:АК – 2,8:1 (мол.), $C(n\text{TCK}) = 1,5 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³

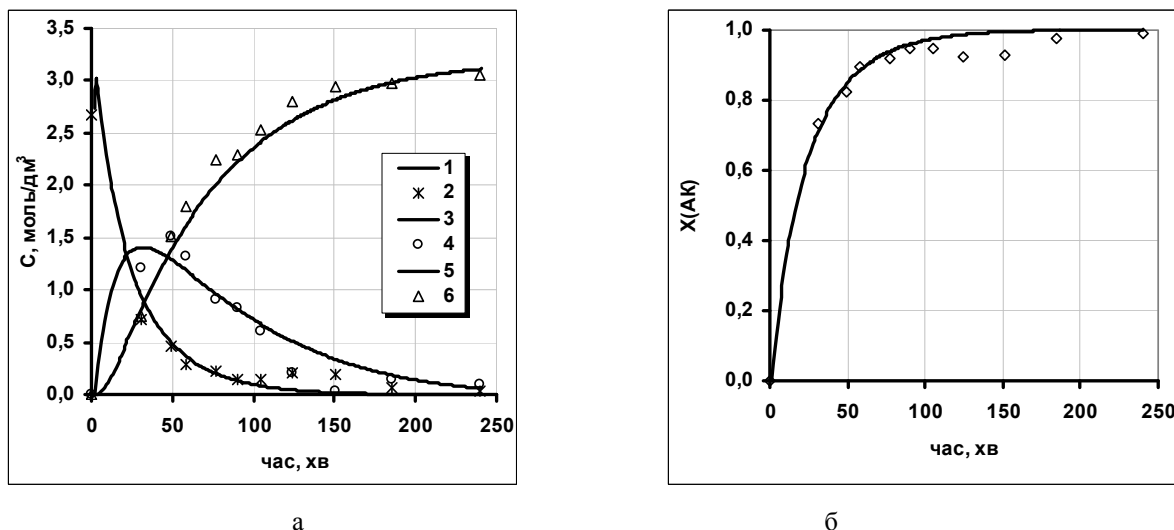


Рис. 3. Кінетичні криві процесу естерифікації АК 2-метилпропан-1-олом (а) і залежність зміни конверсії АК від часу (б) у реакторі напівперіодичної дії: експериментальні точки – 2, 4, 6; розрахункові криві – 1, 3, 5; 1, 2 – АК; 3, 4 – моноізобутиладипінат; 5, 6 – діізобутиладипінат. іБС:АК – 2,8:1 (мол.), $C(n\text{TCK}) = 1,5 \cdot 10^{-2}$ моль/дм³

необхідно мати залежності від часу зміни об'єму реакційної суміші у реакторі:

$$V = V_0 - W\tau, \quad (15)$$

та об'ємної витрати потоків пари води і спирту $W_{n,i}$, що виходять з реактора у водовідділювач, і об'ємної витрати потоків рідини води і спирту $W_{p,i}$, що повертаються з водовідділювача, від часу.

Значення останніх визначаються легкістю кожного з компонентів потоку пари і можуть бути визначені згідно рекомендацій статті [5]. Зрозуміло, що за відсутності таких характеристик хоча б для одного-двох компонентів реакційної суміші досягнення адекватності моделі ускладнюється.

4. Експериментальна частина У дослідях використовували АК (вищий сорт), ОК (х.ч.), пропан-2-ол (х.ч.), бутан-1-ол (х.ч.), 2-метилпропан-1-ол (ч.д.а.); для кінетичних експериментів спирти додатково очищали дистиляцією. Чистоту рідких реагентів контролювали хроматографічно. Для побудови математичної моделі процесу використано результати досліджень естерифікації карбонових кислот спиртами у присутності каталізаторів n -ТСК (марки ч.) і перфтор(4-метил-3,6-діоксаоктан)сульфонату кобальту (НДІ «Синтез» м. Борислав).

Кінетику естерифікації ОК і АК спиртами C_2 – C_5 досліджували у скляному термостатованому реакторі, оснащеному зворотним холодильником і мішалкою (500 об./хв) з гідрозатвором. Температуру реакційної суміші визначали термометром з ціною

поділки $\pm 0,1\text{K}$, а теплоносія – $\pm 0,2\text{K}$. За початок реакції приймали момент внесення каталізатора у нагріту до температури реакції суміш, завантажену у мольному співвідношенні спирт : АК – (16–20):1 та ОК:спирт і спирт:ОК – (5–6):1. Концентрацію каталізатора підбирали індивідуально для конкретної системи реагентів. Дослідження вели при температурі 333–368K, нижчій за температуру кипіння азеотропної суміші води і спирту чи води і ОК або її естеру [8, 9]. Через визначені проміжки часу відбирали проби реакційної суміші для визначення кислотного числа продуктів естерифікації АК і хроматографічного аналізу утвореного дієстеру.

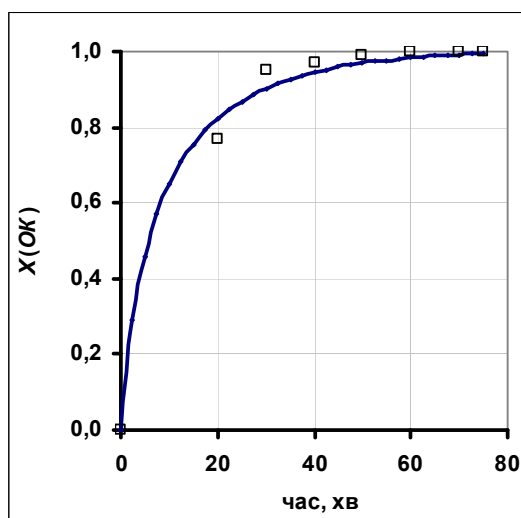


Рис. 4. Експериментальні точки та розрахункова крива залежності зміни конверсії ОК з часом за умови її естерифікації 2-метилпропан-1-олом.
 $C(\text{Co}(\text{pfos})_2) = 5,2 \cdot 10^{-3}$ моль/дм³; $C(\text{ОК})_0 = 5,44$ моль/дм³,
 $C(\text{іАК})_0 = 6,37$ моль/дм³

Під час дослідження кінетики естерифікації ОК її концентрацію в реакційній суміші визначали титруванням наважки проби розчином луку.

За розрахованими значеннями переддекспоненти і енергії активації реакції естерифікації АК і ОК аліфатичними спиртами [6, 7] можна з достатньою точністю розрахувати константи швидкості при дещо вищій температурі технологічного процесу, максимальне значення якої не перевищує 420K. Такі розрахунки допустимі з міркувань, що енергія активації реакції мало змінюється з відхиленням температури на 30–50K від тієї, при якій виконували кінетичні дослідження.

Дослідження естерифікації у нестационарних умовах, які відповідають напівперіодичному промисловому процесу, вели у реакційній установці, що складалася з термостійкої круглодонної колби, зворотного холодильника, механічної мішалки з гідрозатвором, пастки Діна-Старка і термометра, яким визначали температуру реакційного середовища. Естерифікацію здійснювали за умов кипіння середовища і дистиляції утвореної

реакційної води з реактора у пастку Діна-Старка до завершення зміни об'єму водного шару в пастці. Температура реакції визначалася умовами кипіння, які залежали від складу реакційної суміші.

Після закипання реакційної суміші відбирали пробу для визначення кислотного числа і хроматографічного аналізу. Надалі проби відбирали через певні проміжки часу до припинення зміни кислотного числа реакційної суміші.

Кислотне число реакційної суміші визначали згідно методики [10]. Аналіз продуктів естерифікації АК виконано газорідинним хроматографом "Цвет-100" з детектором по теплопровідності. Для розділення компонентів реакційної суміші використано колонку завдовжки 1 м, діаметром 3 мм, заповнену нерухомою фазою 5% Silicone SE30 на Chromaton N-AW. Газ-носіє – гелій, витрата якого становила – 3 дм³/год; сила струму на детекторі – 120 мА; об'єм аналізованої проби – 2 мкл. Температура випарника становила 523K, температура детектора – 503K. Температуру колонки змінювали в межах 373–448K, залежно від виду дієстеру. Досліджувані проби при потребі розчиняли у пропан-2-олі.

5. Висновки. Розроблений алгоритм розрахунку тривалості реакції естерифікації та концентрацій основних компонентів реакційної суміші можна рекомендувати для технічних розрахунків процесів одержання моно- і дієстерів карбонових кислот і встановлення оптимальних умов для кожного конкретного синтезу. Він дозволяє визначити концентрації реагентів і продуктів у будь-який момент часу реакції, прогнозувати тривалість реакції та встановити взаємозв'язок між ступенем перетворення ДКК і часом реакції для кожної індивідуальної реакційної системи.

Література

1. Грязнов М. А. Проектирование и расчет аппаратов основного органического и нефтехимического синтеза / М. А. Грязнов, Н. Г. Дигуров, В. В. Кафаров и др. – М.: Химия, 1995. – 256 с.
2. Царева З.М. Теоретические основы химической технологии / З. М. Царева, Е. И. Орлова. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с.
3. Піх З. Г. Теорія хімічних процесів органічного синтезу: Підручник. / З. Г. Піх. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002. – 393 с.
4. Sanchez N. Kinetic analysis and modeling of the esterification of oleic acid and oleyl alcohol using cobalt chloride as catalyst / N. Sanchez, A. Coteron, M. Martinez, J. Aracil // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1992. – №31. – Р. 1985–1988.
5. Счастливая С. В. Разработка гетерогенно-каталитического способа получения бутиллактата / С. В. Счастливая, Д. Н. Кондратьев, Р. А. Козловский, В. Ф. Швеиц // Химическая промышленность сегодня. – 2007. – №4. – С. 20–25.

6. Мельник С. Р. Кінетичні закономірності естерифікації адипінової та бурштинової кислот аліфатичними спиртами C_2-C_5 / С. Р. Мельник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №1/6 (67). – С. 13–17.
7. Дзіняк М. Б. Кінетичні закономірності естерифікації оцтової кислоти спиртами C_4-C_5 у присутності солей перфтор(4-метил-3,6-діоксаоктан)сульфонатної кислоти / М. Б. Дзіняк, С. Р. Мельник, В. Л. Старчевський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2012 – №726. – С. 169–171.
8. Справочник химика. Под ред. Б. П. Никольского в VI томах, Т. I. – Л.: Химия, 1971. – 1072 с.
9. Огородников С. К. Азеотропные смеси. Справочник. Под ред. проф. В. Б. Когана. / С. К. Огородников, Т. М. Лестева, В. Б. Коган / Л.: Химия, 1971. – 848 с.
10. Одабашьян Г. В. Лабораторный практикум по химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза. Учеб. пособие для вузов / Г. В. Одабашьян, В. Ф. Швец – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Химия, 1992. – 240 с.

References

1. Gryaznov M. A. Proektirovanie i raschet apparatov osnovnogo organicheskogo i neftekhimicheskogo sinteza / M. A. Gryaznov, N. G. Digurov, V. V. Kafarov [i dr.] – М.: Khimiya, 1995. – 256 s.
2. Tsareva Z.M. Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tehnologii / Z. M. Tsareva, E. I. Orlova. – K.: Vischa shkola, 1986. – 271 s.
3. Pikh Z.G. Teoriya Khimichnyh Protsesov Organichnogo Syntezu: Pidrychnyk / Z. G. Pikh – Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnogo Universytetu "Lvivska politehnika", 2002. – 393 s.
4. Schastlivaya S. V. Razrabotka geterogenno-kataliticheskogo sposoba polucheniya butillaktata / S. V. Schastlivaya, D. N. Kondrat'ev, R. A. Kozlovskiy, V. F. Shvets // Himicheskaya promyshlennost' segodnya. – 2007. – №4. – С. 20–25.
5. Sanchez N. Kinetic analysis and modeling of the esterification of oleic acid and oleyl alcohol using cobalt chloride as catalyst / N. Sanchez, A. Coteron, M. Martinez, J. Aracil // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 1992. – №31. – P. 1985–1988.
6. Melnyk S. R. Kinetychni zakonomirnosti esteryfikatsiyi adypinovoyi ta burshtynovoyi kyslot alifatychnymy spyrtamy C_2-C_5 / S. R. Melnyk // Vostochno-Europeyskiy zhurnal peredovykh tehnologiy. – 2014. – №1/6 (67). – С. 13–17.
7. Dzinyak M. B. Kinetychni zakonomirnosti esteryfikatsiyi otstovoyi kysloty spyrtamy C_4-C_5 u prysutnosti soley perftor(4-metyl-3,6-dioksaoktan)sulfonatnoyi kysloty / M. B. Dzinyak S. R. Melnyk, V. L. Starchevskyy // Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»: Khimiya, tekhnolohiya rechovyh ta yikh zastosuvannya. – 2012 – №726. – С. 169–171.
8. Spravochnik khimika. Pod red. B. P. Nikolskogo v VI tomah, T. I. – L.: Khimiya, 1971. – 1072 s.
9. Ogorodnikov S. K. Azeotropnyie smesi. Spravochnik. Pod red. prof. V. B. Kogana. / S. K. Ogorodnikov, T. M. Lesteva, V. B. Kogan / L.: Khimiya, 1971. – 848 s.

10. Odabashyan G. V. Laboratornyi praktikum po khimii i tehnologii osnovnogo organicheskogo i neftekhimicheskogo sinteza. Ucheb. posobie dlya vuzov / G. V. Odabashyan, V. F. Shvets – 2-e izd. pererab. i dop. – М.: Khimiya, 1992. – 240 s.

Мельник С. Р., Кравченко И. В. Математическая модель процесса этерификации

По результатам кинетических исследований реакции этерификации уксусной и адипиновой кислот бутан-1-олом и 2-метилпропан-1-олом построена математическая модель процесса в нестационарных условиях. Определены необходимые исходные данные и алгоритм расчета длительности процесса для достижения заданной степени превращения определяющего реагента (карбоновой кислоты) и концентраций компонентов реакционной системы в любой момент реакции. Показано, что экспериментальные результаты этерификации уксусной и адипиновой кислот бутан-1-олом и 2-метилпропан-1-олом подтверждают адекватность предложенной математической модели процесса, которую можно рекомендовать для технических расчетов процессов получения моно- и диэфиров карбоновых кислот и установления оптимальных условий для каждого конкретного синтеза.

Ключевые слова: этерификация, полупериодический процесс, математическая модель, адипиновая кислота, уксусная кислота, бутан-1-ол, 2-метилпропан-1-ол.

Melnyk S. R., Kravchenko I. V. The mathematical model of esterification process

Mathematical model of acetic and adipic acid esterification with butan-1-ol and 2-methylpropan-1-ol under unsteady conditions has been constructed based on the kinetic research results of the reactions. Necessary input data and the algorithm of calculation of the process duration required to achieve given conversion degree of the key reagent (carboxylic acid) and concentration of the reaction system components in any instant of the reaction have been determined. It is shown that the experimental data of acetic and adipic acid esterification with butan-1-ol and 2-methylpropan-1-ol confirm the adequacy of proposed mathematical model of the process. The model can be recommended to be used in technical calculations of mono- and dicarboxylic acids diesters production, as well as for the optimal conditions determination in each specific synthesis.

Keywords: esterification, semi-batch process, mathematical model, adipic acid, acetic acid, butan-1-ol, 2-methylpropan-1-ol.

Мельник Степан Романович – д.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів). st_melnyk@yahoo.com

Кравченко Інна Василівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Сєверодонецьк). innakrav2014@yandex.ru

Рецензент: Суворін О.В. – д.т.н., доцент.

УДК 687.658

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ТА ЇЇ ЗНАЧЕННЯ У ФОРМУВАННІ ЕТАПІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ КОСТЮМНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ

Мороз Р.А., Полуда С.Н., Коваль Т.В.

DURABILITY AND ITS IMPORTANCE IN FORMATION LIFECYCLE COSTUME MATERIALS FOR MODERN GARMENT

Moroz R.A., Poluda S.N., Koval' T.V.

В даній статті представлено узагальнення методів дослідження показників зносостійкості матеріалів для виготовлення жакету жіночого шляхом систематизації факторів та критеріїв зношування. Також поставлено проблему підвищення зносостійкості та покращення експлуатаційних властивостей жіночого жакету конструктивним та технологічним шляхом з врахуванням якісних характеристик наявних матеріалів, з метою продовження життєвого циклу виробу.

Ключові слова: зносостійкість; аналіз; систематизація; критерії оцінки; методи дослідження; методи обробки.

1. Вступ. Для жіночого одягу, серед широкого спектру вимог, одне із перших місць займають естетичні вимоги, які визначають попит на дану продукцію. Однак, сучасний споживач не обмежується лише одноразовим естетичним задоволенням, отриманим від зовнішнього вигляду виробу. При визначенні споживчої цінності одягу, крім естетичної досконалості, все більше враховується його практична цінність, а саме: зручність і комфортність, функціональність, ефективність та тривалість використання. Останнє – збереження якості одягу в процесі експлуатації – основна споживча вимога до будь-якого виду виробу, яка визначається показниками надійності, тобто формостійкістю та зносостійкістю.

Нажаль, сучасна оцінка рівня якості одягу в промислових об'ємах проводиться без врахування яких-небудь експлуатаційних характеристик виробу, що є її суттєвим недоліком, адже без врахування надійності всі інші показники якості втрачають свій зміст. Особливого значення ці показники набувають сьогодні, коли визначилася стійка тенденція до зменшення матеріалоемності текстильних матеріалів і випуску більш легких тканин з нестабільною, розрідженою структурою. Тому постає питання щодо оцінки показників зносостійкості сучасних текстильних матеріалів –

однієї з найважливіших властивостей, що враховує комплекс експлуатаційних характеристик [1].

В сучасних напрямках підвищення зносостійкості жіночого одягу костюмного асортименту використовуються такі підходи:

- хімічна обробка матеріалів у виді різних видів просочення, апретування;
- кінцева обробка, оздоблення у виді напilenня, друку, аплікацій, вишивки;
- прогресивна технологія виготовлення з обґрунтованим вибором раціональних методів та прийомів обробки, відповідних матеріалів верху, прикладу, оздоблювально-декоративних елементів [1].

Жоден з цих підходів не дає можливості прогнозування надійності виробів та підвищення їх зносостійкості без додаткових досліджень.

2. Аналіз досліджень та публікацій. На сьогодні проблема підвищення зносостійкості вирішується лише за рахунок введення в склад текстильних матеріалів синтетичних домішок та заключної зносостійкої обробки тканин, яка базується на забезпеченні підвищення стійкості матеріалів тільки до витираючих дій (не менш ніж на 20%) і не враховує ряд інших факторів зношування, які суттєво впливають на термін експлуатації виробів. Це призвело до поширеного застосування препаратів, які часто при підвищенні стійкості до витирання різко погіршують ряд інших фізико-механічних і гігієнічних властивостей виробів (зниження міцності тканини на розрив (до 40%) та стійкості до хімічної чистки, підвищення жорсткості) [1,2].

В процесі виконання досліджень в даному напрямку була виявлена відсутність вказівок щодо того, яким чином можна забезпечити оптимальну зносостійкість, змінюючи конструкцію деталей та виробу в цілому, з врахуванням властивостей текстильних матеріалів, з яких він виготовлятиметься. Не висвітлені також питання

підвищення зносостійкості технологічним шляхом, за рахунок вибору раціональних методів обробки окремих вузлів виробу, чи використання певних декоративно-прикладних матеріалів.

Малодослідженим є процес зношування безпосередньо костюмних тканин для виготовлення виробів жіночого асортименту та вплив їх властивостей на технологічний процес, оскільки більшість досліджень присвячена вивченню тканин, призначених для виготовлення виробів чоловічого асортименту. В той же час, не розроблені вимоги до рекомендованих показників зносостійкості сучасних текстильних матеріалів, а також методи їх прогнозування та об'єктивної оцінки і контролю.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій доводить, що в сучасних умовах підвищення споживчих вимог до якості одягу, особливо повсякденного призначення, виникає необхідність в чіткому визначенні критеріїв оцінки зносостійкості та узагальненні методів дослідження відповідних показників.

Отже, метою даної роботи є узагальнення результатів виконаних на даний час досліджень методів підвищення зносостійкості, а також вирішення завдання щодо підвищення експлуатаційних властивостей виробів за рахунок використання деяких конструктивних та технологічних прийомів із врахуванням якісних характеристик наявних тканин.

Для досягнення визначеної мети поставлено наступні завдання:

- систематизувати фактори впливу на показники зносостійкості матеріалів для виготовлення жакету жіночого та встановити їх зв'язок з критеріями оцінювання показників зносостійкості, узагальнюючи методи дослідження зазначених показників;
- виявити конструктивні та технологічні можливості підвищення зносостійкості жакету жіночого.

3. Викладення основного матеріалу.

І. Зносостійкість текстильних матеріалів вважається комплексною характеристикою, адже процес зношування текстильних матеріалів є результатом одночасної та періодичної дії багатьох факторів, ступінь впливу яких, в свою чергу, залежить від умов експлуатації виробу, виду сировини та фактури матеріалу. Таким чином, необхідний системний підхід до дослідження зносостійкості з виявленням взаємозв'язку усіх факторів.

При цьому, виникає потреба в чіткій класифікації факторів, що впливають на зносостійкість швейних виробів на прикладі жакету жіночого, визначення критеріїв оцінки, а також методів дослідження відповідних показників.

В даному випадку для проведення випробувань запропоновано метод комплексного дослідження зносостійкості вибраних текстильних матеріалів з

використанням варіанту паралельного випробування зразків. При цьому найважливішим етапом є визначення показників, які забезпечують оптимальну зносостійкість матеріалів для досліджуваного виробу.

Дослідження базувалися на системному підході, експериментальних методах текстильного матеріалознавства. В якості дослідних матеріалів були використані сучасні змішані тканини костюмної групи, різного волокнистого складу та обробки, які використовуються у відповідному виробництві [3,4].

Зношування матеріалу в одязі проходить нерівномірно, тобто одні ділянки зношуються швидше – інші повільніше. В результаті виріб втрачає товарний вигляд, стає непридатним до подальшої експлуатації, хоча більша частина його поверхні ще зберігає початкову якість. Топографія зношування залежить від виду виробу, умов його експлуатації та індивідуальних особливостей поведінки людини. В першу чергу руйнуються ті ділянки, які піддаються інтенсивному впливу руйнуючих факторів, кількість яких, вид та характер взаємодії також визначаються в залежності від виду, конструкції виробу та умов його експлуатації.

Проаналізувавши всі фактори зношування та характер їх впливу на виріб, було виділено основні проблемні ділянки для жіночого жакету (рис.1). В даному випадку, розглянуто класичний жіночий жакет з типовим конструктивним вирішенням.

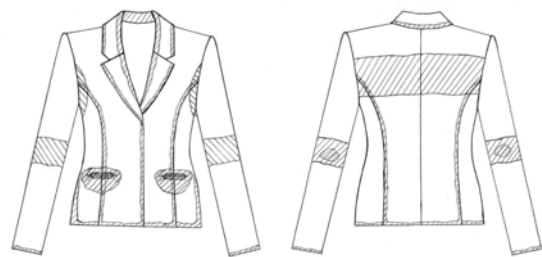


Рис.1. Топографія зношування жакету жіночого

Як показано на рисунку 1, деякі ділянки в жакеті зазнають впливу лише одного фактору, а деякі зношуються в результаті послідовної або одночасної дії кількох факторів. Зрозуміло, що ділянки, які піддаються дії ряду факторів руйнуються значно швидше, ніж ті, на які впливає тільки один вид руйнуючої сили, і саме вони й визначають термін експлуатації досліджуваного виробу, придатність або непридатність його до подальшого використання. Таким чином, подальше дослідження стосувалося процесу зношування на ділянках кишень та рельєфів.

Під дією комплексу факторів зношування в мікро- і макроструктурі матеріалу поступово виникають зміни, які призводять до погіршення його зовнішнього вигляду та властивостей, і в кінці кінців до руйнування, тобто проходить процес поступового зношування виробу [3,4].

З огляду на це, усі різноманітні причини, або фактори зношування розділяють на наступні групи: механічні, фізико – хімічні, біологічні та комплексні [2,3].

Проаналізувавши всі фактори, що спричиняють процес зношування, та особливості їх впливу на текстильний матеріал, було систематизовано показники, які забезпечують зносостійкість матеріалів для виготовлення виробів відповідного асортименту, а саме жакету жіночого із врахуванням критеріїв зношування (таблиця 1).

В даній таблиці представлено зв'язок, встановлений між факторами, основними показниками та критеріями зношування текстильних матеріалів, якими слід керуватися при оцінці зносостійкості верхнього одягу. Виділено також доступні методи досліджень та відповідні нормативні документи [5,6,7].

В процесі аналізу проблемних ділянок жакету встановлені найбільш агресивні фактори руйнуючого впливу у процесі експлуатації виробу: витирання та багаторазовий згин, багаторазовий розтяг, а також особливий прояв фактору розтягу – роздирання. Відмічена також дія фізико-хімічних чинників, які зазвичай прискорюють руйнуючий

процес. В даному випадку найбільш суттєвий фізико-хімічний фактор зношування – дія хімічного чищення. Тому, вважається доцільним проводити випробування на стійкість костюмних матеріалів до дії хімчистки за наступними показниками: зміна розривного навантаження та зовнішнього вигляду тканини верху; стійкість забарвлення; а також міцність скріплення з прокладковим матеріалом.

При аналізі показників зносостійкості, зокрема показників механічних властивостей матеріалів, між ними спостерігається тісний взаємозв'язок. Для прикладу: такі характеристики як довговічність та залишкова циклічна деформація, а також довговічність при багаторазовому згині, залежать від показника жорсткості матеріалу. Чим більша жорсткість тканини, тим вища її міцність і стійкість до механічних факторів згину та розтягу. Отже, можна стверджувати, що дослідження показника жорсткості тканини дасть змогу прогнозувати стійкість тканини до багаторазового розтягу та згину без необхідності визначення показників залишкової циклічної деформації та довговічності при багаторазовому розтягу, а також довговічності при багаторазовому згині.

Таблиця 1

Фактори зношування та показники зносостійкості, що впливають на вибір критеріїв оцінки зносостійкості матеріалів для жакету жіночого

Комплекс факторів зношування	Показники зносостійкості матеріалів	Критерії зносостійкості
<u>Механічні фактори</u> Розтягування	Міцність на роздирання Залишкова циклічна деформація Довговічність при багаторазовому розтягуванні (ГОСТ 17922, ГОСТ 3813, методи одиночного та подвійного роздирання; криловидний та трапецеїдальний метод; прилад РМТ)	- розхитування структури матеріалу (стомлення, доля пластичної деформації) - зміна показників фізико-механічних властивостей
Згин та стискання	Жорсткість при згині (ГОСТ 10550 - метод консолі, прилад ПТ-2; ГОСТ 8977, прилад ПЖУ-12М; під дією зосередженого навантаження: ГОСТ 12.4.090, прилад ПЖШ-2) Довговічність при багаторазовому згині (прилад МПИ -1, неорієнтоване зминання)	
Стирання	Зміна коефіцієнта тангенційного опору Коефіцієнт зносостійкості. Пілінгування (ГОСТ 9913, по площині матеріалу: ТИ-1М; по кільцю: ДИТ-М; на згинах: ИТС, ИС-2М, ИТ -3М)	
<u>Фізико-хімічні фактори</u> Дія світлопогоди	Зміна показників стійкості забарвлення	- зміна показників фізико-механічних властивостей (відсоток втрати міцності); - зменшення в'язкості речовини, що складає матеріал - втрата маси, або товщини
Дія хімчистки	Зміна розривального навантаження (ГОСТ 21050, методи повторних пульсуючих зусиль шляхом примусових коливань та дії хімічних засобів чищення)	
<u>Біологічні фактори</u> Зміна міцності	Зміна розривального навантаження	Кількість видимих пошкоджень
Руйнування матеріалу	Наявність видимих пошкоджень	

Коефіцієнт тангенційного опору рекомендується визначати для тканин з високим вмістом синтетичних волокон, тканин з гладкою поверхнею, а також для виробів прилягаючого силуету, для яких характерне розсування ниток тканини у швах під час експлуатації виробу, а також ускладнення технологічної обробки у процесі під час виготовлення виробу.

Пілінгування здебільшого визначається для матеріалів з переважаючим вмістом синтетичних волокон, з низьким коефіцієнтом тангенційного опору, які значно електризуються.

II. Щодо підвищення показників зносостійкості на визначених ділянках виробу пропонується два підходи:

- вибір доцільної форми деталей залежно від показників властивостей матеріалів;
- використання оздоблювальних матеріалів та технологічних прийомів.

Як вже зазначалося, для досліджень були вибрані матеріали костюмної групи різного волокнистого складу. Серед них змішані вовняні, лляні та бавовняні тканини [8, 9].

Випробування проводились за показниками, та методиками, які встановлені в таблиці 1 [5,6,7]. Випробування досліджуваних матеріалів на жорсткість відбувалось із врахуванням різних етапів технологічної обробки при виготовленні жіночого жакету, а саме:

- дослідження зразків тканин;
- дослідження дубльованих зразків (для напіввовняних та лляних тканин);
- дослідження зшитих зразків із запрасованими припусками швів;
- дослідження зшитих зразків з розпрасованими припусками швів.

Результати випробувань представлені у вигляді діаграми (рис. 2).

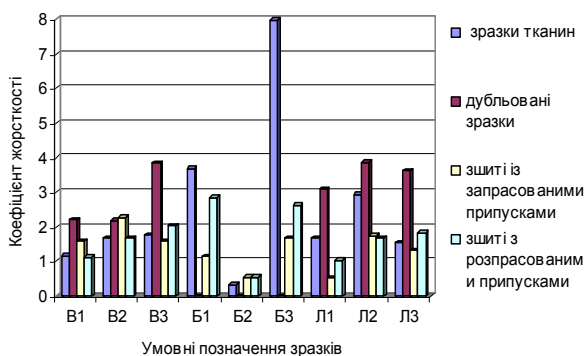


Рис.2. Діаграма результатів визначення коефіцієнта жорсткості при згині

При визначенні стійкості матеріалів до стирання основну увагу було звернуто на показник зміни зовнішнього вигляду матеріалу, за яким побудовано діаграму, представлену на рисунку 3.

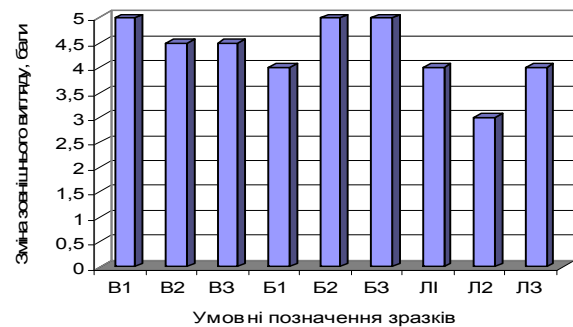


Рис. 3. Діаграма результатів визначення зміни зовнішнього вигляду матеріалів при терті

Результати визначення міцності досліджуваних тканин на роздирання представлено у вигляді діаграми на рисунку 4.

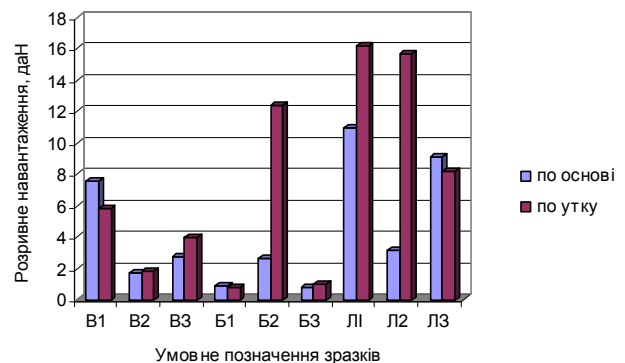


Рис.4. Діаграма результатів дослідження тканин на міцність при роздиранні

Проаналізувавши результати випробувань матеріалів, було розроблено рекомендації до вибору форми й конструкції окремих вузлів жакету жіночого, які представлені нижче, в наступному розділі статті.

В даній роботі розглядається також можливість підвищення зносостійкості на визначених ділянках виробу за рахунок використання оздоблювальних матеріалів.

Різні види оздоблень використовуються переважно для збагачення композиції моделі виробу: об'єднання частин форми або декількох різних самостійних частин; виділення тієї чи іншої деталі, або вузла. Деякі види оздоблювальних матеріалів мають одночасно декоративне і конструктивне значення. Їх вибір залежить від призначення виробу, його конструктивних особливостей, фактури матеріалу та ряду інших факторів. В даному випадку, оздоблення розглянуто ще й як елемент підвищення стійкості окремих вузлів виробу до факторів зношування для покращення його експлуатаційних властивостей. Було запропоновано вибір оздоблення та відповідних методів обробки вибраних вузлів жіночого жакету в залежності від показників зносостійкості досліджуваних матеріалів [8, 9,10].

В якості оздоблювальних матеріалів використані елементи, характеристика яких наведена в наступному переліку:

- стрічка оксамитова (товщина -1,8мм; ширина - 14мм; ПАМ, ПЕФ; гладкофарбована);
- шнур оздоблювальний фасонний (товщина - 3мм; ширина -4мм; віскоза; гладко фарбований);
- кант (діаметр -3,4мм; серцевина - плетений бавовняний шнур діаметром -1,8мм; основа – трикотаж ПЕФ);
- шнур оздоблювальний фасонний (товщина - 3мм; ширина - 4мм; віскоза; гладкофарбований);
- кант (діаметр -2,2мм; серцевина - плетений бавовняний шнур діаметром -1,8мм; основа - ПЕФ);
- стрічка оксамитова (товщина - 1,8мм; ширина - 8мм; віскоза, лавсан; гладкофарбована);
- стрічка оксамитова (товщина -1,2мм; ширина -21мм; ПАМ, ПЕФ; пістрявоткана).

В процесі виконання експериментальних випробувань було визначено показники стійкості до стирання представлених вище декоративних матеріалів [11]. В результаті – отримані числові значення показників стійкості до стирання зразків з оздобленням, за даними яких графічно представлено порівняльну діаграму на рисунку 5.

На основі аналізу отриманих даних щодо стійкості до стирання, запропоновано варіанти застосування оздоблювальних елементів та відповідні методи обробки основних вузлів жіночого жакету, з врахуванням видів матеріалів.

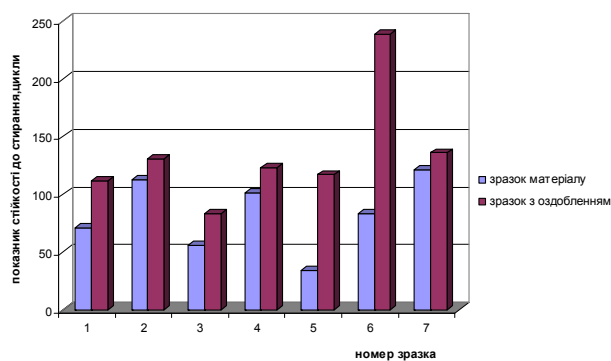


Рис. 5. Порівняльна діаграма за показником стійкості до стирання досліджуваних зразків

4. Результати досліджень.

1. Враховуючи залежність зносостійкості від комплексного впливу факторів, що одночасно взаємодіють на текстильний матеріал та виріб у цілому, підтверджено необхідність комплексного дослідження показників, які забезпечують стійкість матеріалів до дії всіх зношувальних факторів. Зокрема, це показники міцності тканини на роздирання, жорсткість при згині, витривалість при дії тертя та зміна властивостей матеріалів після дії хімічного чищення. Для оцінки цих показників встановлені відповідні критерії; проведено аналіз та систематизацію методів випробувань досліджуваних матеріалів, з представленням діючої нормативної бази методики досліджень (таблиця 1).

Визначальні принципи вибору методів дослідження текстильних матеріалів на

зносостійкість: низька вартість та трудомісткість; моделювання реальних умов експлуатації виробу.

2. Рекомендації до вибору форми й конструкції окремих вузлів жакету жіночого.

Вибір оптимальної конфігурації рельєфу. Для виробів з тканин підвищеної жорсткості (бавовняних ворсових та лляних) доцільно проектувати спрямлені лінії рельєфів (від плечового шва). При використанні тканин вовняної групи (незначної жорсткості), які добре піддаються формуванню та волого-тепловій обробці, можливе проектування рельєфу будь-якої конфігурації. Матеріали середньої жорсткості допускають оформлення рельєфу від пройми, але зміщеного до бокового шва, з додатковою нагрудною виточкою. Крім того, для матеріалів підвищеної жорсткості доцільне розпрасування припусків рельєфних швів, що збільшує площу поверхні дотику та підвищує стійкість до витирання і пластичність рельєфів.

Вибір оптимальної конструкції кишень жакету. Розріджена структура тканини призводить до розтягнення і провисання кишень в області обшивок (особливо у разі вибору кишені з напрямком лінії входу під кутом), а така причина зношування як тертя, підсилює дію інших факторів. Отже, при проектуванні жакету з неміцних тканин (група бавовняних) доцільно виготовляти кишені у швах, які у процесі експлуатації виробу зазнають менших роздираючих навантажень. Для групи вовняних тканин із середнім значенням розривного навантаження, крім кишень у швах та декоративних клапанів, можна рекомендувати накладні кишені, які є надійнішими порівняно з прорізними. При використанні тканин високої міцності на роздирання можливе будь-яке вирішення кишень.

Підвищена міцність тканини у напрямку піткання (бавовняні) вимагає проектування кишені з горизонтальним напрямком лінії входу. І навпаки, для тканини з вищим розривним навантаженням по основі, доцільніше використати вертикальну прорізню кишеню. При використанні матеріалів із приблизно однаковою міцністю по основі і пітканню (вовняні та лляні) можливе будь-яке розміщення лінії входу.

Можливість підвищення зносостійкості виробу технологічним шляхом в даній роботі досягається за рахунок використання оздоблювальних матеріалів у якості посилюючих елементів на визначених ділянках та вузлах виробу.

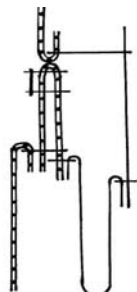
З цією метою здійснено вибір видів оздоблення; визначена зносостійкість оздоблювальних матеріалів за показником стійкості до стирання; виконано порівняльний аналіз отриманих результатів та запропоновано методи технологічної обробки вибраних вузлів жіночого жакету, які забезпечать підвищення зносостійкості та продовження життєвого циклу виробу.

Фрагмент обробки окремого вузла (на прикладі кишені) представлено в таблиці 2.

В дану таблицю внесено відповідно вид вузла; вид основного та оздоблювального матеріалу з основними характеристиками; визначений відсоток підвищення зносостійкості вузла; технічні умови та засоби технологічної обробки.

Таблиця 2

Варіант обробки кишені з використанням оздоблювальних елементів

Вид кишені – <i>прорізна з листочкою</i>. Вид основного матеріалу – <i>тканина костюмна, поверхнева густина -185г/м²</i>. Вид оздоблювального матеріалу – <i>стрічка оксамитова (ширина -8мм)</i>. Підвищення зносостійкості вузла – 188 %.	
	
Стрічка настрочується на відстані 1-2 мм від краю листочки, з використанням двохголкової машини (відстань між голками – 6мм)	
	

5. Висновки. Дана стаття присвячена узагальненню результатів попередніх досліджень за даною науковою тематикою. Отже, згідно поставлених задач, в статті узагальнено методи випробувань костюмних матеріалів для виготовлення жакету жіночого за показниками зносостійкості, шляхом систематизації факторів зносу з врахуванням визначених критеріїв оцінки зносостійкості даного виробу. Представлено рекомендації щодо вибору оптимальних форм окремих деталей та вузлів виробу, що забезпечать підвищення показників зносостійкості і, відповідно, продовження життєвого циклу виробу. Пропозиції були розроблені на основі аналізу проблемних ділянок виробу та характеру їх зношування.

Крім того, розглянуто можливість підвищення зносостійкості виробу технологічним шляхом, за рахунок застосування оздоблювальних матеріалів у якості посилюючих елементів на визначених ділянках та вузлах жакету. Такий підхід одночасно

забезпечує досить вагому естетичну сторону вказаного асортименту при суттєвому підвищенні його експлуатаційних показників з використанням оптимальних технологічних рішень.

За отриманими результатами досліджень можна зробити висновок про те, що запропоновані заходи підвищення зносостійкості є актуальними. Крім того, доцільно поглиблювати дані дослідження в умовах забезпечення ресурсозберігаючої технології обробки.

Л і т е р а т у р а

1. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. – М.: «Академия», 2004. – 448с.
2. Глубиш П.А. Хімічна технологія текстильних матеріалів (Завершальне оброблення): Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2005. – 300 с.
3. Демидов А.В. Комплексное исследование деформационных свойств материалов швейной промышленности. // Швейная промышленность. - 2006. - №2. - С.45.
4. Терешкевич Н.А. Вплив компонентного складу, структури і умов експлуатації на одноциклові характеристики костюмних тканин // Вісник КНУТД. – 2003. – № . – С.108.
5. ГОСТ 3813-72 Материалы текстильные. Общие требования и методы определения разрывных нагрузок и удлинений. М.: Издательство стандартов, 1972.
6. ГОСТ 9913-90 Материалы текстильные. Общие требования и методы определения стойкости к истиранию. – М.: Издательство стандартов, 1990.
7. ДСТУ 3047-95 Матеріали для одягу. Обов'язкові та рекомендовані показники якості. – К.: Держстандарт України, 1995.
8. Мороз Р.А. Прогнозування показників зносостійкості вовняних тканин костюмного призначення на основі їх технічних характеристик / Р.А. Мороз, Н. І. Попп, Л. І. Тебляшкіна // Науковий вісник МДУ. Серія легка промисловість. – 2008. – №5. – С. 61 – 70.
9. Мороз Р.А. Дослідження зносостійкості костюмних тканин з метою вибору оптимальних форм деталей та видів вузлів виробу / Р.А. Мороз // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.- –2009.- №2(132). – С.268 – 274.
10. Мороз Р.А. Зносостійкість костюмних матеріалів як основа формування технології виготовлення жакетів жіночих / Р.А. Мороз, Л. І. Тебляшкіна // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – №3. – С.212 – 217.
11. Мороз Р.А. Вибір методів дослідження показників зносостійкості з врахуванням систематизації критеріїв оцінки / Р.А. Мороз // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010.- №1(143). – С.207 – 213.

References

1. Buzov B.A. Materialovedenie v proizvodstve izdelij legkoj promyshlennosti. – M.: «Akademija», 2004. – 448p.
2. Glubish P.A. Himichna tehnologija tekstil'nih materialiv (Zavershal'ne obrobennja): Navchal'nij posibnik. – K.: Aristej, 2005. – 300 p.

3. Demidov A.V. Kompleksnoe issledovanie deformacionnyh svojstv materialov shvejnoj promyshlennosti. // *Shvejnaja promyshlennost'*. –2006. — №2. — P.45.
4. Tereshkevich N.A. Vpliv komponentnogo skladu, strukturi i umov eksploatacii na odnocyklovi harakteristiki kostyumnih tkanin // *Visnik KNUTD*. –2003. — № —P.108.
5. GOST 3813-72 Materialy tekstil'nye. Obshhie trebovaniya i metody opredeleniya razryvnyh nagruzok i udlinenij. M.: Izdatel'stvo standartov, 1972.
6. GOST 9913-90 Materialy tekstil'nye. Obshhie trebovaniya i metody opredeleniya stojkosti k istiraniju.-M.: Izdatel'stvo standartov, 1990
7. DSTU 3047-95 Materiali dlja odjagu. Obov'язkovi ta rekomendovani pokazniki jakosti. —K.: Derzhstandart Ukraїni, 1995
8. Moroz R.A. Prognozuvannya pokaznikiv znosostijkosti vovnjanih tkanin kostyumnogo pryznachennja na osnovi ih tehnicnih harakteristik / R.A. Moroz, N. I. Popp, L. I. Tebljashkina // *Naukovij visnik MDU. Serija legka promislovist'*. –2008. — №5. —P. 61 — 70.
9. Moroz R.A. Doslidzhennja znosostijkosti kostyumnih tkanin z metodu viboru optimal'nih form detalej ta vidiv vuzliv virobu / R.A. Moroz // *Visnik Shidnoukraїns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja*.-2009.- №2(132). —P.268 — 274.
10. Moroz R.A. Znosostijkist' kostyumnih materialiv jak osnova formuvannya tehnologii vigotovlennja zhaketiv zhinochih / R.A. Moroz, L. I. Tebljashkina // *Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu. Tehnicni nauki*—2009. — №3. —P. 212 — 217.
11. Moroz R.A. Vibir metodiv doslidzhennja pokaznikiv znosostijkosti z vrahuvannjam sistematizacii kriteriiv ocinki / R.A. Moroz // *Visnik Shidnoukraїns'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja*.-2010. — №1(143). —P.207 — 213.

Мороз Р. А. Коваль Т.В. Износоустойчивость и ее значение в формировании жизненного цикла костюмных материалов для современных швейных изделий.

В статье представлены обобщенные методы исследования показателей износоустойчивости материалов для изготовления женского жакета путем систематизации факторов и критериев изнашивания. Также поднимается проблематика повышения

износоустойчивости и эксплуатационных свойств женского жакета конструктивным и технологическим путем с учетом качественных характеристик материалов, с целью продления жизненного цикла изделия.

Ключевые слова: износоустойчивость; анализ; систематизация; критерии оценки; методы исследований; методы обработки.

Moroz R. A., Koval' T.V. Durability and its importance in formation lifecycle costume materials for modern garment

In given article are presented recommendations on use fabric in production of the cloth with choice of the optimum forms of the separate details and nodes of the product, with account different wearing factor. The Offers were designed on base of the analysis problem-solving area feminine toad, as well as studies of the qualitative features of the modern fabric for a suit assortment. In this article the problem of research of methods of increase of wearproofness, and also decisions of tasks, is put in relation to the increase of operating properties of wares due to the use of decorations elements. The methods of treatment of basic knots taking into account quality descriptions of existent materials on the basis of index of wearproofness are offered.

Keywords: durability; analysis; systematization; criteria for evaluation; research methods; processing techniques.

Мороз Романія Андріївна — старший викладач кафедри конструювання та технології швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет (м. Мукачево). Salma1405@mail.ru.

Полуда Світлана Нестерівна — старший викладач кафедри конструювання та технології швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет (м. Мукачево).

Коваль Тетяна Володимирівна — старший викладач кафедри конструювання та технології швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет (м. Мукачево).

Рецензент: Суворин А. В. — д.т.н., доцент.

Стаття подана 21.01.2015

УДК 255.29.1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАСТВОРЕНИЯ МЕЛА В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КАРСТОВЫХ ВОД

Мохонько В.И.

THE RESEARCHING CHALK DISSOLUTION MECHANISM IN POLLUTED KARST WATER

Mokhonko V.I.

Рассмотрены характерные особенности мела и меловых отложений. Исследован механизм растворения мела в растворах разного состава при разных температурах. Определены константы скорости растворения мела для условий развития мелового карста в зоне влияния накопителей промышленных отходов. Обоснована необходимость систематического изучения мелового карста с целью предотвращения негативных последствий его активизации на территориях с высокой техногенной нагрузкой.

Ключевые слова: мел, мело-мергельные отложения, растворение, константа скорости растворения, карстовые воды, загрязнение, накопитель

Введение. Карстовый процесс в мело-мергельных отложениях верхнемелового возраста охватывает более 60% площади Луганской области, геологическая среда которой несет значительную техногенную нагрузку. Карст представляет собой сложную гидродинамическую систему, нарушение равновесия в которой может произойти даже при незначительных внешних воздействиях, таких как поступление загрязненных стоков, водоотведение, водозабор, изменение поверхностного стока. Активизация карстового процесса влечет за собой материальные затраты, а в некоторых случаях может вызвать катастрофические последствия, что предопределяет необходимость его систематического изучения, контроля и оценки. Особое внимание следует уделять исследованию мелового карста как наиболее чувствительному к внешним, в том числе техногенным воздействиям и наименее изученного вида карбонатного карста.

Целью проводимых исследований является изучение механизма растворения мела в растворах разного состава, имитирующих загрязненные промышленными стоками карстовые воды, выявление основных факторов, влияющих на кинетику растворения мела и установление лимитирующей стадии процесса растворения.

Изложение основных материалов. В комплекс мело-мергельной толщи верхнемелового возраста Воронежской антеклизы входят различные литологические разности: писчий мел, мел с разными примесями, песчанистый мел, мергели разной степени карбонатности, мелоподобные карбонатные опоки, трепел, известковистые пески. Вполне понятно поэтому, что в составе такой толщи имеются большие различия в содержании наиболее растворимых частей пород – углекислого кальция, а также составляющих их структурных элементов – порошкообразного кальцита и кальцитовых органических остатков.

Мел – типичная карбонатная порода, состоящая на 90–98 % из CaCO_3 . Главными компонентами мела являются кокколитофориды (10–75 %) диаметром 2–5 мк, фораминиферы (5–40 %) и мелкозернистый кальцит (5–60 %) с диаметром зёрен 2–10 мк. Обычна незначительная примесь глинистых минералов.

Мел заметно отличается от других карбонатных пород по своим физико-химическим свойствам. Он характеризуется незначительной твёрдостью и слабой цементацией составляющих её частиц. Характерными особенностями мела являются относительно «рыхлое» сложение при общей пористости более 40%, высокая природная дисперсность, малая гигроскопичность (3 % и менее), слабая морозоустойчивость, незначительные химическая стойкость и механическая прочность, которая в условиях обводнённости резко снижается. Мелу присуща значительная пористость и сравнительно высокая естественная влажность. Водопроницаемость меловых пород ничтожна и для плотного мела составляет примерно 10^{-5} – 10^{-6} см/сек. Заметные коррективы в химический состав мело-мергельных пород вносят процессы химической денудации и физического выветривания. Мел с высокой естественной влажностью легко разжижается под давлением и воздействием разных механизмов. В результате процессов химического растворения, протекающих в небольших по

размерам несообщающихся трещинах, происходит разуплотнение углекислого кальция, который после испарения воды оседает в этих трещинах в виде тонкодисперсной мучнистой массы. По химическому составу плотный и разжиженный мел сходны, и тот и другой состоят из чистого углекислого кальция, однако величина нерастворимого остатка разжиженного мела (3,3%) в шесть раз больше, чем у плотного мела [1].

Особенности литологического и химического состава, а также физико-химические свойства мела предопределяют особенности развития мелового карста и закарстованности толщ мело-мергельных отложений.

Площадь развития карста в меловых отложениях верхнемелового комплекса занимает центральную и северо-восточную часть Северскодонецкой террасированной равнины, расположенной между южными отрогами Среднерусской возвышенности и северными отрогами главного Донецкого водораздела. Карстующиеся породы относятся к туронскому, коньякскому, сантонскому, каспанскому и маастрихтскому ярусам.

К верхней части мело-мергельной толщи приурочено месторождение подземных вод, характеризующееся высокой водообильностью, хорошим качеством воды и являющееся основным источником питьевого и промышленного водоснабжения региона. Эксплуатируемый водоносный горизонт гидравлически связан с водоносным комплексом верхнечетвертичных и современных аллювиальных и плиоцен-среднечетвертичных отложений повсеместного распространения, техногенным горизонтом спорадического распространения, приуроченного к промышленным площадкам предприятий, а также накопителям отходов и с поверхностными водами. Он характеризуется безнапорным или малонапорным режимом. Величина напора изменяется от 5 до 40 м. По составу воды верхнемелового горизонта в ненарушенных условиях гидрокарбонатные кальциевые, с минерализацией 0,2-0,5 г/дм³ и общей жесткостью 2,5-5 мг-экв./дм³.

По условиям защищенности водоносный горизонт трещинно-карстовой зоны является условно защищенным от инфильтрации загрязненных стоков с поверхности на водораздельных пространствах и незащищенным в долинах рек, где зона аэрации мощностью 1-20 м

представлена в основном песками. Зона заиливания также не выдержана по мощности и не служит препятствием для проникновения загрязняющих веществ с поверхности. Отсутствие естественной защищенности подземных вод и высокая многолетняя техногенная нагрузка привели к изменению гидрогеохимического состава подземных вод и способствовали образованию мощных очагов химического и теплового загрязнения, приуроченных к промышленным площадкам предприятий и накопителям промышленных отходов [2].

Предметом настоящих исследований является процесс взаимодействия мела, отобранного из мело-мергельной толщи верхнемелового возраста, с природной водой верхнемелового горизонта, фильтратом дистиллерной суспензии из накопителей ОАО «Лиссода» и растворами, моделирующими состав подземных вод в зоне влияния накопителей высокоминерализованных отходов производства кальцинированной соды. Несмотря на то, что предприятие в настоящее время закрыто, накопители, заполненные отходами производства кальцинированной соды, остаются источником загрязнения подземных вод.

Образцы мела изучались методом рентгенофазного анализа. Исследование проводилось в CuKα излучении на дифрактометре ДРОН-7, результаты обрабатывались с использованием программного комплекса PDWin. Анализ рентгенограмм исследуемых образцов мела показал, что основной фазой в них является кальцит (95-96 %), присутствует арагонит (2-3 %), а также нерастворимые примеси, представленные в основном сульфатами кальция и магния (2-5 %). Незначительное присутствие нерастворимых примесей существенно не влияет на растворимость исследуемых образцов.

В качестве растворителей использовались: природная вода верхнемелового горизонта (проба 1), фильтрат дистиллерной суспензии из накопителей завода по производству кальцинированной соды ОАО «Лиссода» (проба 4) и модельные растворы – смеси природной воды и фильтрата дистиллерной суспензии в соотношении 3:1 и 1:3 (пробы 2, 3). Соотношение природной воды и фильтрата дистиллерной суспензии подбиралось таким образом, чтобы состав модельных растворов был близок к составу воды, отбираемой из наблюдательных скважин, расположенных в зоне влияния накопителей ОАО «Лиссода» (табл.).

Таблица

Составы растворителей, используемых в экспериментах

Номер пробы	Состав, мг/дм ³							pH
	Ca ²⁺	(Na+K) ⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
1	95	114	2,13	390	25	12	4,9	6,95
2	2591	2583	13,1	7901	106,88	111,8	4,41	7,06
3	6975	6286	29,46	19168	229,69	261,5	3,76	7,43
4	25050	24800	111,48	75500	843,78	1010	0,33	9,37

Методика експеримента заключалась в следующем: в термостатированные стаканы опускались вырезанные из мела пластины диаметром 0,033 м и высотой 0,005 м, затем в них приливались модельные растворы объемом 0,00005 м³. Соотношение жидкое/твёрдое – 10:1. Через равные промежутки времени (15 минут) растворы перемешивались, отбиралась проба, в которой по стандартной методике определялась концентрация ионов Ca^{2+} . По результатам измерений вычислялись приращения концентрации Ca^{2+} во времени. Исследования проводилось при температурах 1,5 °C, 9 °C и 18 °C. Интервал температур был выбран таким образом, чтобы охватить фоновые температуры подземных вод верхнемелового водоносного горизонта и интервал геотемпературной аномалии в зоне влияния накопителей ОАО «Лиссода».

Результаты измерения степени растворения CaCO_3 при разных температурах и в разных по составу модельных растворах обрабатывались по известным кинетическим уравнениям [3]. По результатам обработки экспериментальных данных строились графические зависимости значения аппроксимирующей функции от времени. По тангенсу угла наклона аппроксимирующих прямых к оси t определялось численное значение наблюдаемых констант скоростей соответствующих механизмов растворения.

Результаты исследований. Интерпретация результатов обработки экспериментальных данных позволила установить, что при температуре 9 °C растворение мела протекает в кинетической области, с разбавлением дистиллерной суспензии в 1,3 раза наблюдаемая константа скорости растворения практически не меняется, а при дальнейшем растворении (до 3-х раз) уменьшается в 1,4 раза. Среднее значение наблюдаемой константы скорости растворения в этих условиях составляет $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ c}^{-1}$.

Как с ростом, так и с уменьшением температуры наблюдается достаточно сложное изменение механизма и наблюдаемых констант скорости растворения. При температуре 1,5 °C разбавление суспензии приводит к переходу процесса растворения из диффузионной в кинетическую область. Наблюдаемая константа растворения увеличивается в 640 раз. При 18 °C, наоборот, при разбавлении суспензии в 1,3 раза наблюдается переход из кинетической области в диффузионную, а при дальнейшем разбавлении происходит переход в кинетическую область. Константа растворения при разбавлении в этих условиях увеличивается в 5 раз.

Для неразбавленной дистиллерной суспензии повышение температуры от 1,5 °C до 18 °C приводит к переходу механизма растворения из диффузионной области в кинетическую. В этом случае наблюдаемая константа скорости растворения увеличивается в 100 раз. Разбавление дистиллерной суспензии в 1,3 раза и повышение температуры от 9 °C до 18 °C приводит к переходу механизма растворения из кинетической области в диффузионную. При этом величина наблюдаемой константы скорости растворения уменьшается в 1,4 раза.

При разбавлении дистиллерной суспензии в 3 раза так же, как и в неразбавленной дистиллерной суспензии, с повышением температуры наблюдается изменение механизма растворения. Однако имеет место переход из кинетической области в диффузионную. Наблюдаемая константа скорости растворения в этом случае уменьшается в 1,2 раза.

С целью уточнения полученных результатов определялась энергия активации (E) процесса растворения мела при разных температурах и составах модельных растворов. Для этого строилась графическая зависимость константы скорости от обратного значения температуры (рис.).

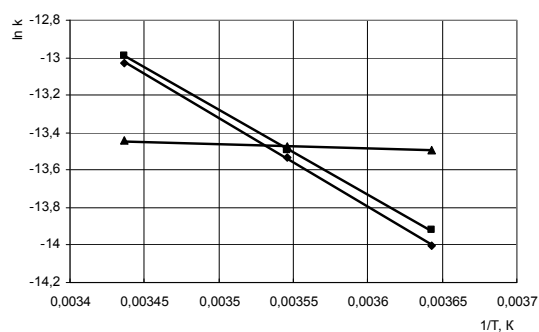


Рис. Зависимость константы скорости растворения CaCO_3 от температуры в аррениусовских координатах
♦ - дистиллерная суспензия; ■ - смесь дистиллерной суспензии и воды в соотношении 3:1; ▲ - смесь дистиллерной суспензии и воды в соотношении 1:3

Численные значения энергии активации показали, что в дистиллерной суспензии и модельном растворе, представляющем собой смесь дистиллерной суспензии и природной воды в соотношении 3:1, процесс протекания реакции растворения лимитируется скоростью химического взаимодействия (энергия активации 39,1 кДж/моль и 37,6 кДж/моль соответственно). При дальнейшем разбавлении дистиллерной суспензии (смесь дистиллерной суспензии и природной воды в соотношении 1:3) происходит изменение механизма реакции, и скорость растворения лимитируется диффузией ионов в растворе. Энергия активации в этом случае составила 2 кДж/моль.

Выводы.

1. Процесс растворения мела в условиях, моделирующих загрязнение трещинно-карстовых вод промышленными отходами, может быть описан уравнением растворения твердых тел, лимитируемого скоростью химического взаимодействия с фронтальным перемещением зоны реакции и уравнением растворения, лимитируемого диффузией растворителя или продукта через слой вновь образовавшейся твердой фазы.

2. Особенности строения и физико-механических свойств мела, а также сложный механизм его растворения в различных условиях свидетельствует о необходимости систематического изучения меломергельного карста в условиях высокой техногенной нагрузки, разработки системы мониторинга, методов оценки и прогнозирования для предотвращения негативных последствий его активизации.

Література

1. Савко А.Д. Литология и фации донеогеновых отложений Воронежской антеклизы / А.Д. Савко, С.В. Мануковский, А.И. Мизин // Тр. НИИ Геологии ВГУ. – Воронеж, 2001. – Вып.3. – 201 с.
2. Аксельруд Г.А. Растворение твердых пород / Г.А. Аксельруд, А.Д. Молчанов. – М.: Химия, 1977. – 272 с.
3. Мохонько В.И. Эколого-геологические проблемы техногенных карстовых процессов в северо-западном Донбассе / В.И. Мохонько, А.В. Чепижко // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2005. - № 23. – С. 196-203.

References

1. Savko A.D. Lithologya i facii doneogenovyh otlozheniy Voronezhskoy anteclisi / A.D. Savko, S.V. Manukovsky, A.I. Mizin // Tr. NII geologii VGU. - Voronezh, 2001. – V. 3. – 201 s.
2. Akselrud G.A. Rastvorenie tverdex porod / G.A. Akselrud, A.D. Molchanov. - M. Chymia, 1977. – 272 s.
3. Mokhonko V.I. Ekolgo-geologicheskie problemi technjgennix karstovix prochessov v severo-zapadnom Donbasse / V.I. Mokhon'ko, A.V. Chepizhko // Zbirnik naykovix prace NGU. - Dnipropetrovs'k: RVK NGU, 2005. - № 23. - S. 196-203.

Мохонько В.І. Дослідження механізмів розчинення крейди в умовах забруднення карстових вод.

Розглянуто характерні особливості крейди і крейдових відкладень. Досліджено механізм розчинення крейди в розчинах різного складу при різних температурах. Визначено константи швидкості розчинення крейди для умов розвитку крейдового карсту в зоні впливу накопичувачів промислових відходів.

Обгрунтовано необхідність систематичного вивчення крейдового карсту з метою запобігання негативним наслідкам його активізації на територіях з високим техногенним навантаженням.

Ключові слова: крейда, крейдо-мергельні відкладення, розчинення, константа швидкості розчинення, карстові води, забруднення, накопичувач.

Mokhonko V.I. The researching chalk dissolution mechanism in polluted karst water.

The characteristic features of the chalk and chalk sediments. The mechanism of chalk dissolution in solutions of a different composition at different temperatures is explored. The rate constants for the conditions of dissolution of the chalk in the area of influence of industrial waste storage are explored. The necessity of a systematic analysis of the chalk karst has been substantiated for preventing the negative consequences of his intensification more in areas with high development pressure.

Keywords: chalk, chalk-marly deposits, dissolution, dissolution rate constant, karst water, pollution, industrial waste storage

Мохонько Вікторія Іванівна – к.геол.н., доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля,
Maxtory2015@mail.ru

Рецензент: **Глікін М. А.** – д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України.

Стаття подана 31.01.2015

УДК 687:658:562

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ НОРМУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШКІЛЬНОЇ ФОРМИ

Полуда С.Н., Мороз Р.А.

IMPROVING THE PROCESS OF NORMALIZATION OF TEXTILE MATERIALS FOR PRODUCTION OF SCHOOL CLOTH

Poluda S.N., Moroz R.A.

В статті наведені заходи вдосконалення процесу нормування текстильних матеріалів для шкільної форми на основі правил апріорного конструювання з застосуванням САПР «Грація». Розроблено класифікацію методів апріорного конструювання та виконано експериментальні розкладки комплекту лекал шкільного сарафану з застосуванням методів лабілізації, декомпозиції та мультиплікації. Встановлено вплив характеру геометричної форми деталей на динаміку зменшення міжлекальних випадів. Визначено технічні показники експериментальних розкладок.

Ключові слова: оптимізація, нормування, апріорне конструювання, мінімізація міжлекальних випадів.

1. Вступ. Виробництво одягу – це галузь, яка дуже динамічно розвивається, галузь із високим оборотом капіталу, перспективною організацією виробництва, галузь, яка має в своєму розпорядженні сучасні технології. В наш час для вітчизняних виробників відкрилась реальна можливість наповнити внутрішній ринок товарами народного споживання. Пов'язано це, насамперед, з підвищенням цін на імпорتنу продукцію і скороченням об'ємів її постачань. Тому одним з головних завдань, які стоять перед швейними підприємствами, є розширення асортименту продукції і покращення її якості при одночасному підвищенні рентабельності виробництва. Одяг для дітей, серед якого значну частку займає шкільна форма, є одним з видів одягу, що повинен мати пріоритет в промисловій політиці як держави, так і швейних підприємств. Періодично в нашій країні виникає хвиля інтересу до відсутньої шкільній формі.

Формений одяг – це складний об'єкт, створення якого пов'язано з проблемами фізичного розвитку дітей, естетичного, патріотичного і етичного виховання. На основі проведених досліджень

виявлено, що більша частина одягу для школи володіє низькими санітарно-гігієнічними показниками внаслідок застосування дешевих, але низькоякісних текстильних матеріалів. Висока частка синтетичних волокон, а то і повна відсутність натуральної складової в структурі матеріалів для шкільної форми робить їх небезпечними для здоров'я школярів.

Більшу частину у собівартості швейного виробу складає вартість матеріалів. Застосування тканин натурального походження, вартість яких, як відомо, значного вища за найбільш застосовувані для шкільної форми поліефірні тканини, при виробництві шкільної форми знижує її конкурентноспроможність на перенасиченому ринку. Більшість українських батьків не спроможна придбати якісний, але дорогий товар, та і не здатна оцінити його переваг. В таких випадках за здоров'я дітей повинні відповідати професіонали. При виробництві одягу для дітей, особливо того, в якому дитина шкільного віку знаходиться більшу частину дня, при цьому важко працює розумово, акцент повинен робитися на використанні якісних екологічних тканин з натуральних волокон, які зменшать вплив негативних факторів, що діють на дитину під час навчального процесу. Природно, такі тканини мають значно вищу вартість. Саме при застосуванні таких матеріалів зниження матеріалоемності виробів є актуальним як для виробника так і для споживача. Для підприємства це дозволяє знизити собівартість виробу. Для споживача завжди при інших рівних показниках виробу з нижчими цінами на ринку є більш приваблив.

Метою роботи є виявлення шляхів оптимізації виробництва в напрямку нормування матеріалів для шкільної форми та скорочення терміну процесів проектування в умовах індивідуального та масового виробництва. Удосконалення процесу нормування

проводитиметься на основі застосування методів апріорного конструювання. Відомо, виконання розкладки лекал відповідальний та трудомісткий процес, який впливає як на якість майбутнього виробу, так і його матеріалоемність. Виконання розкладки лекал зазвичай доручається досвідченим фахівцям. Застосування систем автоматизованого проектування дозволяє значно оптимізувати даний етап нормування. Отже, основним завданням досліджень є розробка щільних розкладок лекал з мінімальним процентом міжлекальних випадів на основі прийомів апріорного конструювання з застосуванням системи автоматизованого проектування «Грація».

3. Матеріали та результати досліджень. Завдяки застосуванню правил апріорного конструювання можливе вирішення завдання оптимізації процесу нормування матеріалів [1]. З одного боку, ці правила забезпечують конструювання виробу з деталями такої конфігурації, які б задовольнили всі вимоги до конструкції виробу в цілому зі збереженням зовнішнього вигляду виробу, задуманого дизайнером, а з другого – мінімізують міжлекальні втрати при виконанні розкладки. Крім того, методи апріорного конструювання передбачають уніфікацію контурів, конфігурація яких не залежить від напрямку моди, що, в свою чергу оптимізує технологічний процес пошиття виробів. Схема, зображена на рис. 1, ілюструє види і короткий зміст існуючих правил адаптивного конструювання [1,2].

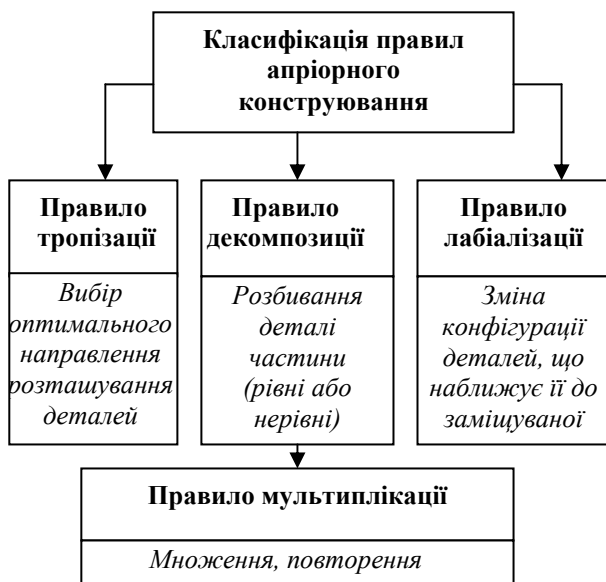


Рис. 1. Класифікація правил апріорного конструювання

На підготовчому етапі роботи було проведено анкетування споживачів для виявлення оптимального виду одягу для форми. Для дівчат молодшого шкільного віку таким видом одягу є сарафан. Подальші розробки виконано відповідно до типових етапів проектування: вибір моделей,

розробка базової та модельної конструкцій, побудова комплекту лекал. Комплект лекал розроблено для дівчат молодшої шкільної групи з наступними розмірними ознаками: 128-32. (табл. 1).

Таблиця 1

Комплект лекал шкільного сарафану

Назва деталі	Кільк. дет.	Напрямок нитки основи	Вид матеріалу
Середня частина переду	1	Паралельно лінії середини переду	Основний
Середня частина спинки	1	Паралельно лінії середини спинки	Основний
Бокова частина переду	2	В напрямку 45° до нитки основи	Оздоблювальний
Бокова частина спинки	2	В напрямку 45° до нитки основи	Оздоблювальний
Нижня бокова частина	2	Перпендикулярно до лінії низу	Основний
Нижня середня частина	2	Перпендикулярно до лінії низу	Основний
Внутрішня частина складки	6	В напрямку 45° до нитки основи	Оздоблювальний
Погон	2	Вздовж погону паралельно лінії середини	Оздоблювальний
Вшивний пояс	2	В напрямку 45° до нитки основи	Оздоблювальний
Хомутики	2	Вздовж хомутика паралельно лінії середини	Основний
Обшивка горловини і пройми переду	1	Вздовж обшивки паралельно лінії середини	Основний
Обшивка горловини і пройми спинки	1	Вздовж обшивки паралельно лінії середини	Основний

Процеси нормування матеріалів виконується в наступному порядку [5]:

- визначення площі лекал;
- аналіз конфігурації деталей комплексу лекал
- компонування комплектів лекал для комбінованих розкладок;
- виконання експериментальних розкладок;
- мінімізація міжлекальних випадів за допомогою правил апріорного конструювання;
- виконання комбінованих розкладок лекал;
- визначення витрат матеріалів;
- оформлення технічної документації.

Для визначення площі лекал виконано апроксимацію контурів деталей і введення їх в комп'ютерне середовище САПР «Грація». (рис. 2).

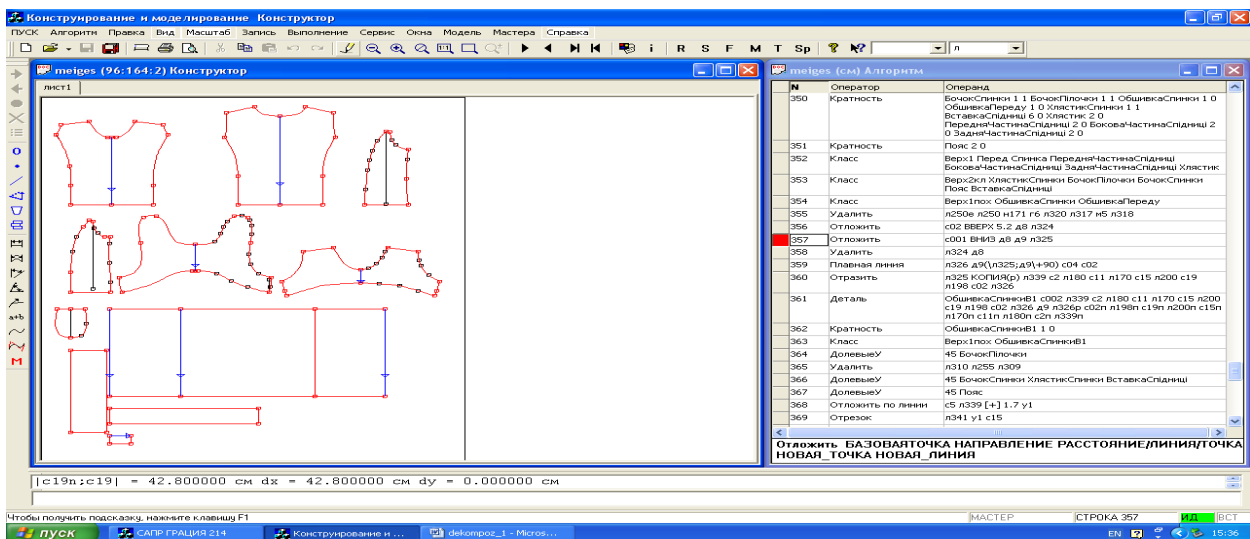


Рис. 2. Вікно САПР «Грация» підсистеми «Конструювання та моделювання»

Таблиця 2
Площа комплекту лекал сарафану
для шкільної форми

Вид матеріалу	Площа лекал, см ²
Основний	8679,6
Оздоблювальний	3883,4
	12563,0

В комплекті лекал сарафана деталі можна поділити на три типи (табл. 3).

Таблиця 3
Типи геометричної форми деталей комплекту лекал

Тип геометричної деталей	Форма деталей	Перелік деталей	Можливість щільного укладання
Деталі 1 типу	Прості геометричні фігури	1 нижні бокові та середні частини сарафану; 2 внутрішні частини складок; 3 вишивний пояс, хомутики	Заміщувані
Деталі 2 типу	Наближені до простих геометричних фігур	1 бокові частини переду і спинки; 2 погоони	Дають невеликі зазори між деталями
Деталі 3 типу	Складної конфігурації	-обшивка горловини переду суцільновикроєна з обшивкою пройми переду; -обшивка горловини спинки суцільновикроєна з обшивкою пройми спинки;	Дають великі зазори між деталями

В середовищі САПР «Грация» виконано модель вихідної розкладки на один комплект лекал шкільного сарафану для деталей з основної тканини (рис. 3, табл. 4), з якої видно, що максимальна

частка міжлекальних випадів утворюється в місцях розміщення обшивок горловини, суцільновикроєних з обшивками пройми.

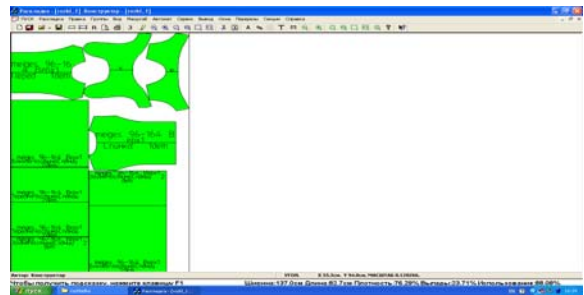


Рис. 3. Вихідна однокомплектна розкладка

Таблиця 4
Технічна характеристика вихідної
однокомплектної розкладки

Площа лекала, см ²	Ширина розкладки, см	Довжина розкладки, см	Між лекальними випадів, %
8679,6	137	80,0	20,77

Для виконання завдання оптимізації застосовуємо прийоми адаптивного конструювання. В якості досліджуваного об'єкта застосовано деталі 3 типу (рис. 4). Деталь поміщаємо в прямокутник з розмірами 43х31,5 см, що визначають габаритні розміри деталі.

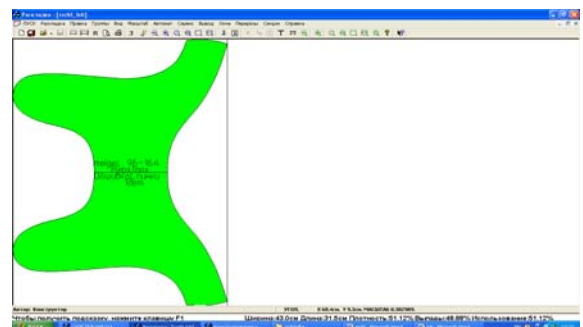


Рис. 4. Лекало обшивки, розміщене в прямокутнику

Щільність розкладки можна збільшити методом лабілізації. Для деталі обшивки можливі наступні прийоми лабілізації (схема на рис. 5).

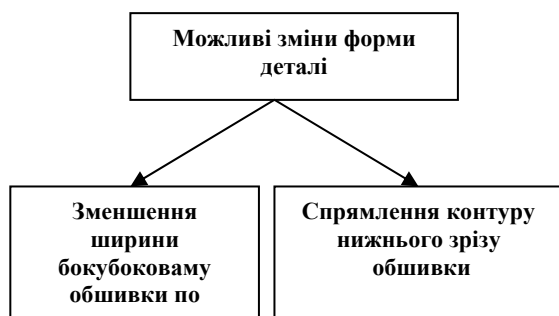


Рис. 5. Прийоми лабілізації лекала обшивки

Контур нижнього зрізу обшивки є нетехнологічним. При його спрямленні площа лекала збільшується, при цьому площа прямокутника не змінюється. Отже, процент міжлекальних випадів зменшено (рис. 5).

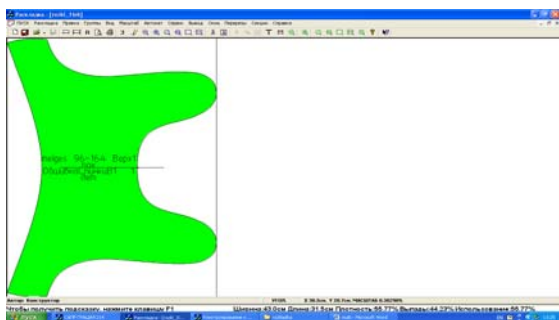


Рис. 5. Лекало обшивки розміщено в прямокутнику. Обшивка горловини зі зміненою формою нижнього зрізу

Площа розкладки може збільшуватися в зв'язку зі збільшенням площі лекал, але в даному випадку довжина розкладки не змінилася (табл.5). Застосування прийому лабілізації зменшило процент міжлекальних випадів на 4,65%.

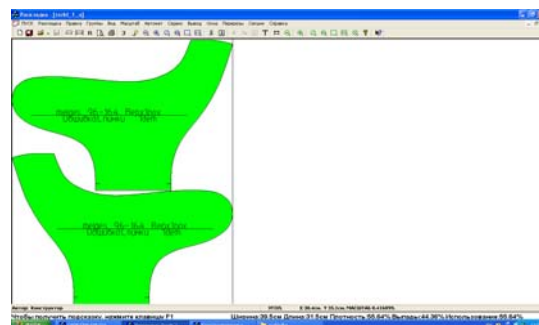
Таблиця 5

Дані розкладки обшивки горловини спинки, поміщеної в прямокутник до і після лабілізації

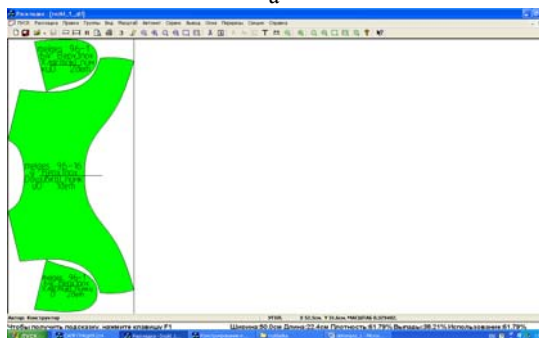
Прийоми лабілізації	Площа лекала, см ²	Ширина розкладки, см	Довжина розкладки, см	Міжлекальні випадів, %
Вихідна деталь	693,2	43	31,5	48,88
Деталь після лабілізації	756,3	43	31,5	44,23

Одним з найбільш дієвих способів мінімізації міжлекальних випадів є декомпозиція. Для дослідної деталі можливі наступні технологічні прийоми (рис. 6):

- поділ деталі на дві рівні частини - по лінії середини обшивки;
- поділ деталі на нерівні деталі - по лінії обшивки погону.



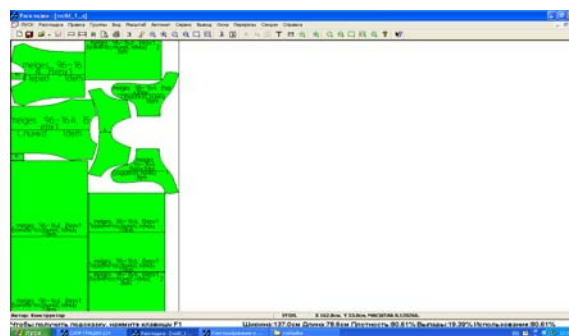
а



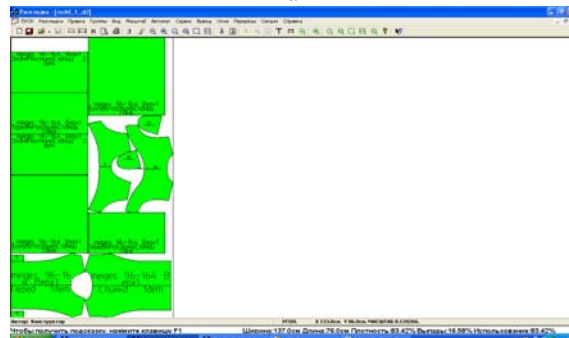
б

Рис. 6. Декомпозиція обшивки горловини: а – на рівні частини; б – на нерівні частини

На рис. 7 представлено розкладки лекал з застосуванням принципу декомпозиції.



а



б

Рис. 7. Однокомплектна розкладка з декомпозицією: а – на рівні деталі; б – на нерівні деталі

Результати впливу декомпозиції деталей на ущільнення одиночної розкладки представлено в таблиці 6.

Таблиця 6
Залежність міжлекальних випадів та витрат матеріалів від коефіцієнту декомпозиції

Прийоми декомпозиції	Коеф. декомпозиції	Площа лекал, см ²	Довжина розкладки, см	Ширина, см	Міжлекальні випаді, %
Вихідна деталь обшивки	-	693,2	31,5	43,0	48,88
Обшивка поділена на рівні деталі	2	693,3	31,5	39,5	44,36
Обшивка поділена на нерівні деталі	3	693,3	22,4	50,0	38,21
Вихідна однокомплектна розкладка	-	8679,6	80,0	137	20,77
Однокомплектна розкладка в результаті декомпозиції на рівні деталі	-	8679,7	78,6	137	19,39
Однокомплектна розкладка в результаті декомпозиції на нерівні деталі	-	8679,7	76,0	137	16,58

Відповідно до правила мультиплікації, мінімізувати процент міжлекальних випадів можна,

збільшуючи кількість деталей. Практичне здійснення відбувається за рахунок збільшення кількості комплектів лекал в розкладці. Для перевірки вірогідності стверджень виконано розкладки з різними коефіцієнтами мультиплікації та визначено оптимальний коефіцієнт мультиплікації (рис.8,9). Слід зазначити, що збільшення коефіцієнта мультиплікації від 6 до 8 незначно впливає на мінімізацію міжлекальних випадів і є недоцільним як з боку поставленої задачіЮ так і з боку організації технологічного процесу..

Результати оптимізації процесу нормування способом мультиплікації зведено в таблицю 7.

Таблиця 7
Залежність міжлекальних випадів та витрат матеріалів від коефіцієнту мультиплікації

Коефіцієнт мультиплікації	Площа лекал, см ²	Довжина розкладки, см	Міжлекальні випаді, %	Витрати матеріалу на одиницю виробу, см
1	8679,6	80,0	20,77	80,0
5	43398,1	393,4	19,48	78,7

Практичне застосування прийому мультиплікації зменшує процент міжлекальних випадів в залежності від коефіцієнту мультиплікації. Експериментальну розкладку виконано для шести комплектів лекал (K=6). При K=6 процент міжлекальних випадів зменшується на 1, 3%.

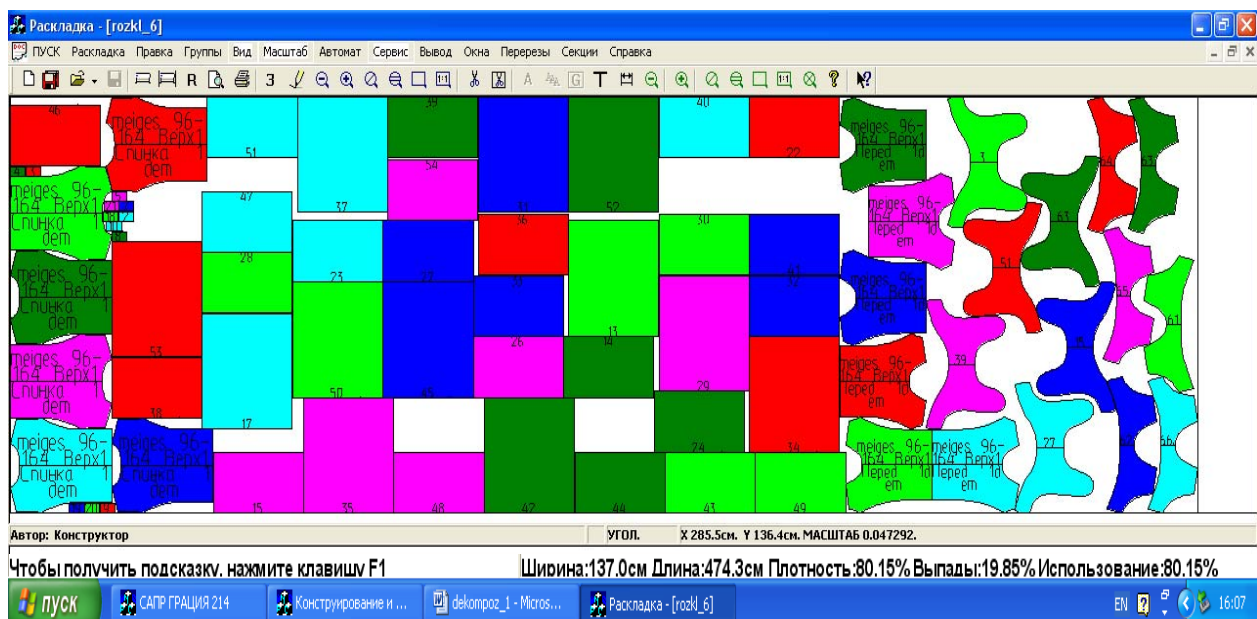
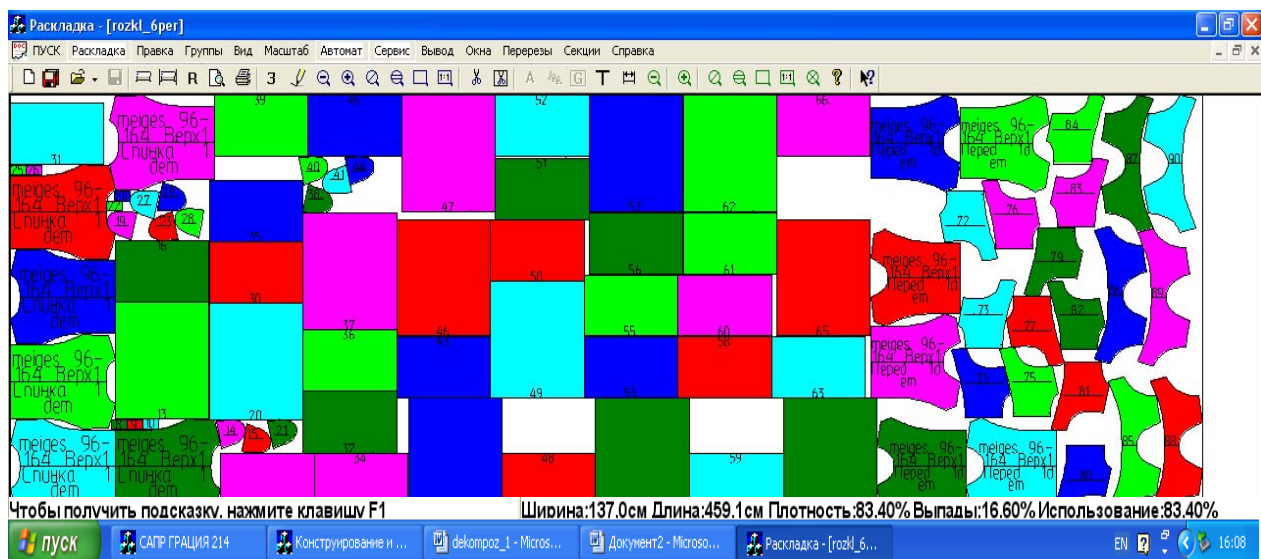


Рис. 8. Розкладка лекал з застосуванням прийому мультиплікації при K=6

Рис. 9. Розкладка лекал з застосуванням всіх прийомів апріорного конструювання при $K = 6$

В розкладці, представлений на рисунку 9, застосовано всі досліджувані прийоми апріорного конструювання.

Результати виконання експериментальних розкладок з застосуванням названих методів конструювання представлено в таблиці 8.

Таблиця 8
Технічні характеристики експериментальних розкладок лекал

Застосовані прийоми апріорного конструювання	Площа лекал, cm^2	Довжина розкладки, см	Між лекальними випадів, %	Витрати матеріалу на одиницю виробу, см
Розкладка 1 1 Принцип мультиплікації. $K=6$	52456,5	474,3	19,85	78,7
Розкладка 2 (рис. 8) 1 Принцип мультиплікації. $K=6$ 2 Лабілізація контуру обшивки 3 Декомпозиція обшивки.	52456,5	459,1	16,6	75,5

Порівнюючи технічні показники розкладок, представлених на рисунках 8, 9 з показниками вихідної однокомплектної розкладки (рис. 3, табл. 4), спостерігаємо динаміку зменшення показника міжлекальних випадів в залежності від використаних прийомів апріорного конструювання,

Висновки

В результаті виконання роботи отримано специфікацію деталей крою та шляхом методу лінійно-кускової апроксимації введено деталі в комп'ютерне середовище САПР «Грация». За допомогою прийомів апріорного конструювання розроблено заходи мінімізації міжлекальних випадів. Виявлено, що найкращий результат в даному напрямку для деталей складної конфігурації дає застосування принципу декомпозиції. Велике значення для ущільнення розміщення деталей має оптимальний вибір коефіцієнту мультиплікації. Ущільнення розміщення деталей в розкладці, що виконана в автоматичному режимі, на найбільш проблемних ділянках можливе шляхом внесення змін ручним аналітичним методом.

Література

1. Козлов Б. А. Плотные многокомплектные раскладки деталей швейных изделий: Учебное пособие / Борис Анатолиевич. Козлов. - М. : Легпромбытиздат, 1985. - 152с.
2. Коблякова Е. Б. Конструирование одежды с элементами САПР: Учебник для вузов / Е. Б. Коблякова, Г. С. Ивлева, В. Е. Романов [и др.]. - 4-е изд. перераб. и доп.; Под ред. Е. Б. Кобляковой. - М.; Легпромбытиздат, 1988. - 464 с.
3. Славінська А. Л. Побудова лекал деталей одягу різного асортименту: Навчальний посібник / А. Л. Славінська - 3-е вид. випр. і доп. - Хмельницький: ХНУ, 2007. - 173 с.
4. Славінська А. Л. Методи типового проектування одягу: Навчальний посібник / А. Л. Славінська. - Хмельницький: ХНУ, 2008. - 159 с.
5. Зубов Н.Н., Моделирование и оптимизация технологических процессов: Учебное пособие / - Н. Н.Зубов, В. А. Титов. - СПб. : Изд-во СПбГУСЭ, 2009. - 183 с.

6. Першина Л. Ф. Технология швейного производства: Учебное пособие / Л.Ф.Першина, С. В. Петрова. - М. ; Легпромбытиздат, 1991. – 416 с.

References

1. Kozlov B. A. Dense mnogokomponentnye pickup parts of garments: Tutorial / B. A. Kozlov. - M. ; Legprombytizdat, 1985. – 152 p.
2. Koblyakova E.B. Basics of designing clothes: Tutorial / E.B. Koblyakova, G.S. Ivleva, V. E. Pomanov [and other]. 4-th editi. prerob. and supplem. – M. ; Light industry, 1988. – 464 p.
3. Slavincyka A.L. Grading pieces of clothing items in different range: Tutorial/ 3-d editi. prerob. and supplem. A.L. Slavincyka– Khmelynitskiy HNU 2007. – 173 p.
4. Slavincyka A.L. Tutorial / Methods of the typical designing. A.L. Slavincyka – Khmelynitskiy HNU 2007. – 159 p.
5. Zubov N.N. Modeling and optimization of technological processes: Tutorial/ - N. N. Zubov V. A., Titov CPb. ; publisher CPbSUSE, 2009. – 183 p.
6. Pershina L.F. The technology of clothing manufacture: Tutorial / L. F. Pershina, S.V. Petrova M.; Legprombytizdat, 1991. – 416 p.

Полуда С.Н., Мороз Р.А. Усовершенствование процесса нормирования текстильных материалов для изготовления школьной формы.

В статье наведены направления усовершенствования процесса нормирования текстильных материалов на основе правил априорного конструирования с использованием САПР «Грация». Разработано классификацию методов априорного конструирования и выполнены экспериментальные раскладки комплекта лекал школьного сарафана с использованием методов лабилизации, декомпозиции и мультипликации. Установлено влияние характера геометрической формы детали на динамику сокращения размера межлекальных выпадов. Определены технические показатели разработанных экспериментальных раскладок.

Ключевые слова: оптимизация, нормирование, априорное конструирование, минимизация межлекальных выпадов.

Poluda S.N., Moroz R.A. Improving the process of normalization of textile materials for production school uniforms

The article deals with the problems of modern school uniforms that are sold on the market.

The main task of the producing is reduce cost of the product. One promising way is the reduction of the quantity material in the design phase of products. The most effective in this regard should be considered a priori method of construction. The ways of improving the process of normalization textile materials on the basis of the rules priori design using CAD "Gracia" for a specific model of school sundress for girls younger age groups are developed in this paper.

For provide it, various options of experimental layouts for parts with most complex shape with using techniques of labilization, decomposition and animation were made.

Technical index of the experimental layouts are determined. Wherein the method of designing a priori the task at the minimizing percent of between the region for drawing curves was accomplished.

Keywords: optimization, setting of norms, apriorne constructing, minimization of mizhlekal'nykh lunges.

Полуда Світлана Нестерівна – старший викладач кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет (м. Мукачево).

Мороз Романія Андріївна – старший викладач кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівський державний університет (м. Мукачево).

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 22.01.2015

УДК 621.436.001.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОКИНЕТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОТБОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ В МИНИТУННЕЛЕ

Поливянчук А.П., Холкина Е. А.

RESEARCH ISOKINETIC MODE OF DIESEL EXHAUST GASES SAMPLING IN MINI-TUNNEL

Polivianchuk A., Holkina O.

Исследованы условия, обеспечивающие изокINETический режим отбора отработавших газов из выхлопной трубы двигателя в частично-поточной разбавляющей системе (минитуннеле). Определена зависимость перепада давления между пробоотборником минитуннеля и выхлопной трубой при изокINETическом режиме от параметров потока отработавших газов дизеля. Сделана оценка влияния на точность поддержания данного режима отклонений перепада давления между пробоотборником минитуннеля и выхлопной трубой от требуемых значений, а также пульсаций потока отработавших газов в выхлопной трубе двигателя.

Ключевые слова: минитуннель, отработавшие газы, изокINETический режим.

Введение

Наиболее токсичным вредным веществом, входящим в состав отработавших газов (ОГ) дизельных двигателей, являются твердые частицы (ТЧ). Для ограничения поступления их в атмосферу с ОГ дизелей во многих странах установлены нормы на выбросы ТЧ дизельными двигателями и разработаны методы для их определения [1-3].

В Европе действуют Правила R-49-02 ЕЭК ООН, в которых установлена процедура определения массовых выбросов ТЧ дизелями (13-ступенчатый испытательный цикл) и описаны измерительные системы, необходимые для ее реализации. Одной из таких измерительных систем является система разбавления части потока ОГ дизельных двигателей и отбора проб ТЧ (минитуннель (МТ)) с изокINETическим пробоотборником (ИПО), схема которой представлена на рис.1.

Процедура определения массовых выбросов ТЧ с помощью МТ заключается в следующем. Дизель последовательно работает на 13-ти режимах с установленными значениями угловых скоростей и крутящих моментов на валу двигателя. При этом

часть ОГ из выхлопной трубы двигателя (ВТ) через ИПО и трубу переноса поступает в МТ, где происходит их смешивание с атмосферным воздухом.

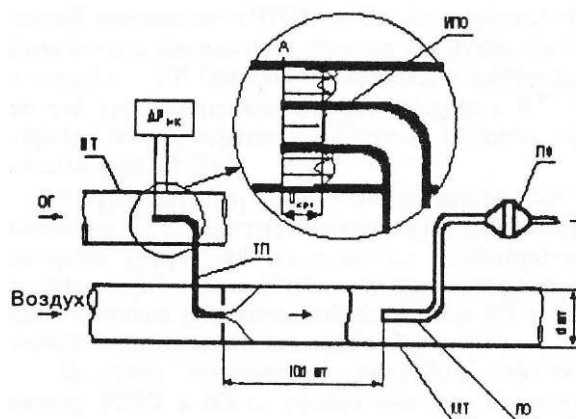


Рис.1. Схема минитуннеля с изокINETическим пробоотборником: ОГ – отработавшие газы; ВТ – выхлопная труба двигателя; ТП – труба переноса ОГ; МТ – минитуннель; ЛО – линия отбора проб ТЧ; ПФ – патрон с фильтрами; ИПО – изокINETический пробоотборник; $\Delta P_{ИК}$ – перепад давления между ИПО и ВТ; А – сечение в ВТ, в котором измеряется перепад давления $\Delta P_{ИК}$; $v_{ср1}$ – средняя скорость потока ОГ в ВТ; $d_{МТ}$ – внутренний диаметр МТ

На каждом режиме испытательного цикла часть разбавленных ОГ, масса которых пропорциональна соответствующему весовому коэффициенту, отбирается из МТ в линию отбора проб и пропускается через фильтры для отбора ТЧ. По массе ТЧ, собранных на фильтрах в ходе испытательного цикла, а также параметрам двигателя и системы разбавления определяется средневзвешенный показатель массовых выбросов ТЧ (г/кВт·ч).

Одним из основных требований, предъявляемых к данному МТ, является

обеспечение изокINETического (ИК) режима отбора ОГ из выхлопной трубы двигателя.

ИзокINETическим (равноскоростным) считается такой режим отбора ОГ, при котором равны средние скорости потоков ОГ, протекающих в ИПО и в ВТ двигателя [4]. При этом массовый расход отбираемой части ОГ пропорционален массовому расходу полного потока ОГ двигателя с постоянным коэффициентом пропорциональности $\Gamma_{ик}$ (коэффициентом отбора), равным отношению площадей поперечных сечений ИПО и ВТ.

Для обеспечения ИК режима отбора ОГ Правилами R-49-02 ЕЭК ООН рекомендуется поддерживать перепад давления между ИПО и ВТ двигателя ($\Delta P_{ик}$) на нулевом уровне с точностью ± 2.5 Па. Колебания давления ОГ в ВТ при этом не должны превышать ± 500 Па. Однако, как показали испытания с ИПО, разработанным в НИИПЭ, требуемый $\Delta P_{ик} \neq 0$ и зависит от параметров потока ОГ в ВТ двигателя.

Постановка задачи

Целью исследований являлось определение условий, обеспечивающие ИК режим отбора ОГ из ВТ дизеля в минитуннель и проводилась оценка влияния на его точность различных факторов:

- погрешности перепада давления $\Delta P_{ик}$;
- пульсаций потока отработавших газов.

Исследование влияния параметров потока ОГ на перепад давления между ИПО и ВТ двигателя при ИК режиме отбора ОГ

Рассмотрим уравнение Бернулли [5], составленное для потоков, протекающих в ИПО и ВТ для плоскости А, в которой осуществляется измерение $\Delta P_{ик}$ (см. рис.1):

$$P_1 + \alpha_1(\rho v_{cp1}^2/2) = P_2 + \alpha_2(\rho v_{cp2}^2/2), \quad (1)$$

где P_1, P_2 - статические давления потоков ОГ в ВТ и ИПО, Па; α_1, α_2 - коэффициенты, учитывающие неравномерность распределения скоростей потоков ОГ по сечениям ВТ и ИПО; v_{cp1}, v_{cp2} - средние скорости потоков ОГ в ВТ и ИПО, м/с; ρ - плотность ОГ в ВТ, кг/м³.

Как следует из (1), при ИК режиме отбора ОГ, т.е. в случае $v_{cp1} = v_{cp2}$, условие, когда $P_1 = P_2$ (или $\Delta P_{ик} = 0$) выполняется лишь при $\alpha_1 = \alpha_2$. Если распределения скоростей по сечениям ИПО и ВТ различны ($\alpha_1 \neq \alpha_2$) $\Delta P_{ик} \neq 0$ и пропорционален скоростному напору потока ОГ в ВТ:

$$\Delta P_{ик} = (\alpha_1 - \alpha_2)(\rho v_{cp1}^2/2). \quad (2)$$

В таблице 1 приведены результаты испытаний на воздухе с ИПО, разработанным в НИИПЭ, по определению влияния параметров потока воздуха, протекающего в ВТ, на перепад давления $\Delta P_{ик}$.

Таблица 1

Результаты испытаний на воздухе с ИПО, разработанным в НИИПЭ, по определению влияния параметров потока воздуха, протекающего в ВТ, на перепад давления $\Delta P_{ик}$.

№№ п/п	Параметры потока воздуха в ВТ			$\rho v_{cp1}^2/2$, Па	$\Delta P_{ик}$, Па
	G, г/с	t, °C	$P_{вт}$, Па		
1	20.0	20	400	40.7	3.9
2	20.2	20	160	41.0	2.0
3	35.1	20	100	124.6	17.6
4	46.6	25	400	224.7	33.3
5	35.3	43	1000	135.9	21.6
6	21.7	70	1000	55.7	5.9
7	35.3	70	400	148.4	16.7
8	34.9	70	700	144.6	22.5
9	35.5	70	100	149.2	17.6
10	35.3	68	1300	146.2	16.7
11	35.2	68	1600	144.9	15.7
12	19.6	120	400	52.4	5.9
13	20.5	125	1600	57.4	4.9
14	42.8	68	1000	215.6	29.4
15	35.4	115	1000	167.8	20.6

По результатам табл.1 с помощью метода наименьших квадратов определена экспериментальная зависимость $\Delta P_{ик}$ от параметров потока воздуха, протекающего в ВТ, по формуле:

$$\Delta P_{ик} = 0.1606(\rho v_{cp1}^2/2) - 4.7. \quad (3)$$

Среднеквадратичное отклонение данной зависимости равно 2.2 Па, что соизмеримо с погрешностью микроманометра (≈ 2 Па), используемого для определения $\Delta P_{ик}$.

Анализ (3) показывает, что:

а) разность $(\alpha_1 - \alpha_2) = 0.1606$ — постоянная величина, т.е. характер распределения скоростей по сечениям ИПО и ВТ не меняется при различных параметрах потока воздуха, протекающего в ВТ (данное утверждение справедливо для турбулентного течения воздуха в ВТ, которому соответствуют скоростные напоры, превышающие 40 Па);

б) разность $(\alpha_1 - \alpha_2)$ положительна, следовательно $\alpha_1 > \alpha_2$, т.е. неравномерность распределения скоростей по сечению трубопровода больше в ВТ, чем в ИПО, что приводит к большим потерям кинетической энергии в ВТ и снижению статического давления P_1 .

Исследование влияния отклонений перепада давления между ИПО и ВТ от требуемых для обеспечения ИК режима отбора ОГ значений на погрешность коэффициента отбора

При отклонениях $\Delta P_{ик}$ перепада давления между ИПО и ВТ от $\Delta P_{ик}$ средние скорости потоков в этих трубопроводах отличаются на величину

$$\delta v = (v_{cp2} - v_{cp1}) / v_{cp1} \quad (4)$$

Как следует из выражения (4), средняя скорость потока ОГ, протекающего в ИПО, равна

$$v_{cp2} = v_{cp1}(1 + \delta v) \quad 5$$

Определим связь между относительной погрешностью коэффициента отбора δr и относительным изменением скорости потока ОГ, протекающего в ИПО:

$$\delta r = (r - r_{ик}) / r_{ик} = (g/G - g_{ик}/G) / (g_{ик}/G) =$$

$$= (\rho S_2 v_{cp2} - \rho S_2 v_{cp1}) / \rho S_2 v_{cp1} = \delta v, \quad (6)$$

где r – действительный коэффициент отбора ОГ; g , G – массовые расходы потоков ОГ, протекающих в ИПО и ВТ; $g_{ик}$ – массовый расход потока ОГ в ИПО при ИК режиме; S_2 – площадь поперечного сечения ИПО.

Таким образом, погрешность коэффициента отбора равна относительному изменению средней скорости потока, протекающего в ИПО.

Учитывая выражения (5) и (6), уравнение Бернулли для рассматриваемых потоков можно привести к следующему виду:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \alpha_1 (\rho v_{cp1}^2 / 2) - \alpha_2 (\rho v_{cp1}^2 / 2) (1 + \delta r)^2.$$

Выполнив необходимые преобразования и учитывая зависимость (2), получим:

$$\Delta_{ик} = \Delta P - \Delta P_{ик} = -\alpha_2 (\rho v_{cp1}^2 / 2) \times (2\delta r + \delta r^2). \quad (7)$$

В табл.2 приведены результаты экспериментальных исследований на воздухе, в ходе которых определялись погрешности коэффициента отбора δr , обусловленные отклонениями $\Delta_{ик}$, при различных скоростных напорах потока воздуха в ВТ ($\rho v_{cp1}^2 / 2$, Па).

Таблица 2
Результаты экспериментальных исследований на воздухе, в ходе которых определялись погрешности коэффициента отбора δr , обусловленные отклонениями $\Delta_{ик}$, при различных скоростных напорах потока воздуха в ВТ ($\rho v_{cp1}^2 / 2$, Па)

$\Delta_{ик}$ Па	64.4 Па	122.6 Па	295.1 Па
-20	13.7	7.9	3.2
-10	7.4	3.3	2.5
-5	3.7	2.1	0.7
0	1.0	0.5	-0.2
5	-4.3	-1.1	-0.6
10	-6.0	-4.0	-1.6
20	-17.1	-7.3	-2.4

По данным табл.2 был рассчитан коэффициент α_2 . Полученный результат ($\alpha_2 = 1.057$) показывает,

что распределение скоростей по сечению ИПО близко к равномерному. Учитывая значение разности коэффициентов α_1 и α_2 , получим $\alpha_1 = 1.218$, что соответствует степенному закону распределения скоростей в ВТ [6].

Решив выражение (7) относительно δr , получим:

$$\delta r = -1 + (1 - 2\Delta_{ик} / \alpha_2 \rho v_{cp1}^2)^{1/2}. \quad (8)$$

С помощью (7) можно определить требования к точности поддержания $\Delta P_{ик}$ на заданном уровне на различных режимах работы двигателя. Для этого необходимо задаться величиной δr и, рассчитав значения скоростных напоров ОГ в ВТ двигателя для различных режимов его работы, определить по (7) допустимые отклонения $\Delta_{ик}$ для каждого режима.

Так, для двигателя Д-240 для обеспечения ИК режима отбора ОГ с погрешностью $\delta r \leq 3\%$ необходимо поддерживать перепад давления $\Delta P_{ик}$ с такой точностью: ± 5 Па на режиме холостого хода; $\pm (20-40)$ Па на режимах со средней скоростью; $\pm (70-80)$ Па на режимах с номинальной скоростью.

Погрешность измерения $\Delta P_{ик} = \pm 2.5$ Па, приведенная в Правилах R-49-02 ЕЭК ООН, обеспечивает погрешность коэффициента отбора $\delta r = 1\%$ и имеет значение только на режиме холостого хода двигателя, на котором скоростной напор минимален.

Исследование влияния пульсаций потока ОГ в ВТ двигателя на погрешность коэффициента отбора

Для оценки возможности применения зависимости (3) в условиях пульсирующего потока были проведены испытания, в ходе которых определялись погрешности коэффициента отбора δr , обусловленные колебаниями потока воздуха в ВТ с различными амплитудой и частотой. Результаты испытаний представлены на рис.2 Колебания давления в ВТ оказывают значительное влияние на коэффициент отбора ОГ, причем амплитуда колебаний давления является преобладающим фактором.

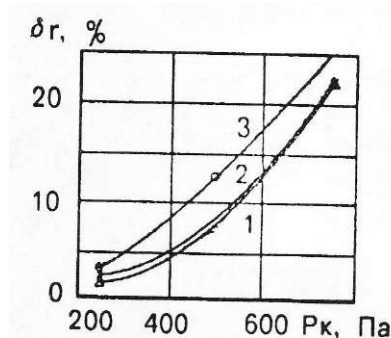


Рис. 2. Влияние пульсаций потока ОГ на погрешность коэффициента отбора δr амплитуды колебаний P_k и частоты колебаний, Гц: 1 - 8; 2 - 16; 3 - 24

Причина данного эффекта заключается в том, что в пульсирующем потоке изменяется характер распределения скоростей по сечениям ИПО и ВТ, что приводит к изменению α_1 и α_2 . Положительное значение погрешности бг говорит о том, что разность ($\alpha_1 - \alpha_2$) увеличивается, т.е. потери кинетической энергии на неравномерность распределения скоростей в ВТ возрастают в большей степени, чем в ИПО.

Таким образом, для обеспечения ИК режима отбора ОГ в условиях пульсирующего потока необходимо либо ограничивать колебания давления в ВТ и использовать зависимость (3) для определения $\Delta P_{\text{ИК}}$, либо определять новую зависимость для $\Delta P_{\text{ИК}}$ в реальных условиях работы двигателя.

Вывод

Определена экспериментальная зависимость перепада статических давлений между пробоотборником минитуннеля и ВТ дизеля, при котором обеспечивается ИК режим отбора ОГ. Оценена точность данной зависимости и даны рекомендации ее использования в условиях пульсирующего потока ОГ.

Л и т е р а т у р а

1. Walsh M.P. Costs and benefits of diesel particulate control // SAE Techn. Pap. Ser - 1984 - № 840177. - P. 161-169.
2. Environmental Protection Agency. Standard for emission of particulate regulation for diesel-fueled light-duty vehicles and light-duty trucks//Federal Register. - 1980. - Vol. 45, № 45. - March.
3. Regulation No 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. - E/ECE/TRANS/505. - 4 May 2011. - 194 p.
4. Nobuyoshi Hiracouchi, Isumi Fucano, Taceshi Shoi Measurement of diesel exhaust emission with mini-dilution tunnel //SAE Techn. Pap Ser - 1989 - № 890181. - 12 p.
5. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. - М. : Машиностроение, 1967. — 368 с.
6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М. : Машиностроение, 1975 - 559 с

R e f e r e n c e s

1. Walsh M.R. Costs and benefits of diesel particulate control // SAE Techn. Pap. Ser - 1984 - № 840177. - P. 161-169.
2. Environmental Protection Agency. Standard for emission of particulate regulation for diesel-fueled light-duty

vehicles and light-duty trucks//Federal Register. - 1980. - Vol. 45, № 45. - March.

3. Regulation No 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. - E/ECE/TRANS/505. - 4 May 2011. - 194 p.
4. Nobuyoshi Hiracouchi, Isumi Fucano, Taceshi Shoi Measurement of diesel exhaust emission with mini-dilution tunnel //SAE Techn. Pap Ser - 1989 - № 890181. - 12 p.
5. Nekrasov B.B. Gidravlika i ee primenenie na letatel'nyh apparatah. - M. : Mashinostroenie, 1967. — 368 s.
6. Idel'chik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam. - M. : Mashinostroenie, 1975 - 559 s

Полив'янчук А.П., Холкіна О.О. Дослідження ізокінетичного режиму відбору відпрацьованих газів дизеля у мінітуннелі

Досліджено умови, що забезпечують ізокінетичний режим відбору відпрацьованих газів з викидної труби двигуна у частково-поточній розбавлюючій системі (мінітуннелі). Визначено залежність перепаду тиску між пробовідбірником мінітуннеля та викидною трубою при ізокінетичному режимі від параметрів потоку відпрацьованих газів дизеля. Зроблено оцінку впливу на точність підтримання даного режиму відхилень перепаду тиску між пробовідбірником мінітуннеля та викидною трубою від потрібних значень, а також пульсації потоку відпрацьованих газів у викидній трубі двигуна.

Ключові слова: мінітуннель, відпрацьовані гази, ізокінетичний режим

Polivianchuk A., Holkina O. Research isokinetic mode of diesel exhaust gases sampling in mini-tunnel

The conditions ensuring isokinetic mode of exhaust gases sampling from the engine exhaust pipe in a part-flow dilution system (mini-tunnel) have been investigated The relation of a pressure differential between a sampler of mini-tunnel and exhaust pipe at isokinetic mode from flow parameters of diesel exhaust gases has been determined The assessment of influencing on accuracy of the given mode maintenance of pressure differential deviations between a sample of mini-tunnel and exhaust pipe from desired values, and also flow fluctuations of exhaust gases in a engine exhaust pipe of engine has been carried out.

Keywords: mini-tunnel, exhaust gases, isokinetic mode

Полив'янчук Андрій Павлович — д.т.н., доцент, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння НТУ «ХП» (м. Харків)

Холкіна Олена Олександрівна — інженер Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)

Рецензент: Суворін О. В. — д.т.н., доцент.

Стаття подана 23.01.2015

УДК 687:658

**ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ ГНУЧКИХ
ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ФОРМ ПО ВИГОТОВЛЕННЮ ЖІНОЧОГО ОДЯГУ
В СУЧАСНИХ УМОВАХ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Попова А.І.

**FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE PROCESS STREAMS FLEXIBLE
ORGANIZATIONAL FORMS BY THE FORM OF WOMEN'S CLOTHING IN MODERN
CONDITIONS OF CLOTHING MANUFACTURE**

Popova A.I.

В статті вказано особливості організації технологічних потоків гнучких організаційних форм по виготовленню жіночого одягу в сучасних умовах швейного виробництва. Здійснено аналіз роботи технологічних потоків підприємства ТЗОВ СП «Віадук» та величини втрат від частих переналадок технологічних процесів на виготовлення нових моделей та видів виробів. Визначено чинники, що впливають на виробничу структуру гнучких організаційних потоків в сучасних умовах. Проведено порівняльний аналіз та представлено порівняльну характеристику двох типів гнучких організаційних потоків за основними показниками. Представлено результати впровадження гнучкої організаційної форми технологічних потоків двох типів на швейному підприємстві ТЗОВ СП «Віадук».

Ключові слова: швейне виробництво, технологічний потік, гнучка організаційна форма.

1. Вступ. На сучасному етапі розвитку ринкових відносин в Україні вимоги до швейної промисловості диктують виробничим об'єднанням та підприємствам галузі необхідність інтенсивного оновлення і розширення асортименту швейних виробів, що вимагає в свою чергу частоті перебудови виробничого процесу. Тому головним напрямком зростання ефективної роботи швейних підприємств є використання результатів наукових досліджень та впровадження їх у виробничі процеси для виготовлення конкурентоспроможних швейних виробів, з метою ефективної реалізації їх на внутрішньому та зовнішньому ринках.

В сьогоденнішніх умовах підприємства швейної промисловості країни залежать від умов давальницьких схем, що стосується рівня якості вхідної сировини, технічної документації, обсягу замовлень, термінів поставки готової продукції, які

плануються та розробляються іноземними замовниками. Але певна доля швейних підприємств виготовляє продукцію реалізація якої забезпечує прибуток на внутрішньому ринку України.

Забезпечення споживчої цінності швейних виробів, як результату виробничого процесу є найважливішим завданням в сучасних умовах виробництва. Жорсткі вимоги до швейних підприємств вимагають технічних рішень направлених на адаптацію підприємств до виготовлення різнопланового асортименту, впровадженню гнучкої організації виробництва, інтенсифікацію технологічних процесів, та зростанню їх економічної ефективності [1,2].

Мета даної роботи полягає у розкритті особливостей організації технологічних потоків гнучких організаційних форм двох типів по виготовленню жіночого одягу на прикладі роботи підприємства ТЗОВ СП «Віадук». Виготовлення якісного жіночого одягу передбачає вирішення багатьох завдань дизайнерського, технічного, організаційного, соціального рівня. Підвищення гнучкості організаційних форм швейного виробництва в умовах інтенсифікації оновлення продукції базується на удосконаленні системи підготовки виробництва [1,2]. Отже, об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення жіночого одягу, предметом дослідження є гнучка форма організації технологічного потоку.

Для досягнення поставленої мети у даній роботі вирішувались наступні завдання:

- аналіз роботи технологічних потоків діючого підприємства ТЗОВ СП «Віадук»;
- визначення чинників, що впливають на вибір виробничої структури потоку;
- вибір типу виробничої структури потоку;

- порівняльний аналіз гнучких організаційних форм потоків;
- впровадження гнучких організаційних форм потоків двох типів.

2. Виклад основного матеріалу. Технологічні потоки швейного виробництва можуть бути охарактеризовані багатьма показниками: потужністю, структурою, рівнем технічного оснащення, рівнем спеціалізації, ритмом роботи, способом запуску, засобом транспортування предметів праці, розміщенням робочих місць, наступністю змін, формою організації.

Форма організації потоку – це комплексна характеристика швейного потоку [3,4,5].

Проаналізувавши роботу агрегатно-групових потоків (АГП) ТзОВ СП «Віадук» по виготовленню жіночого одягу встановлено, що дане підприємство працює в умовах давальницьких схем з іноземними замовниками та виготовляє вироби різних видів і серій освоєння нових видів виробів або нових моделей на підприємстві характеризується втратами у випуску продукції і зниженням техніко-економічних показників потоків. Розміри серій пошитих виробів коливаються в межах від 100 до 5000 одиниць, що порушує пропорції функціонування серійного виробництва.

Перебудова швейних потоків на випуск нових моделей або виробів іншого асортименту, що відрізняється матеріальними і трудовими затратами, а також технологією обробки, потребує: часткової або повної заміни технології; заміни складу та переналагодження застосовуваного обладнання і оргтехоснащення; зміни запасів незакінченого виробництва; переспеціалізації робочих місць і освоєння у зв'язку з цим нових операцій та нових видів обладнання.

З метою аналізу роботи технологічних потоків діючого підприємства (потік 1 – 125 працюючих, потік 2 – 50 працюючих) за період освоєння нових моделей або нових видів виробів у потоці автором статті приймався термін досягнення планового обсягу їх випуску при відповідному рівні якості продукції. Величина втрат визначалася як різниця між плановим і фактичним випуском виробів у потоці за днями від початку запуску нової моделі до моменту досягнення в потоці планових показників і стабілізації обсягів виробництва продукції.

На основі аналізу фактичних даних з втрат у випуску нових моделей було здійснено їх

групування залежно від річної потужності потоків та визначено їх середнє значення (табл.1).

З даних таблиці 1 випливає, що із зростанням потужності потоків збільшуються втрати у випуску продукції.

Так, для потоків з річною потужністю 111,528 тис. од. втрати в середньому становлять 4,66 тис. од. від річного випуску виробів, а для потоків потужністю 80,028 тис. од. становить 3,62 тис. од. Із збільшенням потужності потоків збільшується також середня кількість їх перебудов, оскільки скорочується тривалість проходження серій, що спричиняє зростання частоти запуску нових виробів. Потоки з річною потужністю 111,528 тис. од. перебудовуються частіше, ніж потоки менш потужні, і середні втрати за один день становлять 18 одиниць, тоді як у потоках малої потужності становлять 14 одиниць.

Для організації більш ефективної роботи підприємства та з метою зниження цих втрат автором статті запропоновано: впровадження і використання гнучких організаційних форм поточкових ліній двох типів; групування по величині серій технологічно однорідних виробів і встановлення послідовності їх запуску для виготовлення в одному потоці; застосування прогресивної технології; підвищення автоматизації виробництва на базі прогресивного обладнання з використанням мікропроцесорів.

Гнучка організація виробництва – це оперативний перехід на випуск різноманітних видів виробів при підвищеній кількості моделей та мобільна робота швейних потоків [6,7,8].

Як встановлено в ході дослідження, на виробничу структуру потоку підприємства впливають наступні чинники: рівень спеціалізації підприємства та його підрозділів (ділянок, цехів, потоків); потужність потоку; технологія, склад парку обладнання та рівень його спеціалізації; розмір серії і частота змін виду виробів і моделей по кожному виду виробу.

Гнучка організація виробництва передбачає оперативний перехід на випуск різноманітних видів виробів при підвищеній кількості моделей та забезпечує мобільну роботу швейних потоків, що базується на основі виробничих структурах двох типів.

Таблиця 1

Втрати обсягів виробництва при запуску нових моделей залежно від потужності, до впровадження гнучких організаційних потоків (величина серії 2900 одиниць)

Чисельність працівників, роб.	Форма організації потоку	Річна потужність потоку, тис. од.	Середня кількість перебудов потоку за рік	Середня тривалість освоєння, днів	Середні втрати за день, од.	Середньорічні втрати у випуску виробів на період освоєння	
						тис. од.	%
125	АГП	111,528	45	4	18	4,66	4,18
50	АГП	80,028	27	6	14	3,62	4,50

Таблиця 2

Порівняльна характеристика двох типів гнучких організаційних потоків

Основні показники	Тип виробничої структури	
	I	II
Кількість робітників у потоці, чол.	50-130	30-50
Структура потоку	Централізована заготівельна ділянка (секція); монтажних ліній 2-5	Малосерійний секційний потік з виділенням групи запасного обладнання
Асортимент	Пальтова група, Плащова група. Куртки	Сукняна група. Блуза. Спідниця. Штани
Структура і властивості тканин серії виробів, що запускається	Однорідні	Різномірні
Кількість одночасно оброблюваних виробів	Кілька видів виробів і моделей	Один вид виробу (кілька моделей)
Вид запуску	Комбінований з урахуванням коефіцієнта однорідності	Послідовний з урахуванням коефіцієнта однорідності
Розмір серії, од.	Від 2500 і більше	1000 і менше
Розміщення обладнання при зміні серії	Не змінюється	Змінюється
Рівень спеціалізації робочих місць	Високий, до 0,7	Низький, до 0,4
Засоби транспортування пачок крою і деталей напівфабрикату	Пересувні візки, підвісні пересувні каретки	Пересувні візки, транспортер
Наступність змін	Незмінний потік	Незмінний потік. Змінний потік
Структура потоку	Секційний	Несекційний. Секційний

I тип – потік з централізованою заготівельною ділянкою (секцією) і спеціалізованими багатолінійними монтажами, кожний з яких спеціалізується на виготовленні безлічі моделей.

II тип – малосерійний секційний потік для створення безперервної роботи і забезпечення випуску виробів розширеного асортименту.

Гнучкі організаційні форми потоку I та II типів передбачають застосування найбільш прогресивних методів обробки швейних виробів та використання обладнання, яке володіє високим ступенем універсальності, здатності простого та швидкого переключення з однієї операції на іншу з мінімальними затратами часу на переналагодження [5,6].

Гнучка організаційна форма потоку передбачає виробничу структуру потокової лінії, яка повинна забезпечувати перехід на новий асортимент з незначною перебудовою потоку і частковою зміною обладнання. Порівняльна характеристику двох типів гнучких організаційних потоків (табл. 2).

Використання гнучкої організаційної форми потоку I типу економічно ефективно та доцільно на спеціалізованих потоках від 50 до 130 чоловік для виготовлення виробів серіями від 2500 одиниць і більше. За цієї умови забезпечується високий рівень спеціалізації потоку і раціональна потужність, що дає змогу ефективно використовувати високопродуктивне обладнання. Крім того такий тип потоку найбільш ефективний стосовно комплексно-механізованих ліній, особливою яких є значне збільшення високопродуктивних машин спеціального призначення і напівавтоматів, що потребують забезпечення їх повного завантаження, а це можливо лише при умові централізації

спеціального обладнання та збільшення потужності потоку.

Використання гнучкої організаційної форми потоку II типу економічно ефективно та доцільно в неспеціалізованих потоках до 50 чоловік для виготовлення виробів, що часто змінюються і випускаються невеликими серіями від 1000 одиниць і менше. Особливістю такого малосерійного потоку у випуску розширеного асортименту виробів є: почергове виготовлення виробів у потоці; неповне використання машин, що характерно для потоків малої потужності; додаткове обладнання, яке забезпечує обробку модельних і технологічних особливостей виробів; необхідність перестановки значної кількості обладнання при зміні асортименту.

В малосерійному секційному потоці з гнучкою організаційною формою II типу (кількість працюючих – 50) виділяється група запасного обладнання. В цьому потоці виготовляються вироби, що часто змінюються і випускаються невеликими серіями від 1000 і менше.

Особливістю малосерійного потоку з гнучкою організаційною формою II типу є: почергове виготовлення виробів в потоці; неповне використання машин, що характерно для потоку малої потужності і створює резерв для всього потоку, а також у наявності додаткового обладнання, яке забезпечує обробку модельних і технологічних особливостей виробів; наявність візків, які використовують для транспортування напівфабрикату до віддалених робочих місць при зміні асортименту; створенні спарених робочих місць з різним обладнанням, що дає змогу виконувати різномірні операції; перестановки

необхідної кількості обладнання при зміні асортименту.

Для ритмічної роботи потоку встановлюється оптимальна послідовність запуску виробів з урахуванням коефіцієнта однорідності, що забезпечує найменші втрати часу при зміні асортименту. Це досягається запуском виробів, близьких за технологією виготовлення.

При послідовному запуску виробів у потік пачками серії різних виробів чергуються послідовно після відповідного переналагодження і перестановки обладнання.

Для надання гнучкості і маневреності потоку залежно від асортименту кількість додаткового обладнання досягає 30 %.

3. Результати досліджень. Приймаючи до уваги, що на підприємстві організовано роботу технологічних потоків великої та малої потужності автором статті було запропоновано та здійснено реорганізацію потоків. Потік великої потужності (кількість працюючих – 125) – реорганізовано в комплексно-механізований потік із гнучкою організаційною формою I типу, а потік малої потужності (кількість працюючих – 50) – в малосерійний потік з гнучкою організаційною формою II типу.

В комплексно-механізованому потоці з гнучкою організаційною формою I типу (кількість працюючих – 125) виділяється: централізована заготівельна секція (кількість працюючих – 63) з виділенням 6-ти груп обробки; 3 паралельні монтажні лінії (кількість працюючих – 24, 10, 7); централізована секція з волого-теплової обробки і заключної обробки (кількість працюючих – 21).

Заготівельна секція спеціалізується на обробці вузлів та деталей і виконанні певних видів робіт із застосуванням спеціалізованого обладнання. Шість груп заготівельної секції з обробки окремих деталей стабілізує роботу монтажних ліній, оскільки на лініях монтажу виконуються тільки збиральні операції.

Робота монтажної секції організується паралельними лініями. Кількість ліній та кількість працюючих на кожній лінії визначається асортиментом та потужністю потокової лінії. Монтажні лінії спеціалізуються на виготовленні різноманітних моделей та виробів.

У потоці рекомендується: застосування комбінованого запуску виробів, з циклічним чергуванням виробів та моделей у заготівельній секції і послідовним запуском виробів та моделей у монтажних лініях; з метою скорочення втрат величини серій повинні бути від 2500 і вище; транспортування напівфабрикату між робочими місцями здійснюється пачками за допомогою різних транспортних засобів.

Величини втрат обсягів виробництва при запуску нових моделей залежно від потужності, після впровадження гнучких організаційних потоків наведено у таблиці 3.

Після впровадження двох типів гнучких організаційних форм потоків спостерігається значне зменшення втрат у випуску нових моделей на підприємстві за показниками: середня тривалість освоєння; середні втрати за день; середньорічні втрати у випуску виробів за період освоєння, та збільшення річної потужності потоків ГОФ I, II типів (табл. 4).

Таблиця 3

Втрати обсягів виробництва при запуску нових моделей залежно від потужності, після впровадження гнучких організаційних потоків (величина серії 2900 одиниць)

Чисельність працівників, роб.	Форма організації потоку	Річна потужність потоку, тис. од.	Середня кількість перебудов потоку за рік	Середня тривалість освоєння, днів	Середні втрати за день, од.	Середньорічні втрати у випуску виробів на період освоєння	
						тис. од.	%
125	ГОФ I типу	123,333	45	2	14	3,62	2,94
50	ГОФ II типу	94,181	27	4	10	2,59	2,75

Таблиця 4

Результати від впровадження гнучких організаційних потоків (величина серії 2900 одиниць)

Чисельність працівників, роб.	Форма організації потоку	Річна потужність потоку, тис. од.	Середня кількість перебудов потоку за рік	Середня тривалість освоєння, днів	Середні втрати за день, од.	Середньорічні втрати у випуску виробів на період освоєння	
						тис. од.	%
125	ГОФ I типу	+11,805	45	-2	-4	-1,04	-1,24
50	ГОФ II типу	+14,153	27	-2	-4	-1,03	-1,75

Як видно з таблиці 4, середня тривалість освоєння в потоці ГОФ I та II типу зменшується на 2 дні; середні витрати в потоках також зменшуються, зокрема – на 4 одиниці, що в свою чергу призводить до зменшення середньорічних втрат у випуску виробів на період освоєння в потоці I типу на 1,04 тис. од., що в свою чергу становить 1,24 %, а у потоці II типу – на 1,03 тис. од., 1,75 % відповідно.

4. Висновки. Аналіз організації сучасних гнучких технологічних процесів виготовлення жіночого одягу в спеціалізованих та неспеціалізованих технологічних потоках підприємства вказує на те, що економічна ефективність використання гнучких організаційних форм потоків I та II типів залежить від: спеціалізації; кількості робітників у потоці; структури потоку; асортименту; структури і властивості тканин серії виробів, що запускаються; кількості одночасно оброблюваних виробів; виду запуску; розміру серії; розміщення обладнання при зміні серії; рівню спеціалізації робочих місць; засобів транспортування пачок крою і деталей напівфабрикату; наступності змін; структури потоку.

Розробка гнучких організаційних форм потоку повинна базуватись на застосуванні найбільш прогресивних методів обробки жіночого одягу та використанні обладнання, яке володіє високим ступенем універсальності та здатністю простого і швидкого переключення з однієї операції на іншу з мінімальними затратами часу на переналагодження. Часті переналадки технологічних процесів на виготовлення нових моделей, а також нових видів виробів призводять до значних втрат у продуктивності праці та зменшення випуску продукції.

Отже, на основі проведеного аналізу основних показників гнучких технологічних процесів виготовлення жіночого одягу, визначено проблематику адаптаційності та гнучкості виробничих структур потоків I та II типів в умовах сучасного швейного виробництва.

Л и т е р а т у р а

1. Современные формы и методы проектирования швейного производства /Т.М. Серова, А.И. Афанасьева, Т.И. Илларионова, Р.А. Даль. – М. : Московский государственный университет дизайна и технологии, 2004 – 288 с.
2. Бабаджанов С.Г. Экономика предприятий швейной промышленности / С.Г. Бабаджанов, Ю.А. Доможиров – М. : ACADEMIA, 2003 – 250 с.
3. Мурыгин В.Е. Основы функционирования технологических процессов швейного производства /В.Е. Мурыгин, Е.А. Чаленко. – М. : «Компания Спутник», 2001 – 299 с.
4. Основы проектирования швейных предприятий: / Константинов С.М., Литвиненко Г.Е., Комиссаров О.К. и др.; под ред. Константинова С.М. – К. : Вища школа , 1992 – 375 с.

5. Скирута М.А. Современные методы системного проектирования процессов производства одежды / М.А. Скирута, О.Ю.Комиссаров. – К. : УМК ВО , 1988 – 88 с.
6. Комплексно-механизированные линии в швейной промышленности / И.С. Зак, В.М. Полухин, С. Я. Лейбман и др. – М. : Легпромбытиздат, 1988 – 320с.
7. Проектирование предприятий швейной промышленности / А.Я. Измestьева, Л.П. Юдина и др.; под ред. А.Я. Измestьева – М. : Легкая индустрия, 1983 – 264с.
8. Доможиров Ю.А. Эффективность повышения организационно-технического уровня швейных предприятий / Доможиров Ю.А., Долина О.Н. – М. : Легпромбытиздат, 1988 – 320с.

R e f e r e n c e s

1. Sovremennyye formy i metody proektirovaniya shvejnogo proizvodstva /Т.М. Serova, А.И. Afanas'eva, Т.И. Illarionova, R.A. Dal'. – М. : Moskovskij gosudarstvennyj universitet dizajna i tehnologii, 2004 – 288 s.
2. Babadzhanov S.G. Jekonomika predpriyatij shvejnoj promyshlennosti / S.G. Babadzhanov, Ju.A. Domozhirov – М. : ACADEMIA, 2003 – 250 s.
3. Murygin V.E. Osnovy funkcionirovaniya tehnologicheskikh processov shvejnogo proizvodstva /V.E. Murygin, E.A. Chalenko. – М. : «Kompaniya Sputnik», 2001 – 299 s.
4. Osnovy proektirovaniya shvejnyh predpriyatij: / Konstantinov S.M., Litvinenko G.E., Komissarov O.K. i dr.; pod red. Konstantinova S.M. – К. : Vishha shkola , 1992 – 375 s.
5. Skiruta M.A. Sovremennyye metody sistemnogo proektirovaniya processov proizvodstva odezhd / М.А. Skiruta, О.Ю.Комиссаров. – К. : УМК ВО , 1988 – 88 с.
6. Kompleksno-mehanizirovannyye linii v shvejnoj promyshlennosti / I.S. Zak, V.M. Poluhin, S. Ja. Lejbman i dr. – М. : Legprombytizdat, 1988 – 320s.
7. Proektirovanie predpriyatij shvejnoj promyshlennosti / А.Я. Измest'eva, Л.П. Judina i dr.; pod red. А.Я. Измest'evoj – М. : Legkaja industriya, 1983 – 264s.
8. Domozhirov Ju.A. Jeffektivnost' povyshenija organizacionno-tehnicheskogo urovnja shvejnyh predpriyatij / Domozhirov Ju.A., Dolina O.N. – М. : Legprombytizdat, 1988 – 320s.ы

Попова А.И. Особенности организации технологических потоков гибких организационных форм по изготовлению женских одежды в современных условиях швейного производства

В статье отмечено особенности организации технологических потоков гибких организационных форм по изготовлению женской одежды в современных условиях швейного производства. Проведено анализ работы технологических потоков предприятия ТЗОВ СП «Виадук» и величины потерь от частых переналадок технологических процессов по пошиву новых моделей и новых видов изделий. Определено факторы влияющие на производственную структуру гибких организационных потоков в современных условиях. Проведен сравнительный анализ и представлена сравнительная характеристика двух типов гибких организационных потоков по основным показателям. Представлено результаты внедрения гибкой организационной формы

технологических потоков двух видов на швейном предприятии ТзОВ СП «Виадук».

Ключевые слова: швейное производство, технологический поток, гибкая организационная форма.

Popova A.I. Features of the organization of the process streams flexible organizational forms by the form of women's clothing in modern conditions of clothing manufacture

This article shows the features of the organization of the process streams flexible organizational forms for the manufacture of women's clothing in modern conditions of clothing manufacture. The analysis of process flows of the company (Limited Liability) JV «Viaduc» and the amount of losses from frequent changeovers of technological processes for manufacturing of new models and types of products. The factors influencing the industrial structure flexible organizational flows in modern conditions. Comparative analysis and presents a comparative description

of two types of flexible organizational flows on the main indicators. The results of introducing flexible organizational form of the process streams of the two types in the garment enterprise JV «Viaduc».

Key words: garment manufacturing, process stream, flexible organizational form.

Попова Алла Іванівна – старший викладач кафедри конструювання та технологій швейних виробів і професійної освіти, Мукачівського державного університету (м. Мукачеве). alla.popova_66@mail.ru

Рецензент: Суворин А. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 23.01.2015

УДК 66.02.539.215.9:621.929

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ревенко С.А., Галабурда Н.И., Карпюк Л.В., Табунщиков В.Г.

IMPROVING EFFECTIVENESS OF CATALYTIC GAS-PHASE OF PROCESSES

Revenko S.A., Galaburda N.I., Karpyuk L.V., Tabunschikov V.G.

В статье рассмотрены пути повышения эффективности каталитических процессов. На примерах глубокого окисления уксусной кислоты и метанола кислородом воздуха в условиях аэрозольного катализа показана целесообразность организации псевдооживления зернистого инертного материала за счет импульсного выпуска реакционных газов из реактора.

Ключевые слова: аэрозольный катализ, псевдооживление, инертный материал, газофазные процессы, окисление, катализатор.

1. Введение. Существует ряд химических процессов, протекание которых более эффективно осуществляется в присутствии катализаторов. В этой связи интерес представляют системы псевдооживленного слоя зернистого инертного материала, с движущимся сквозь него снизу вверх мелкодисперсным катализатором [1].

2. Изложение основного материала. Применение катализаторов без носителей в виде аэрозолей позволяет повысить их эффективность за счет исключения внутридиффузионных стадий катализа, обеспечения равнодоступности активной поверхности, возможности управления концентрацией катализатора в реакционном объеме в процессе синтеза. В каталитических реакторах пылевидный катализатор подается в нижнюю часть псевдооживленного слоя инертного материала и покрывает поверхность его зерен. Использование псевдооживленного слоя зернистого материала исключает агломерацию пылевидного катализатора и позволяет осуществлять механохимическую активацию его частиц за счет его измельчения в результате трения и многократного соударения более крупных частиц инерта. Переход от макрочастиц к микро- и наноразмерам катализатора приводит к изменению многих важных для него физико-химических свойств поверхности, в результате чего катализатор в слое инерта практически остается химически активным [2, 3].

Эффективность газофазных процессов в таких системах во многом зависит от однородности псевдооживления инерта. При этом стремятся, чтобы реагенты находились в слое инерта как можно дольше, чему способствует снижение расхода газа, проходящего через аппарат. При проведении термокаталитических процессов снижение расхода газа является также экономически целесообразным. Время контакта реагентов увеличивается также с увеличением слоя инерта в реакторе, однако однородное псевдооживление сыпучего материала возможно обеспечить только при соотношении высоты стационарного слоя h_c к диаметру аппарата d в пределах от 2 до 5. При соотношениях $h_c/d > 5$ псевдооживление переходит в поршневой режим, для которого характерно образование по высоте слоя газовых пробок, чередующихся с поршнями сыпучего материала. В газовых пробках практически отсутствует катализатор, это естественно снижает эффективность каталитических процессов.

Целью настоящей работы является предложение решений, позволяющих улучшить однородность псевдооживления зернистого инертного материала при соотношении $h_c/d > 5$, а также снизить расход сжижающего газа и повысить эффективность использования катализатора. Поставленная цель достигается путем формирования однородного псевдооживленного слоя зернистого инертного материала за счет импульсного выпуска газа из реактора.

Основываясь на вышеизложенном, были проведены экспериментальные работы по окислению 80% водного раствора уксусной кислоты, а также метанола кислородом воздуха в условиях аэрозольного катализа. Схема установки представлена на рис. 1.

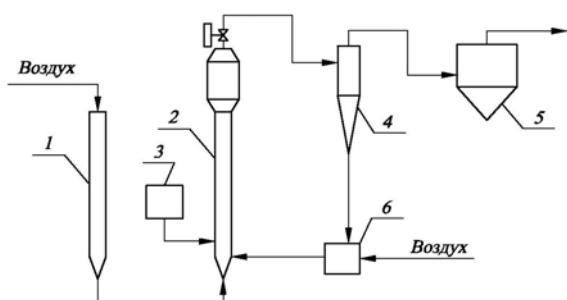


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – воздухоподогреватель; 2 – реактор; 3 – дозатор окисляемого вещества; 4 – циклон; 5 – фильтр; 6 – дозатор мелкодисперсного катализатора; 7 – электромагнитный клапан; 8 – генератор частоты импульсов

Основным аппаратом является реактор аэрозольного катализа (рис. 2).

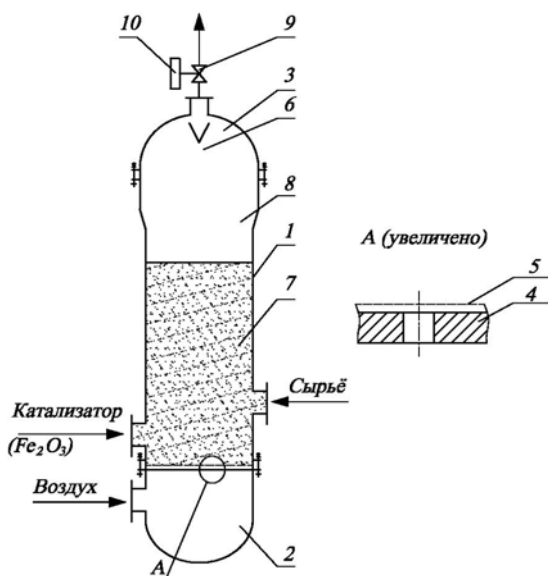


Рис. 2. Схема реактора:

- 1 – реакционная камера; 2 – камера сжижающего газа;
3 – крышка; 4 – распределительная решетка; 5 – сетка;
6 – отбойник; 7 – инертный зернистый материал;
8 – надслоевое пространство; 9 – электромагнитный клапан; 10 – генератор частоты импульсов

Инертным материалом, который выполняет еще и функции тепло- и массопереноса, являлись стеклянные шарики с эквивалентным диаметром 0,8-1,0 мм. Диаметр аппарата $d=50$ мм, а высота стационарного слоя инерта $h_c=795$ мм. Температура в зоне катализа составляла $600\pm 20^\circ\text{C}$. Под газораспределительную решетку подавался предварительно подогретый воздух с таким расходом, при котором линейная его скорость прохождения через слой инерта соответствует предельному режиму фильтрации. На выходе из реактора газовый поток перекрывался. В результате этого происходил рост давления внутри аппарата до величины 0,15-0,2 МПа, позволяющий при открытии клапана обеспечить оптимальную

линейную скорость псевдоожижения. Частота импульсного режима клапана составляла 8 Гц. Таким образом обеспечивалось однородное псевдоожижение при соотношении $h_c/d=16$. Предварительно однородность псевдоожижения оценивалась визуально на прозрачной модели реактора.

Катализатором в процессе служил оксид железа Fe_2O_3 с исходным размером частиц 100÷200 мкм. Катализатор и исходное сырье подавались в предварительно ожиженный инерт. Температура в зоне катализа поддерживалась с помощью электрообогрева. Окисляющим компонентом служил кислород воздуха, используемого для ожижения инерта.

3. Результаты исследований. Результаты экспериментов представлены в таблице. Для сравнения также приведены данные аналогичных исследований процесса глубокого окисления при традиционном способе псевдоожижения инертного материала [1].

Таблица

Результаты исследования эффективности окисления органического сырья кислородом воздуха в условиях аэрозольного катализа

№ п/п	Режим выпуска реакционных газов из реактора	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{час}$	Расход сырья, $\text{г}/\text{час}$	Расход катализатора, $\text{г}/\text{час}$	Степень окисления, %	Нагрузка на катализатор, $\Gamma_{\text{оп}}/\Gamma_{\text{кат}} \text{ час}$	Увеличение предельной нагрузки на катализатор при импульсном режиме выпуска реакционных газов
1	2	3	4	5	6	7	8
80% водный раствор уксусной кислоты							
1.	импульсный	2,15	96,4	17,4	100	4,432	
2.	импульсный	2,15	143,3	15,9	100	7,208	
3.	импульсный	2,15	185,1	18,2	100	8,136	
4.	импульсный	2,15	198,0	18,0	100	8,800	
5.	импульсный	2,15	211,7	22,3	100	7,592	

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
6.	импульс- ный	2,15	243,5	17,4	100	11,195 *	на 25,3 %
7.	импульс- ный	2,15	250,2	20,1	98,1	9,768	
8.	постоян- ный	3,29	95,6	18,7	100	4,098	
9.	постоян- ный	3,29	133,3	17,6	100	6,059	
10.	постоян- ный	3,29	192,1	17,2	100	8,934*	
11.	постоян- ный	3,29	230,2	23,3	95,2	7,524	
метиловый спирт							
12.	импульс- ный	2,15	54,9	17,5	100	3,137	
13.	импульс- ный	2,15	78,1	15,9	100	4,912	
14.	импульс- ный	2,15	92,2	18,1	100	9,094	
15.	импульс- ный	2,15	107,0	18,8	100	5,691	
16.	импульс- ный	2,15	116,5	20,1	100	5,796	
17.	импульс- ный	2,15	127,2	20,3	100	6,266*	на 26,1%
18.	импульс- ный	2,15	129,4	21,7	97,6	5,820	
19.	постоян- ный	3,29	52,2	17,2	100	3,035	
20.	постоян- ный	3,29	74,5	15,6	100	4,776	

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
21.	постоян- ный	3,29	99,5	19,9	99,4	4,970*	
22.	постоян- ный	3,29	112,0	22,3	96,8	4,862	

Примечание: * - предельная нагрузка на катализатор, т.е. максимальное количество вещества, при окислении которого обеспечивается экологическая эффективность процесса.

4. Выводы. Таким образом, предложенное техническое решение позволило обеспечить однородное псевдоожижение зернистого инертного материала в реакторе при соотношении $h_c/d=16$ и сниженном в 1,5 раза расходе оживающего газа, исключить агломерацию мелкодисперсного катализатора и обеспечить его регенерацию непосредственно в зоне катализа за счет механохимической активации, что способствовало увеличению примерно на 25% предельной нагрузки на него.

Л и т е р а т у р а

1. Гликин М. А. Аэрозольный катализ // Теоретические основы химической технологии. – 1996. - Т. 30, № 4. - С. 430-434.
2. Аэрозольный катализ. Возможности, проблемы, решения / М. А. Гликин, Д. А. Кутакова, Е. М. Принь, Е. В. Фурсов // Химическая промышленность. - 1999. - № 3. - С.15 -21.
3. Активация минералов при измельчении / [Молчанов В. И. и др.] . - М. : Недра, 1988. – 208 с.

R e f e r e n c e s

1. Glikin M. A. Ajerozol'nyj kataliz // Teoreticheskie osnovy himicheskoy tehnologii. – 1996. - T. 30, - № 4. - S. 430-434.
2. Ajerozol'nyj kataliz. Vozmozhnosti, problemy, reshenija / M. A. Glikin, D. A. Kutakova, E. M. Prin', E. V. Fursov // Himicheskaja promyshlennost'. - 1999. - № 3. - S. 15 - 21.
3. Aktivacija mineralov pri izmel'chenii / [Molchanov V. I. i dr.] . - M. : Nedra, 1988. – 208 s.

Ревенко С. А., Галабурда Н.І., Карпюк Л. В., Табунщиков В. Г. Підвищення ефективності каталітичних газофазних процесів

У статті розглянуті шляхи підвищення ефективності каталітичних газофазних процесів. На прикладах глибокого окислення оцтової кислоти та метанолу киснем повітря в умовах аерозольного каталізу показана доцільність організації псевдоожиження зернистого інертного матеріалу за умови імпульсного випуску реакційних газів із реактору.

Ключові слова: аерозольний катализ, псевдоожиження, інертний матеріал, газофазні процеси, окислювання, катализатор.

Revenko S. A., Galaburda N.I., Karpyuk L. V., Tabunshhikov V. G. Improving effectiveness of catalytic gas-phase of processes.

The article discusses ways of increasing efficiency of catalytic processes. On examples deep oxidation of acetic acids and of methanol by oxygen in conditions aerosol catalysis is shown the feasibility of organizing fluidization grainy an inert material at the expense pulsed release of the reaction gases from the reactor.

Key words: aerosol catalysis, fluidization, inert material, gas-phase process, oxidation, catalyst.

Ревенко Станіслав Антонович, к.т.н., с.н.с., доцент кафедри обладнання хімічних підприємств, СХУ імені В. Даля Технологічний інститут (м.Сєверодонецьк)

Галабурда Наталя Іллівна, старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств СХУ ім. В. Даля.

Карпюк Людмила Вікторівна, старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, СХУ імені В. Даля Технологічний інститут (м.Сєверодонецьк)

Табуншіков Володимир Георгійович, старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств, СХУ імені В. Даля Технологічний інститут (м.Сєверодонецьк)

Рецензент: **Суворін О.В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 4.01.2015

УДК 665.64.097.3

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННОЇ АПАРАТУРИ З ВПРОВАДЖЕННЯМ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

Самойлова Ж.Г., Асманкіна А. А.

TECHNOLOGICAL SCHEME OF ELECTRONIC EQUIPMENT MAKING WITH INTRODUCTION OF MATERIALS ON AN ACETIC ACID BASE

Samoylova Zh.G., Asmankina A.A.

Темою цієї роботи є розробка технологічної схеми виробництва еа, з метою спрощення і впровадження дешевших матеріалів, до складу яких входить оцтова кислота. Сучасне виробництво друкованих плат та готових виробів електронної апаратури потребує спрощення операцій та економічну вигідність. Таким чином, обравши більш дешеву оцтову кислоту для заміщення складних речовин значно покращує процес виробництва ЕА.

Процес отримання оцтової кислоти з метанолу і оксиду вуглецю проводиться в газо-рідинному реакторі DC-1101 з механічним перемішуванням у присутності каталізатора і промотора в гомогенній рідкій фазі при температурі від 175 до 189 °С і тиску від 2,7 до 2,9 МПа.. У процесі дослідження були використані результати попередніх досліджень, а також були використані нові частини, що зробили модель ідентичною процесу.

Ключові слова: матеріальний баланс, окислення, тепловий баланс, математична модель, реактор синтезу, оцтова кислота, каталізатор.

1. Введення. Сучасне виробництво друкованих плат та готових виробів електронної апаратури потребує спрощення операцій та економічну вигідність. Таким чином заміщення складних речовин більш дешевою оцтовою кислотою значно покращує процес виробництва. Технологічна схема, яка наводиться у роботі, представляє собою перелік основних етапів виробництва електронної апаратури, на яких можна провести спрощення, підвищити надійність виробів та отримати наглядний результат впровадження економічних заходів.

Метою роботи є створення технологічної схеми виробництва, на етапах якої дорогі компоненти будуть замінені на більш дешеві, до складу яких входить оцтова кислота[1,12]. Такі етапи знайшли застосування на багатьох підприємствах, тому їх об'єднання на базі єдиного виробництва доцільніше та буде мати економічну

вигоду. Керування основними стадіями процесу централізоване і здійснюється з ЦПК[15].

Відомо, що підвищення надійності радіoeлектронної апаратури (РЕА) нерозривно пов'язане з розробкою ефективних способів її герметизації. Тому техніка герметизації повинна безперервно вдосконалюватися і відповідати зростаючим вимогам радіoeлектронної промисловості [2,9]. Одні з тих, що найчастіше зустрічаються – оцтові силікони.

Ще одним способом підвищення надійності є нанесення якісного флюсу. Флюси розчиняють і видаляють оксиди і забруднення з поверхні паяного з'єднання. При монтажі електро- і радіоапаратури найширше застосовуються флюси, в склад яких входить оцтова кислота, що робить цей флюс значно дешевшим.

Деталі з міді і її сплавів, як і сталеві, знежирюють в органічних розчинниках або електрохімічно, використовуючи оцтову кислоту, як травляючу або поліруючу складову [11].

2. Основний матеріал. Оцтова кислота володіє всіма властивостями карбонових кислот іноді розглядається як їх найбільш типовий представник. Зв'язок між воднем і киснем карбоксильної групи (-COOH) карбонової кислоти є сильно полярною, унаслідок чого ці з'єднання здатні легко диссоціювати і проявляють кислотні властивості.

Оцтова кислота - розчинник лаків, коагулянт латексу, ацетилюючий агент в орг. синтезі. Солі оцтової кислоти (Fe, Al, Cr і ін.) - протрави при фарбуванні[6].

Роздивимось докладніше етапи з використанням оцтової кислоти. Силіконові герметики для ущільнення і компенсації руху швів, мабуть, найбільш досконалі. Їх відрізняє чудова еластичність (подовження при розриві - до 1000%),

дуже широкий температурний діапазон експлуатації - від -50 до $+200^{\circ}\text{C}$ (у спеціальних герметиків верхня межа доходить до $+300^{\circ}\text{C}$), відмінна адгезія до найрізноманітніших основ (склу, бетону, металу, дереву, пластмасам і багатьом іншим поверхням), міцність і довговічність.

Силіконовими герметиками є в'язкі маси, які твердіють під дією пари води, що міститься в повітрі. Вони застосовуються для закладення і склеювання всіх видів швів і стиків, коли потрібна ізоляція від зовнішніх дій, висока вологостійкість, міцність і еластичність. Герметики погано забарвлюються після нанесення, зате випускаються вони самих різних відтінків, що дозволяє вибрати матеріал потрібного кольору.

Силіконові герметики розрізняються по механізму затвердіння і за змістом наповнювачів (в більшості випадків чим менше наповнювачів, тим краще).

Кислотні герметики є найбільш універсальними і дешевими, і, природно, вони найширше представлені на вітчизняному ринку. Їх маркування у багатьох фірм включає латинську букву "А" (англ. acid - кислота) [11].

Герметизація залежить від виду виробу, тому способи герметизації застосовуються різні для кожного виду виробу, але одним з універсальніших залишається обробка корпусів герметиком.

Паяння з флюсом, що містить оцтову кислоту застосовується при монтажі електрорадіоелементів і інтегральних схем на друковані плати для отримання паяних з'єднань, призначених для роботи в жорстких умовах експлуатації. До складу флюсу входить активатор у вигляді оцтової кислоти 3-10 мас.% і органічний розчинник у вигляді суміші спиртів 30 мас.% і складних ефірів 60-70 мас.%. Всі вхідні до складу флюсу речовини екологічно безпечні для навколишнього середовища, засновані на природній, натуральній біорозкладаній сировині, що не завдає шкоди навколишньому середовищу. Склад флюсу не містить амінів, поверхнево-активних речовин, синтетичних полімерів (смола), води. Після проведення паяння із запропонованим флюсом в паяному з'єднанні залишки флюсу не містять іонів, флюс повністю відмивається, що забезпечує високий поверхневий електричний опір тривалий час[7].

Пропонований спосіб пайки з флюсом, що має в складі оцтову кислоту, відноситься до радіоелектроніки і може бути використаний для монтажу електрорадіоелементів і інтегральних схем на друковані плати і формування надійних і якісних паяних з'єднань, призначених для роботи в жорстких умовах експлуатації.

Відомий галузевий стандарт ОСТУ 4Г 0.033.200 - 1986 р. «Припої і флюси для паяння», який розповсюджується на припої і паяльні флюси (присадні матеріали), дозволені для застосування у виробництві спеціальної радіоелектронної

апаратури і побутової радіоелектронної апаратури при лудінні і паянні монтажних з'єднань і конструкційних вузлів. Також відомі Технічні умови ТУ 1718-001-07518266-2009 Флюсів слабоактивованих, які розповсюджуються на флюси слабоактивовані паяльні для автоматизованого або механізованого монтажу, призначені для видалення окисної плівки з поверхні паяних матеріалів і припою, захисту поверхні металів і припою від окислення в процесі паяння і зниження поверхневого натягнення розплавленого припою на межі метал-припой-флюс. Флюси слабоактивовані паяльні застосовуються для забезпечення процесів збірки електронних модулів і монтажу електронно-компонентної бази, включаючи виробництво функціональної електроніки для жорстких умов експлуатації.

Пасту припою, що містить оцтову кислоту, можна виготовити у такий спосіб: порошок олов'яного припою зволожують розчином оцтової кислоти в триетаноламіні, отриману суміш через 2-3 год. вмішують в нагрітий розчин каніфолі в суміші соснового масла і етилцеллозольва.

Спосіб здійснюють таким чином:

У 100 мл триетаноламіну розчиняють 35-40 мл оцтової. У навісок додають порошок свинцево-олов'яного припою (що містить 60-63% олова) вмішують 4-7% отриманого активатора і витримують протягом 2-3 год. Окремо готують флюс і для цього нагрівають до $60-70^{\circ}\text{C}$ розчинник з суміші соснового масла і етилцеллозольва, узятих в співвідношенні 1:(1,0,34). Потім на 1 г розчинника вмішують 1,3-1,5 частин каніфолі до її розчинення. У 100 г приготованого флюсу вмішують 600-700 г активованого порошку припою.

Паяльні пасти широко застосовуються в радіоелектронній промисловості для монтажу планарних (SMD) компонентів на друковану плату.

Основна перевага пасти - легкість механізації робіт. Пасту наносять спеціальними дозаторами або трафаретним способом. Пасту можна наносити рівним, точно заданим шаром за допомогою механізованих і автоматизованих засобів, що забезпечує значну економію припою (30- 50 %).

Промисловість використовує травильні розчини на основі хлорного заліза, персульфата амонію, хлорної міді, суміші хромового ангідриду і оцтової кислоти, перекису водню, хлориту натрію (лужні розчини).

Освітлення металів, а особливо нержавіючої сталі є одним із способів придання деталям і корпусам естетичного вигляду. Наприклад, видалення почорніння з поверхні алюмінієвих виробів, оцтова кислота перетворює металевий алюміній в сіль - ацетат алюмінію; при цьому виділяється водень :



У результаті реакції оцтової кислоти і оцтового ангідриду з технічної целюлозою утворюється триацетат целюлози. При гідролізі цієї речовини утворюється ацетилцелюлози[14].

Пластмаси на основі ацетилцелюлози (етроли) використовують для виготовлення міцних пластмас. Застосовують етроли у виробництві труб для перекачування природного газу, деталей автомобілів, телефонних апаратів, радіо- і телевізійних приймачів, медичних інструментів та ін.; прозорі листи з етроли - захисні і оглядові екрани, наприклад при роботі з радіоактивними та легкозаймистими сполуками.

3. Результати дослідження. Результатами роботи є розглянуті ділянки виробництва апаратури. Радіоелектроніка, а разом з нею й конструювання у своєму розвитку пережили чимало стрибків,

викликаних освоєнням нових діапазонів хвиль, нових методів генерування сигналів і т.д. Однак методи розробки РЕА мінялися мало. Наведемо найбільш важливі етапи, на яких можна використовувати оцтову кислоту.

На рис. зображена загальна технологічна схема виробництва еа з зазначеними найважливішими етапами. Майже на кожному етапі пропонується заміна елементів та матеріалів на аналогічні, у складі яких присутня оцтова кислота. Структури й параметри конструкції перебувають у функціональному зв'язку один з одним[8].

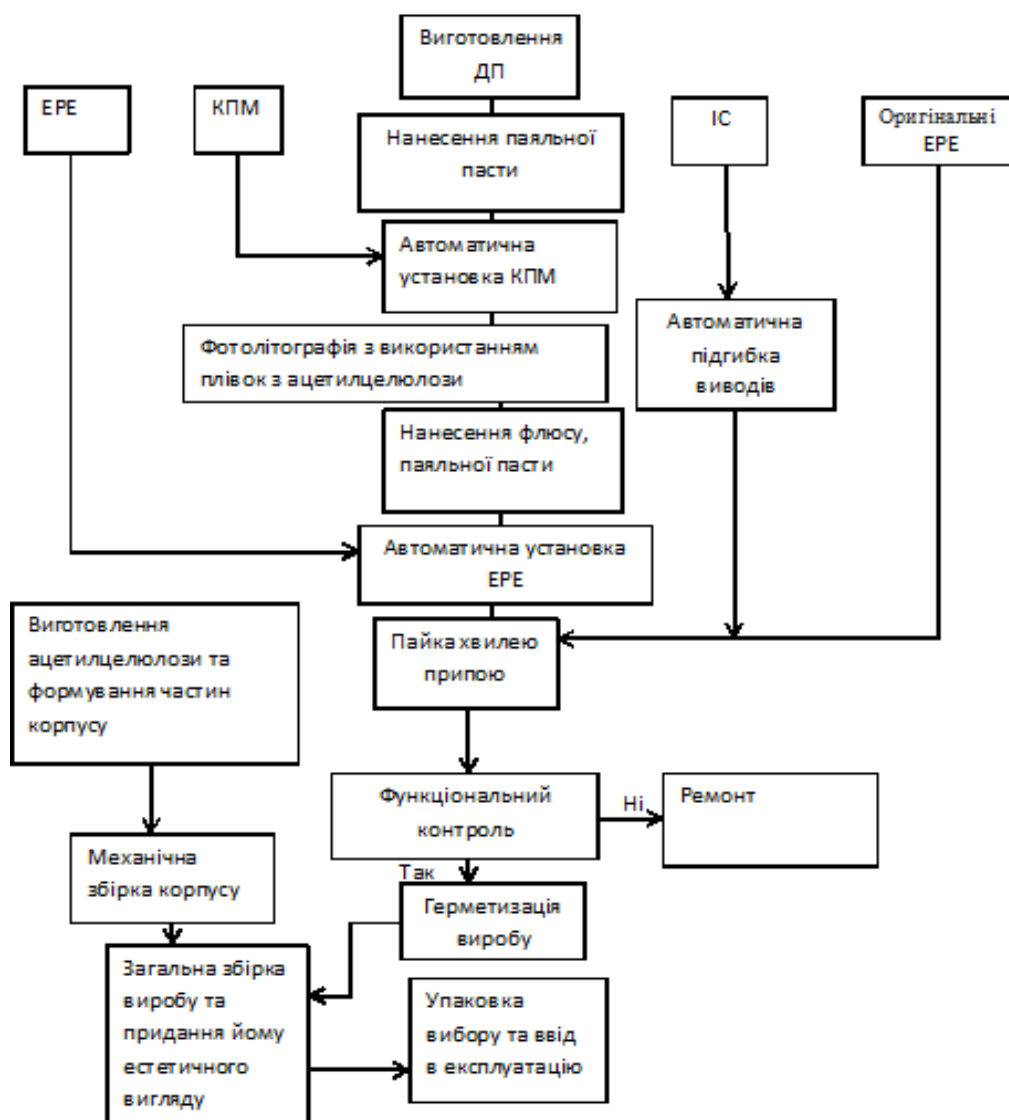


Рис. Тенологічна схема виробництва еа

Структура залежить від характеру продукції, яку виробляє підприємство, рівня спеціалізації і кооперування з іншими підприємствами, технологічного процесу, виробничих потужностей тощо. Як правило, підприємство має основні етапи, на яких безпосередньо виготовляють продукцію, і допоміжні етапи та служби, що обслуговують та забезпечують безперервну роботу основних етапів. Спеціалізовані підприємства мають просту виробничу структуру, а універсальні — складну, але це впливає лише на кількість етапів.

4. Висновки. Результатом цієї роботи є побудована технологічна схема етапів виробництва електронної апаратури, яка відображає послідовний опис операцій, що протікають у відповідних апаратах, машинах або іншому устаткуванні.

Таким чином, дана виробнича структура є формою організації виробничого процесу будь-якого підприємства. Виробничі процеси, за допомогою яких предмети праці перетворюються на готовий продукт, є основними й утворюють основне виробництво. Матеріальними об'єктами виробничої структури є етапи, дільниці, лабораторії, на котрих використовують рекомендовані матеріали. У них виробляється, проходить технічний контроль і випробовується кінцева продукція, комплектуючі вироби, матеріали і напівфабрикати, запчастини, перетворюються види енергії. Перехід на етапи з використанням матеріалів, що включають оцтову кислоту, не вимагає великих витрат коштів і часу, тому дана технологічна схема є доцільною та рекомендується до впровадження на підприємствах.

Л и т е р а т у р а

1. Целіщев О.Б. Математичне моделювання технологічних об'єктів: підруч./ О.Б. Целіщев, П.Й.Слісєєв, М.Г. Лорія, І.І. Захаров – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2011. – 421с.
2. Кутєпов А. М., Бондарева Т. І., Беренгартен Н. Г. вид. 2-е, перероб. і доп., М.: «Вища школа», 1990. – 522 с.
3. Скобло А.І. Процеси і апарати нафтогазопереробки і нафто-хімії. - М.: ТОВ «Недра-Бизнес-центр», 2000. - 677 с.
4. Дитнерський Ю.І. Основні процеси і апарати хімічної технології. Допомога по проектуванню / Під ред. Ю.І. Дитнерського. - М.: Хімія, 1983. - 272 с.
5. Павлов К.Ф. Приклади і завдання по курсу «Процеси і апарати хімічної технології»/К.Ф.Павлов, А.А. Романков, А.А. Шкарпеток - Л.: Хімія, 1981. - 552 с.
6. Плановський А. Н. Процеси і апарати хімічної технології/А. Н. Плановський, Ст. М. Рамм, З. К.Соломон - М.: Хімія, 1967. – 848 с.
7. Тімонін А.С. Основи конструювання і розрахунку хіміко-технологічного і природоохоронного устаткування. Довідник./А.С. Тімонін – Калуга:

Видавництво Н. Бочкаревой, 2002. Т.1, 852 с., т.2, 1028 с., т.3, 968 с.

8. Ганжа С.М. Основи конструювання електронних засобів: Підручник. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2011. – 467 с.
9. Міхальов М.Ф. Розрахунок і конструювання машин і апаратів хімічних виробництв. Приклади і завдання / під ред. М.Ф. Міхальова.- Л.: Машинобудування, 1984. – 301 с.
10. Матвєєв В.В. Приклади розрахунку оснащення такелажу/В.В.Матвєєв, Н.Ф. Крупін - Л.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
11. Кисельов Г.Ф. Система технічного обслуговування і ремонту технологічного устаткування підприємств по виробництву мінеральних добрив. Довідник./Г.Ф. Кисельов - М.: Хімія, 1991. – 384 с.
12. Полоцкий Л.М. Автоматизація хімічних виробництв. Теорія, розрахунок і проектування систем автоматизації/ Л.М. Полоцкий, Г.І. Лапшенков – М.: Хімія, 1982. – 296 с.
13. Кошарський Б.Д. Автоматичні прилади, регулятори і обчислювальні системи. Справочна допомога./Під ред. Б.Д. Кошарського. – Л.: Машинобудування, 1976. – 488 с.
14. Анопрієнко А. Я. Моделювання реактора синтезу оцтової кислоти на базі моделюючого середовища DIVA: скорочений варіант/А. Я. Анопрієнко, Є.Д. Гіллес, А. Кінлі, Т. Ф.Осіпова, С. Н. Святний // Збірник наукових праць ДонДТУ. Серія "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка". Випуск 1 (ІКВТ-97). - Донецьк: ДонДТУ. - 1997. - С. 16-21.
15. Тимофєєв В.С. Принципи технології основного органічного та нафтохімічного синтезу: Учеб. Посібник для вузів - 2-е вид., Перероб./ В.С. Тимофєєв - М.: Вища. шк., 2003. - 536 с.
16. Орлик В. Н. Математическое моделирование процесса парофазного синтеза винилацетата из ацетилена и уксусной кислоты //Химическая промышленность Украины. – 1978. – №. 4. – С. 18.

R e f e r e n c e s

1. Tselishchyev O.B. Matematychnе modelyuvannya tekhnolohichnykh ob'yektiv: pidruch./ O.B. Tselishchyev, P.Y.Yelisyyev, M.H. Loriya, I.I. Zakharov – Luhans'k: Vyd-vo Skhidnoukr. nats. un-tu, 2011. – 421p.
2. Kutepov A. M. Zahal'na khimichna tekhnolohiya / Kutepov A. M., Bondareva T. I., Berenharten N. H. vyd. 2-e, pererob. i dop., M.: «Vyscha shkola», 1990. - 522 p.
3. Skoblo A.I. Protsezy i aparaty neftegazopererabotky i nafto-khimiyi. - M.: TOV «Nedra-Byznes-tsentr», 2000. - 677 p.
4. Dytners'kyu Yu.I. Osnovni protsezy i aparaty khimichnoyi tekhnolohiyi. Dopomoha po proektuvannyyu / Pid red. Yu.I. Dytners'koho. - M.: Khimiya, 1983. - 272 p.
5. Pavlov K.F. Pryklady i zavdannya po kursu «Protsezy i aparaty khimichnoyi tekhnolohiyi»/K.F.Pavlov, A.A. Romankov, A.A. Shkarpetok - L.: Khimiya, 1981. - 552 p.
6. Planovs'kyu A. N. Protsezy i aparaty khymichnoyi tekhnolohiyi/A. N. Planovs'kyu, St. M. Ramm, Z. K.Solomon - M.: Khimiya, 1967. – 848 p.
7. Timonin A.S. Osnovy konstruyuvannya i rozrakhunku khymiko-tekhnolohichnoho i pryrodookhoronnoho

- ustatkuvannya. Dovidnyk./A.S. Timonin – Kaluha: Vydavnytstvo N. Bochkarevoy, 2002. Т.1, 852 p., т.2, 1028 p., т.3, 968 p.
8. Lashchyn's'kyi A.A. Osnovy konstruyuvannya i rozrakhunku khimichnoyi aparatury/A.A. Lashchyn's'kyi, A.R. Tolchyn's'kyi - M.: Mashynobuduvannya, 1970. – 752 p.
 9. Mikhal'ov M.F. Rozrakhunok i konstruyuvannya mashyn i aparativ khimichnykh vyrobnystv. Pryklady i zavdannya / pid red. M.F. Mikhal'ova.- L.: Mashynobuduvannya, 1984. – 301 p.
 10. Matveyev V.V. Pryklady rozrakhunku osnashchennya takelazhu/V.V. Matveyev, N.F. Krupin - L.: Stroyizdat, 1987. – 320 p.
 11. Kysel'ov H.F. Systema tekhnichnoho obsluhovuvannya i remontu tekhnolohichnoho ustatkuvannya pidpryemstv po vyrobnystvu mineral'nykh dobyv. Dovidnyk./H.F. Kysel'ov - M.: Khimiya, 1991. – 384 p.
 12. Polotskyi L.M. Avtomatyzatsiya khimichnykh vyrobnystv. Teoriya, rozrakhunok i proektuvannya system avtomatyzatsiyi/ L.M. Polotskyi, H.I. Lapshenkov – M.: Khimiya, 1982. – 296 p.
 13. Koshars'kyi B.D. Avtomatychni prylady, rehulatory i obchyslyval'ni systemy. Spravochna dopomoha./Pid red. B.D. Koshars'koho. – L.: Mashynobuduvannya, 1976. – 488 p.
 14. Anopriyenko A. Ya. Modelyuvannya reaktora syntezy otstovoyi kysloty na bazi modelyuyuchoho seredovyscha DIVA: skorochenyy variant/A. Ya. Anopriyenko, Ye.D. Hilles, A. Kinli, T. F. Osipova, S. N. Svyatnyy // Zbirnyk naukovykh prats' DonDTU. Seriya " Informatyka, kibernetyka ta obchyslyval'na tekhnika". Vypusk 1 (IKVT -97) . - Donetsk : DonDTU . - 1997. - S. 16-21 .
 15. Tymofeyev V.S. Pryntsypy tekhnolohiyi osnovnoho orhanichnoho ta naftokhimichnoho syntezy : Ucheb. Posibnyk dlya vuziv - 2-e vyd., Pererob/ V.S. Tymofeyev - M.: Vyscha. shk., 2003. - 536 p.
 16. Orlik V. N. Matematicheskoe modelirovanie protsessa parofaznogo sinteza vinilatsetata iz atsetilena i uksusnoy kysloty //Himicheskaya promyshlennost Ukrainyi. – 1978. – №. 4. – S. 18.

Самойлова Ж.Г., Асманкина А.А.
Технологическая схема изготовления электронной аппаратуры с использованием материалов на основе уксусной кислоты.

Темой этой работы является разработка технологической схемы производства радиоэлектронной аппаратуры, с целью упрощения и внедрения более дешевых материалов, в состав которых входит уксусная кислота. Современное производство печатных плат и готовых изделий электронной аппаратуры требует упрощение операций и экономическую выгодность. Таким

образом, выбрав более дешевую уксусную кислоту, для замещения сложных веществ, значительно улучшает процесс производства ЭА.

Процесс получения уксусной кислоты из метанола и окисла углерода проводится в газо-жидкостном реакторе DC-1101 с механическим перемешиванием, в присутствии катализатора и промотора, в гомогенной жидкой фазе при температуре от 175 до 189 °C и давлению от 2,7 до 2,9 МПа.. В процессе исследования были использованы результаты предыдущих исследований, а так же были использованы новые части, делающие модель идентичной процессу.

Ключевые слова: материальный баланс, окисление, тепловой баланс, математическая модель, реактор синтеза, уксусная кислота, катализатор.

Samoylova Zh.G., Asmankina A.A. A technological scheme of electronic equipment making with introduction of materials on an acetic acid base

In this R&D article, researches in a mathematical design on the example of the reactor of acetic acid are presented. The theme of this work is to develop the technological scheme of production line, in order to simplify implementation and cheaper materials, which include acetic acid. Modern production of printed circuit boards and finished products of electronic equipment requires a simplification of operations and cost-effective.

Acetic acid is a product of the reaction between methanol and carbon monoxide. The process is carried out in a gas discharge reactor DC-1101. The reactor includes a mechanical mixing for obtaining a homogeneous liquid phase. The reaction proceeds in a combination with a catalyst and promotor. The research is based on the results obtained from previous experiments, and includes a new parts which make this model be closer to the process.

Keywords: material balance, oxidization, thermal balance, mathematical model, reactor of synthesis, acetic acid., catalyst.

Самойлова Жанна Георгіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри електронної апаратури, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк).

Асманкіна Анастасія Анатоліївна – студент гр. РЕА-10дм, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк). ya.asmankina2011@yandex.ua

Рецензент: Смолій В.М. – д.т.н., професор.

Стаття подана 5.01.2015

УДК 004.942:519.876

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕБЕЗПЕКИ В ІНФОРМАЦІЙНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ**Сафонова С.О.****QUANTIFICATION OF DANGER IN THE INFORMATION TECHNOLOGY FOR SUPPORT DECISION-MAKING IN AN EMERGENCY SITUATION****Safonova S.A.**

У статті запропонована методика отримання параметрів прогнозу розвитку аварійної ситуації, пов'язаної з викидом небезпечних хімічних речовин в парогазовій фазі в атмосферу з урахуванням реальних поточних умов викиду. Наведений розрахунок сектора відхилення прогнозованого зараження і визначення зони можливого ураження. Достовірність запропонованих методів підтверджена результатами верифікації. Запропонована методика застосовується для створення ефективних програмних засобів прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень при техногенних катастрофах.

Ключові слова: аварійна ситуація, інформаційна технологія, математичне моделювання, сектор відхилення, зона ураження.

1. Вступ. Більшість великих промислових аварій пов'язано з потенційними загрозами персоналу підприємств, населенню прилеглих зон, довкіллю. При цьому важливу роль відіграють певні заходи, які ґрунтуються на швидкому отриманні якісної та достовірної інформації про масштаби і умови розвитку надзвичайних ситуацій.

Одним з найбільш небезпечних проявів аварій в промисловості та на транспорті є викид небезпечних хімічних речовин у парогазовій фазі і розповсюдження їх в атмосфері. Особливо небезпечний такий викид в початковій стадії протягом короткострокового періоду часу поширення «первинної» хмари.

Поширення хмари при характерних швидкостях вітру від 1 до 3 м / с протягом однієї години може здійснюватися на відстань від 4 до 12 і більше кілометрів. У більшості випадків швидкість реагування спеціальних підрозділів порівнянна або менше зазначеного часу. Заходи з евакуації або укриття людей і герметизації приміщень можуть істотно скоротити можливі негативні наслідки інгаляційного отруєння. Для ефективного прийняття

рішення необхідно в найкоротший термін отримати достовірний і повний прогноз розвитку аварійної ситуації в реальних поточних умовах. Прогноз, заснований на методиках типу [1], є застарілим і дає консервативну оцінку, згідно якої необхідне застосування значних сил і засобів для евакуації або ліквідації наслідків викиду. При точному прогнозі концентрація зусиль на дійсно небезпечній ділянці може бути більш ефективна.

Метою роботи є розробка методики отримання параметрів прогнозу розвитку аварійної ситуації, пов'язаної з викидом небезпечних хімічних речовин в парогазовій фазі в атмосферу з урахуванням реальних поточних умов викиду. На підставі отриманих кількісних показників небезпеки робиться висновок і приймаються рішення по діям в конкретних умовах, що склалися на момент аварії.

2. Основна частина. При аварії проблема моделювання полягає в стохастичному характері стану атмосфери. Тому на період прогнозу необхідно врахувати можливі коливання вітру і можливу стратифікацію атмосфери. Що стосується температури, усередненої швидкості та ландшафтного напрямку вітру, то вони не можуть значно відхилятися протягом відносно малих часів прогнозування (приблизно 1 година).

Дисперсія напрямку вітру залежить від швидкості вітру, ступеня стійкості атмосфери і часу усереднення [2, 3].

На основі обробки експериментальних даних, представлених в роботах Берлянда та Бізіної, присвячених атмосферній турбулентності, запропоновано залежності коливання напрямку розповсюдження хмари небезпечних речовин від швидкості вітру та часу усереднення. Використовуючи апроксимацію при обробці даних, ставимо у відповідність їм функцію відхилення напрямку вітру від швидкості (коефіцієнти представлені в табл.):

Таблиця

Коефіцієнти функції відхилення напрямку вітру

i	Режим стійкості атмосфери	Коефіцієнт1			Коефіцієнт2	
		m_i^1	m_i^2	m_i^3	l_i^1	l_i^2
1	Конвекція (нестійкий стан)	16,63	-0,26	0,345	0,118	8,118
2	Ізотермія (рівноважний стан)	6,858	-0,29	1,22	0,125	2,5
3	Інверсія (стійкий стан)	5,519	-0,38	0,8	0	0

де Коефіцієнт1, Коефіцієнт2 - коефіцієнти функції відхилення напрямку вітру в залежності від стану атмосфери і швидкості вітру та від часу усереднення і стану атмосфери відповідно.

$$\lambda(v) = m_i^1 \cdot \exp(m_i^2 \cdot v) + m_i^3, \quad (1)$$

де v - швидкість вітру на висоті 1 метр над поверхнею землі, м/с.

Ця швидкість розраховується згідно з профілем швидкостей [4].

Для визначення змінних в часі полів концентрацій використовується методика, запропонована в [5]. У ній середні параметри швидкості вітру беруться для висоти 10 метрів.

Відхилення кута напрямку вітру в залежності від часу усереднення пропонується визначати лінійною функцією (коефіцієнти представлені в табл.1):

$$\lambda(\tau) = l_i^1 \cdot \tau + l_i^2, \quad (2)$$

де τ - час усереднення в хвилинах.

При заданому часу усереднення і швидкості вітру загальне відхилення напрямку вітру складає (у градусах):

$$\lambda(v, \tau) = \lambda(v) + \lambda(\tau). \quad (3)$$

Апроксимація даних проводилася в середовищі Mathcad 14 застосуванням вбудованого методу нелінійної апроксимації LMA (Levenberg-Marquardt algorithm), що дозволяє одержати коефіцієнти для представлення експериментальних даних в експоненційній формі.

Поле зараження місцевості по пороговій дозі при розрахунках за методами, наведеними в [5], виглядає приблизно як еліпс.

Відношення півширини малої осі до півширини великої осі еліпса в більшості випадків приблизно дорівнює 0.2, отже половина кута розкриття сектора складе 11 градусів.

Враховуючи додаткові зміни напрямку вітру, які пов'язані з часом усереднення та швидкістю вітру, припускається визначати повний кут розкриття сектору як:

$$A(v, \tau) = (11 + \lambda(v) + \lambda(\tau)) \cdot 2. \quad (4)$$

Дані по температурі, миттєвої швидкості, напрямку вітру приймаються безперервно від метеостанції.

Середня миттєва швидкість і температура визначаються простим обчисленням середньоарифметичного значення від всіх датчиків протягом усього часу усереднення.

Середній напрям вітру при наявності n значень напрямку вітру, отриманих протягом часу усереднення τ (хв) визначається за наступним алгоритмом:

- визначається середній напрямок вітру x (град) по мінімальному відхиленню середнього значення від усіх миттєвих показників λ_i (град), отриманих протягом часу усереднення. Значення напрямку вітру отримують цілочисельними величинами в градусах;

- змінюючи в циклі показник λ_i для фіксованого x , отримують, якщо $|x - \lambda_i| \leq 180$, то

$$p_i = |x - \lambda_i|, \text{ інакше } p_i = 360 - |x - \lambda_i|;$$

- розраховується сума всіх відхилень від величини X :

$$S_n = \sum_{i=0}^n p_i; \quad (5)$$

- змінюються в циклі всі значення X від 0 до 359 градусів з кроком в 1 градус і обчислюється значення S_n для кожного значення X ;

- визначається мінімальне значення S_n для всіх значень X і відповідне йому значення X .

Отримане значення є шуканою величиною напрямку вітру, яка відхиляється від масиву миттєвих значень на мінімальну величину.

Якщо напрямок вітру дорівнює 360 градусів, то цей напрям приймається рівним 0 градусів.

3. Висновки

- Отримані залежності є достовірною апроксимацією експериментальних даних і можуть застосовуватися для визначення можливих зон зараження.

- Середньозважене значення напрямку вітру відповідно до алгоритму, що запропонований, може з достатнім ступенем вірогідності використовуватися для прогнозу зон ураження за умови коректного вибору часу усереднення та отримання вхідного масиву миттєвих значень напрямків вітру від декількох датчиків, призначених для фіксування ландшафтних погодних умов.

- Використання розроблених моделей вирішує задачу отримання достовірного прогнозу розвитку небезпечних факторів аварії та є основою для створення ефективних програмних засобів прикладної інформаційної технології підтримки прийняття рішень при техногенних катастрофах.

Література

1. Руководящий документ. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. РД 52.04.253-90 от 21.05.90 г. – Л.: Гидрометеоздат. – 1991. – 23 с.
2. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М. Е. Берлянд // – Л.: Гидрометеоздат. – 1985. – 272 с.
3. Суттон О. Г. Микрометеорология: исследование физических процессов в нижних слоях атмосферы / О. Г. Суттон // Л.: Гидрометеоздат. – 1958. – 356 с.
4. Ньюста Ф. Т. М. Атмосферная турбулентность и моделирование распространения примесей / Под ред. Ф. Т. М. Ньюстада и Х. Ван Доста. – Л.: Гидрометеоздат. – 1985. – 351 с.
5. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах : сб. док. – М. : Гос. унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. – 208 с. - Сер. 27. - Вып. 2

References

1. Rukovodjashhij dokument. Metodika prognozirovanija masshtabov zarazhenija cil'nodejstvujushhimi jadovitymi veshhestvami pri avarijah (razrushenijah) na himicheski opasnyh objektah i transporte. RD 52.04.253-90 ot 21.05.90 g. – L.: Gidrometeoizdat. – 1991. – 23 s.
2. Berljand M. E. Prognoz i regulirovanie zagraznenija atmosfery / M. E. Berljand // – L.: Gidrometeoizdat. – 1985. – 272 s.
3. Sutton O. G. Mikrometeorologija: issledovanie fizicheskikh processov v nizhnih slojah atmosfery / O. G. Sutton // L.: Gidrometeoizdat. – 1958. – 356 s.

4. N'justa F. T. M. Atmosfernaja turbulentnost' i modelirovanie rasprostraneniya primesej / Pod red. F. T. M. N'justada i H. Van Dopa. – L.: Gidrometeoizdat. – 1985. – 351 s.
5. Metodiki ocenki posledstvij avarij na opasnyh proizvodstvennyh objektah : sb. dok. – M. : Gos. unitarnoje predprijatije «Nauchno-tehnicheskij centr po bezopasnosti v promyshlennosti Gosgortehnadzora Rossii», 2004. – 208 s. - Ser. 27. Vyp. 2.

Сафонова С. А. Определение количественных показателей опасности в информационной технологии поддержки принятия решений в чрезвычайной ситуации

В статье предложена методика получения параметров прогноза развития аварийной ситуации, связанной с выбросом опасных химических веществ в парогазовой фазе в атмосферу с учетом реальных текущих условий выброса. Приведен расчет сектора отклонений прогнозируемого заражения и определения зоны возможного поражения. Достоверность предложенных методов подтверждена результатами верификации. Предложенная методика применяется для создания эффективных программных средств прикладной информационной технологии поддержки принятия решений при техногенных катастрофах.

Ключевые слова: аварийная ситуация, информационная технология, математическое моделирование, сектор отклонений, зона поражения.

Safonova S.A. Quantification of danger in the information technology for support decision-making in an emergency situation

It is considered the technique to obtain prediction parameters of development of emergency involving ejection of dangerous chemical substances while in a vapour and gas phase into the atmosphere under the real current ejection conditions. An example to calculate deflection sector of predicted contamination and to evaluate the possible contaminated area is given.

The validity of the proposed methods is confirmed by the results of verification. The proposed methodology is applied to create effective software application of information technology to support decision-making man-made disasters.

Keywords: emergency, information technology, mathematical computer modeling, sector of deviations, affected area.

Сафонова Світлана Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля. safonovasa@ukr.net

Рецензент: Суворін О. В. - д.т.н., доцент.

Стаття подана 22.01.2015

УДК 331.1

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРАЦІВНИКА ВІДПОВІДНО ДО ЕТАПІВ ЙОГО ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Серікова О.М.

SPECIAL ASPECTS OF REALIZATION OF WORKER'S LABOUR POTENTIAL IN ACCORDANCE WITH THE STAGES OF HIS LABOUR ACTIVITY

Serikova O.N.

В статті досліджено особливості реалізації трудового потенціалу працівника відповідно до етапів його трудової діяльності. Запропоновано виділити такі етапи трудової діяльності працівника, як початок, становлення, розвиток, збереження, завершення. Встановлено, що зміна рівня реалізації трудового потенціалу працівника відбувається відповідно до цих етапів. Установлено причини відхилення рівня реалізації трудового потенціалу працівника від його потенційних можливостей та вимог працедавця на кожному етапі трудової діяльності. Запропоновано заходи щодо усунення цих причин.

Ключові слова: трудовий потенціал, працівник, етап трудової діяльності, реалізація, рівень.

Вступ. Ринкові перетворення економіки активізують низку проблем, пов'язаних із використанням ресурсів підприємства, особливо трудового потенціалу. Позитивні економічні зрушення в Україні неможливі без забезпечення раціонального використання трудового потенціалу, адже саме рівень якості трудової діяльності працівників визначає соціально-економічні здобутки окремого підприємства, регіону та держави в цілому. В цьому зацікавлені не лише роботодавці, а й держава, оскільки розвиток економіки потребує формування працівників, зорієнтованих на конкурентоспроможність товарів та послуг на національному та світовому ринках. В сучасних умовах господарювання перемагають підприємства, які раціонально використовують наявні ресурси. Найціннішою складовою ресурсного забезпечення підприємства є трудовий потенціал, від використання якого залежить динаміка економічного розвитку як окремого підприємства, так і країни в цілому. Реалізація свого потенціалу кожним працівником може відрізнятись залежно від часу, який він відпрацював на підприємстві. Тому

перед керівництвом постає необхідність вчасно оцінювати рівень реалізації трудового потенціалу своїх працівників та створювати відповідні умови для його реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питання сутності, поняття, складових, формування та використання трудового потенціалу підприємства розглядаються в працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців, таких як В. С. Васильченко, А. М. Гриненко, О. А. Грішнова, Л. П. Керб, С. Ю. Трубич, Н. Ю. Сорокіна, Н. М. Римашевська та інші [1-4], які зазначали, що раціональне використання трудового потенціалу є необхідною умовою функціонування підприємства. Проте, на практиці питанням удосконалення процесу реалізації трудового потенціалу працівниками залежно від часу, який вони відпрацювали на підприємстві, приділено недостатню увагу, що можна пояснити також недостатністю відповідних досліджень і рекомендацій. Це, безумовно, актуалізує необхідність виділення, обґрунтування і аналізу основних етапів реалізації трудового потенціалу, а також виявлення основних причин неповної його реалізації на певних етапах трудової діяльності працівника на підприємстві.

Тому **метою статті** є дослідження особливостей реалізації трудового потенціалу працівника відповідно до етапів його трудової діяльності.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Стійкість і результативність функціонування підприємства залежить від стану і рівня реалізації його трудового потенціалу. Трудовий потенціал підприємства відображає можливості людей як працівників підприємства до трудової, економічної, інноваційної, управлінської, організаційної,

соціальної та іншої видів діяльності. Стан і рівень використання трудового потенціалу на підприємстві залежить від трудового стажу, досвіду і професійних здатностей працівників, а також вміння керівників інвестувати у їхній професійний розвиток, управляти та мотивувати працівників на покращення результату.

До основних принципів використання трудового потенціалу слід віднести: соціальне партнерство між роботодавцем і найманим працівником (тобто знаходження оптимального співвідношення інтересів сторін-учасниць); науковий підхід до праці (який системно розглядається у працях відомих менеджерів); планованість (послідовність) процесу використання трудового потенціалу (тобто всі роботи мають бути заплановані, вчасно та синхронно виконуватись); системність даного процесу (що забезпечує поєднання всіх елементів в єдине ціле та органічне функціонування); мотивація використання трудового потенціалу на рівні потенційно можливого; орієнтація на результат; прозорість системи управління та винагороди за працю.

При дослідженні рівня реалізації трудового потенціалу працівника, варто дотримуватись таких етапів його трудової діяльності, пов'язаної з конкретним підприємством, як початок, становлення, розвиток, збереження, завершення (табл. 1).

Виділення даних рівнів сприяє отриманню адекватної і достовірної оцінки рівня реалізації

трудового потенціалу працівником та розробці відповідних заходів щодо його підвищення.

Графічно етапи реалізації трудового потенціалу відображено на рис..

На практиці можуть зустрічатися відхилення як у бік збільшення, так і у бік зниження рівня реалізації трудового потенціалу від потенційних можливостей працівника на даному етапі трудової діяльності і вимог працедавця до нього. При цьому відхилення можуть відбуватися на всіх п'яти етапах. Проаналізуємо причини на кожному етапі.

На етапі 1 відбувається найм працівника на роботу на певне підприємство. Виділення даного етапу є доцільним, оскільки в цей час здійснюється перша оцінка трудового потенціалу працівника з урахуванням його цінностей, культурного, інтелектуального та професійного рівнів, стану здоров'я, прояв яких працедавець очікує після працевлаштування. Даний рівень реалізації трудового потенціалу працівника оцінюється як мінімальний ($R_{\min}$ на рис.). Однак, при відборі та оцінюванні претендентів на вакантні посади рівень може заниженим або завищеним. Невідповідність трудового потенціалу очікуваному з боку працедавця може відбуватись за рахунок неефективної та невідповідної системи оцінювання претендентів на вакантні посади та аудиту найму працівників. Одночасно, можливою є ситуація, коли претенденту вдалося вразити комісію чи фахівця з підбору кадрів, що сприяло становленню завищених очікувань працедавця від нового працівника.

Таблиця 1

Зміна рівня реалізації трудового потенціалу працівника відповідно до етапів його трудової діяльності

Номер етапу	Назва етапу	Сутність
Етап 1	Початок	Відбувається найм працівника на конкретне підприємство. Працівник ще не мав можливість проявити свій потенціал. Рівень реалізації трудового потенціалу підприємства є нижчим за потенційні можливості працівника, тимчасово відповідає вимогам працедавця, але не відповідає вимогам до діяльності працівника на цьому місці
Етап 2	Становлення	Адаптація на новому робочому місці, ознайомлення працівника з принципами роботи, цінностями даного підприємства тощо. Рівень реалізації трудового потенціалу працівника не досягає його потенційних можливостей і не відповідає вимогам до діяльності працівника на цьому місці, але тимчасово відповідає вимогам працедавця
Етап 3	Розвиток	Працівник повністю освоївся на робочому місці. Він починає проявляти і використовувати свій потенціал. Відбувається підвищення рівня реалізації трудового потенціалу працівника після того, як він адаптувався. Є можливість, що працівник розкриє свій невиявлений потенціал та використає його у своїй діяльності, що перевищить вимоги працедавця
Етап 4	Збереження	Працівник досяг деякого положення на підприємстві, яке є досить стабільним (можливо найвищим для нього). Як правило, відбувається досягнення потенційних можливостей працівника і, отже, максимального рівня реалізації його трудового потенціалу, особливо якщо діяльність підприємства є стабільною і передбаченою, а функції працівника – постійними. Працівник підвищує (або просто підтримує) свою кваліфікацію за необхідністю. Рівень реалізації трудового потенціалу відповідає вимогам працедавця
Етап 5	Завершення	Працівник звільняється з місця роботи. Можлива зміна рівня реалізації трудового потенціалу працівника, що пов'язано з підготовкою до звільнення з різних причин. Часто відбувається зниження рівня реалізації трудового потенціалу працівника і не відповідає вимогам працедавця через зниження мотивації працівника до праці, оскільки зацікавленості у результатах своєї праці вже немає

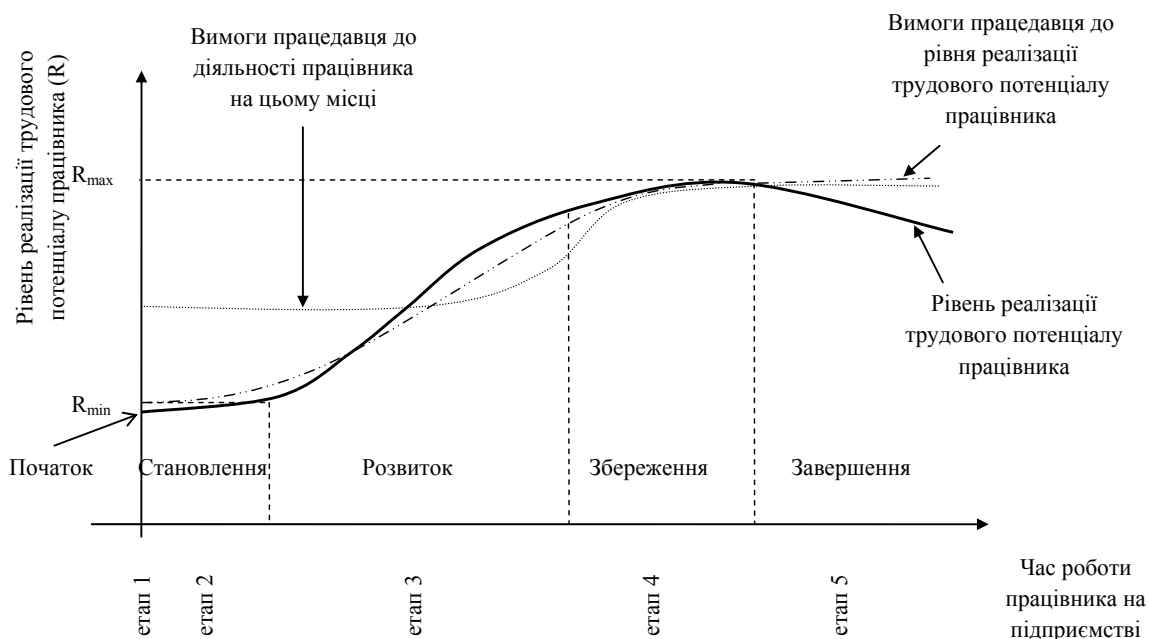


Рис. Рівень реалізації трудового потенціалу працівника відповідно до етапів його трудової діяльності

Реальним є також випадок, коли претендент, навпаки, під впливом особистих причин (хвилювання, незнайома обстановка тощо) не зміг справити певне враження про свій трудовий потенціал. В силу певних обставин його все ж таки взяли на роботу. Однак, у подальшій роботі, підбадьорений успіхом працевлаштування, він показує кращі результати трудової діяльності, ніж від нього очікували.

На етапі 2 відбувається адаптація працівника на підприємстві. Під адаптацією розуміється взаємне пристосування конкретного працівника та підприємства (в особі керівництва та колег), що будується на поступовому впрацюванні співробітника до нових професійних, соціальних та організаційно-економічних умов праці [5, с. 358]. У даний період може спостерігатися нижчий до очікуваного рівень реалізації трудового потенціалу працівника. Тому на даному етапі слід управляти адаптацією працівника для підвищення рівня реалізації його потенціалу.

Невідповідність підвищення рівня реалізації трудового потенціалу працівника відповідному рівню на третьому та четвертому етапах можна пояснити недосконалою системою мотивації працівників підприємства, що включає в себе оцінювання потреб працівника, відповідність результатів праці та винагороди за неї очікуванням працівника. Дане положення можна пояснити на основі процесуальних теорій мотивації, згідно з якими рівень реалізації трудового потенціалу залежить від очікувань на певні результати, винагороду. До процесуальних теорій відносяться: модель Портера-Лоулера, К. Левіна, В. Врума,

теорія справедливості С. Адамса, концепція партисипативного управління тощо [6].

Згідно з теорією В. Врума, працівник аналізує затрати праці, результати праці, винагороду, цінність винагороди. На основі того, наскільки є цінною ця винагорода для нього, він і буде реалізовувати свій потенціал [6]. У даному аспекті необхідно звернути увагу на те, що даний підхід оцінювання цінності винагороди є суб'єктивним.

Теорія справедливості також дає пояснення, чому рівень реалізації трудового потенціалу працівника не відповідає його потенційним можливостям. Дана теорія ґрунтується на тому, що працівник співвідносить свої затрати праці та винагороду за неї, і затрати праці інших працівників та, відповідно, їх винагороду. На основі цього він робить висновок про справедливість винагороди. Якщо, на його думку, це є несправедливим, його мотивація буде знижена [6]. І в першому і в другому випадках керівництву підприємства необхідно оцінювати дані аспекти серед своїх працівників, формувати систему мотивації прозорою і зрозумілою.

На етапі 5 може відбуватися спад рівня реалізації трудового потенціалу працівника, що пов'язано з підготовкою до звільнення з різних причин. На даному етапі відбувається зниження продуктивності праці, що може бути поясненим зниженням мотивації працівника до трудової діяльності.

На наш погляд, на даному етапі є можливою реалізація трудового потенціалу працівника відповідно його потенційних можливостей, що пояснюється сподіваннями на те, що керівництво,

все ж таки, гідно його оцінить та залишить на робочому місці чи, в подальшому при певних обставинах запропонує йому повернутися. Іншою причиною є висока відповідальність працівника та дисциплінованість.

Причини, через які здійснюється неправильна оцінка рівня реалізації трудового потенціалу працівника на різних етапах його трудової діяльності, представлені в табл. 2.

Таблиця 2
**Причини неправильної оцінки рівня реалізації
трудоного потенціалу працівника на різних етапах
його трудової діяльності**

Етапи	Причини
Етап 1	недосконала система перевірки даних щодо трудового стажу претендента; безсистемне оцінювання його професійних якостей; некомпетентність працівників, що підбирають персонал; недосконала методика оцінювання претендентів; недосконалий аудит найму персоналу
Етап 2	відсутній відповідальний за проведення адаптації нового співробітника; недосконала організований процес праці, що призводить до високої втомлюваності, захворювання, травматизму, стресу тощо; не створено відповідні умови праці; недосконала технологія процесу управління адаптацією; недостатнє інформаційне забезпечення адаптації
Етапи 3 і 4	невідповідна оцінка потенційних можливостей працівника; недостатнє інформаційне забезпечення щодо справедливості винагороди за працю; недосконала система мотивації; недосконала організований процес праці, що призводить до високої втомлюваності, захворювання, травматизму, стресу тощо; не створено відповідні умови праці
Етап 5	працівник не зацікавлений у результатах своєї праці; негативне ставлення до роботодавця, який хоче його звільнити; зниження мотивації до праці; недосконала організований процес праці, що призводить до високої втомлюваності, захворювання, травматизму, стресу тощо; не створено відповідні умови праці співробітник сподівається, що йому ще запропонують залишитись в організації чи запропонують повернутися після покращання економічної ситуації; досконало організований процес праці та відповідні умови праці

Підсумовуючи, можна сказати, що основними причинами неповної реалізації трудового потенціалу працівників підприємства є суб'єктивна, недосконала система оцінювання працівників, нерациональна організація робочого місця та трудового процесу, відсутність необхідних умов

праці, недосконала система мотивації персоналу, відсутній чи не достатньо відпрацьований аудит персоналу. Недосконале оцінювання трудового потенціалу на кожному етапі призводить до зниження рівня його реалізації як на цьому, так і на наступних етапах.

Виокремлення вказаних етапів роботи працівника на підприємстві та виокремлення основних причин зниження рівня реалізації трудового потенціалу надають можливість запропонувати:

на першому етапі ретельно підходити до підготовки та проведення оцінювання претендентів на вакантні посади з доббором різних методів оцінки, формування компетентної комісії;

на другому етапі впроваджувати чи удосконалювати механізм управління адаптацією працівників на підприємстві;

на третьому та четвертому етапах приділяти пильну увагу системі мотивації працівників, спираючись не тільки на дослідження основних мотивів трудової поведінки персоналу, а й об'єктивно оцінювати затрати і результати праці та, відповідно, справедливо винагороджувати її;

на п'ятому етапі проводити дослідження серед працівників, які залишають підприємство. При цьому слід звернути особливу увагу на наступні питання: відповідності очікувань та сподівань від роботи та реальних умов праці, що конкретно не влаштувало чи, навпаки, що позитивного він може виокремити, які рекомендації стосовно покращення умов праці в організації він би надав.

Висновки. Стійкість і результативність функціонування підприємства залежить від стану і рівня використання його трудового потенціалу. Стан і рівень реалізації трудового потенціалу на підприємстві залежить від трудового стажу, досвіду і професійних здатностей працівників, а також вміння керівників інвестувати у їхній професійний розвиток, управляти та мотивувати працівників на покращення результату. При дослідженні ступеня реалізації трудового потенціалу працівника, варто дотримуватись таких етапів його трудової діяльності, пов'язаної з конкретним підприємством, як початковий, становлення, розвиток, збереження, завершення. На кожному з цих етапів можна визначити рівень реалізації трудового потенціалу працівника (з урахуванням його потенційних можливостей), відповідність рівня реалізації трудового потенціалу працівника вимогам працедавця до діяльності працівника на цьому місці та вимогам працедавця до рівня реалізації трудового потенціалу конкретного найманого працівника.

Виділення даних рівнів сприяє отриманню адекватної і достовірної оцінки рівня реалізації трудового потенціалу працівника та розробці відповідних заходів щодо його підвищення. На практиці можуть зустрічатися відхилення як у бік збільшення, так і у бік зниження рівня реалізації

трудового потенціалу від потенційних можливостей працівника на даному етапі трудової діяльності і вимог працедавця до нього. Відповідно до причин цього пропонуються певні заходи щодо створення відповідних умов для працівника з метою покращення реалізації ним свого трудового потенціалу.

Л і т е р а т у р а

1. Управління трудовим потенціалом: навч. посіб./ [Васильченко В. С., Гриненко А. М., Грішнова О. А., Керб Л. П.]. – К.: КНЕУ, 2005. – 403 с.
2. Трубіч С.Ю. Трудовий потенціал і зайнятість населення України в умовах ринкової трансформації економіки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. екон. наук: спец. 08.01.01 “Економічна теорія”/ С.Ю. Трубіч. – Львів, 2000. – 40 с.
3. Сорокіна, Н. Ю. Формирование трудового потенциала в контексте стратегии устойчивого развития региональной социально-экономической системы / Н. Ю. Сорокіна // Человеческий капитал и профессиональное образование. – 2013. – № 1. – С. 22-27.
4. Римащевская Н.М. Проблемы качества трудового потенциала в России и его модернизация / Н.М. Римащевская // Трудовой потенциал как фактор устойчивого развития территории : материалы Рос. науч.-практ. семинара, г. Вологда, 16 – 17 дек. 2011 г. – Вологда: Институт социально-экономического развития территорий РАН, 2011. – С. 3-10.
5. Кибанов А.Я. Управление персоналом организации : Учебник / Под ред. А. Я. Кибанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 638 с.
6. Колот А.М. Мотивація персоналу : [навч. посіб.] / А.М. Колот.–К.: КНЕУ, 2002. –224 с.

R e f e r e n c e s

1. Upravlinnya trudovym potencialom: navch. posib./ [Vasytchenko V. S., Grynenko A. M., Grishnova O. A., Kerb L. P.]. – K.: KNEU, 2005. – 403 s.
2. Trubich S.Yu. Trudoviy potentsial i zaynyatist naselennya UkraYini v umovah rinkovoyi transformatsiyi ekonomiki: avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupeneyadokt. ekon. nauk: spets. 08.01.01 “Ekonomiczna teoriya”/ S.Yu. Trubich. – Lviv, 2000. – 40 s.
3. Sorokina, N. Yu. Formirovanie trudovogo potentsiala v kontekste strategii ustoychivogo razvitiya regionalnoy sotsialno-ekonomicheskoy sistemy / N. Yu. Sorokina // Chelovecheskiy kapital i professionalnoe obrazovanie. – 2013. – # 1. – S. 22-27.
4. Rimashevskaya N.M. Problemyi kachestva trudovogo potentsiala v Rossii i ego modernizatsiya / N.M. Rimashevskaya // Trudovoy potentsial kak faktor ustoychivogo razvitiya territorii : materialyi Ros.

nauch.-prakt. seminaru, g. Vologda, 16 – 17 dek. 2011 g. – Vologda: Institut sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya territoriy RAN, 2011. – S. 3-10.

5. Kibanov A.Ya. Upravlenie personalom organizatsii : Uchebnik / Pod red. A. Ya. Kibanova. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: INFRA-M, 2009. – 638 s.
6. Kolot A.M. Motivatsiya personalu : [navch. posib.] / A.M. Kolot.–K.: KNEU, 2002. –224 s.

Серикова О.Н. Особенности реализации трудового потенциала работника в соответствии с этапами его трудовой деятельности.

В статье исследованы особенности реализации трудового потенциала работника в соответствии с этапами его трудовой деятельности. Предложено выделить такие этапы трудовой деятельности работника, как начало, становление, развитие, сохранение, завершение. Установлено, что изменение уровня реализации трудового потенциала работника происходит в соответствии с этими этапами. Определены причины отклонения уровня реализации трудового потенциала работника от его потенциальных возможностей и требований работодателя на каждом этапе трудовой деятельности. Предложены мероприятия по устранению этих причин.

Ключевые слова: трудовой потенциал, работник, этап трудовой деятельности, реализация, уровень.

Serikova O.N. Special aspects of realization of worker's labour potential in accordance with the stages of his labour activity

Special aspects of realization of worker's labour potential in accordance with the stages of his labour activity have been examined in article. It has been suggested to select such stages of worker's labour activity as beginning, establishment, development, maintenance, termination. It has been defined that the change of the level of realization of worker's labour potential takes place in accordance with these stages. The reasons for variation of the level of realization of worker's labour potential from his potential possibilities and requirements of an employer on every stage of labour activity have been defined. The measures for removing these reasons have been suggested.

Key words: labour potential, worker, stage of labour activity, realization, level.

Серикова Ольга Миколаївна – к.е.н. Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Сєвєродонецьк.

Рецензент: Суворін О. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 22.01.2015

УДК 456.273

**РАСЧЕТ ПО ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ПРЕДЕЛЬНОЙ СТЕПЕНИ
РАЗДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ХЕМОСОРБЦИИ ОКСИДОВ АЗОТА
ВОДНОЙ СУСПЕНЗИЕЙ ОТРАБОТАННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Суворин А.В., Заика Р.Г., Казаков В.В., Суворин В.А.

**CALCULATIONS ON THERMODYNAMIC DATA LIMIT DEGREE OF SEPARATION
OF MATERIALS UNDER CONDITIONS OF NITROGEN OXIDES CHEMISORPTION
AQUEOUS SUSPENSIONS OF SPENT CATALYST**

Suvorin A.V., Zaika R.G., Kazakov V.V., Suvorin V.A.

Приведены результаты расчетов по термодинамическим данным предельной степени разделения основных компонентов отработанных никель-содержащих катализаторов при улавливании оксидов азота их водной суспензией и при взаимодействии с азотной кислотой. Показано влияние состава отработанных катализаторов на термодинамическую возможность получения индивидуальных растворов нитратов металлов в рассматриваемых условиях.

Ключевые слова: *отработанный катализатор, компоненты, реагенты-растворители, степень разделения, расчет, термодинамические данные.*

1. Введение. Совмещенный процесс хемосорбции оксидов азота из отходящих нитрозных газов и извлечения металлов из отработанных катализаторов позволяет содержать в промышленном обороте до 80÷90% нитратной составляющей катализаторного сырья и до ~70% металл-содержащих компонентов отработанных катализаторов [1]. Получаемые при этом водные растворы нитратов металлов могут быть использованы как традиционное сырьё в производстве катализаторов.

Известно, что к традиционному катализаторному сырью, например, нитрату никеля [2] или нитрату алюминия [3], предъявляются довольно жесткие требования по содержанию примесей. И, поэтому, такие растворы (или твердые соли) перед применением должны подвергаться тщательной очистке. Целью данной работы является определение предельной степени разделения основных металл-содержащих компонентов отработанных катализаторов в двухфазной системе «компоненты отработанного катализатора - азотная кислота» и трехфазной системе «оксиды азота - вода - компоненты отработанного катализатора», а

также оценка возможности получения индивидуальных растворов нитратов металлов. Извлечение примесей, которые внесены в катализаторы во время их эксплуатации в раствор в данной работе не рассматривается.

2. Основные материалы. Основными компонентами отработанных никель-содержащих катализаторов, как это следует из результатов анализа их составов, рассмотренных, например, в работе [4] и других являются *Ni*, *NiO* (катализаторы ГИАП-3-6Н, НКМ-1, ГИАП-16, К-905, ГИАП-8, К-87, REFORMEX-8, никель-хромовый), *Al₂O₃*, *NiAl₂O₄* (катализаторы ГИАП-3-6Н, НКМ-1, ГИАП-16, К-905, ГИАП-8, К-87), *CaCO₃*, *CaAl₂O₄*, *CaO* (катализатор ГИАП-16), *NiCr₂O₄*, *Cr₂O₃* (никель-хромовый катализатор).

Реакции (и соответствующие им значения изобарно-изотермического потенциала, выраженные в кДж/моль) непосредственного взаимодействия этих компонентов отработанных катализаторов, например, с *NO* и кислородом воздуха в водной среде в стандартных условиях, могут быть представлены в виде (таблица 1).

Взаимодействие образующейся азотной кислоты с компонентами отработанных катализаторов может быть представлено реакциями, аналогичными (1÷8) и представлены в таблице 2.

Предельную степень разделения веществ (α), которая может быть достигнута в указанной системе в стандартных условиях, рассчитана по формуле, предложенной в [5]:

$$\ln \alpha_{i,j} = \frac{\Delta G_i - \Delta G_j}{RT}.$$

Таблица 1

Значения изобарно-изотермического потенциала реакций взаимодействия в системе «оксиды азота – вода – компоненты отработанного катализатора»

Реакция	ΔG_{298}^0	
$0,5Ni+NO+O_2=0,5Ni(NO_3)_2$	-221,89	(1)
$0,5NiO+NO+0,75O_2=0,5Ni(NO_3)_2$	-116,09	(2)
$0,17Al_2O_3+NO+0,75O_2=0,34Al(NO_3)_3$	-98,66	(3)
$0,5CaCO_3+NO+0,75O_2=0,5Ca(NO_3)_2+0,5CO_2$	-123,46	(4)
$0,125CaO*Al_2O_3+NO+0,5O_2=0,125Ca(NO_3)_2+0,25Al(NO_3)_3$	-99,25	(5)
$0,125NiO*Al_2O_3+NO+0,5O_2=0,125Ni(NO_3)_2+0,25Al(NO_3)_3$	-89,67	(6)
$0,125NiO*Cr_2O_3+NO+0,5O_2=0,125Ni(NO_3)_2+0,25Cr(NO_3)_3$	-95,2	(7)
$0,17Cr_2O_3+NO+0,75O_2=0,34Cr(NO_3)_3$	-100,35	(8)
$NO+0,75O_2+0,5H_2O=HNO_3$	-49,01	(9)

Таблица 2

Значения изобарно-изотермического потенциала реакций взаимодействия в системе «азотная кислота – компоненты отработанного катализатора»

Реакция	ΔG_{298}^0	
$0,416Ni+HNO_3=0,416Ni(NO_3)_2+0,084N_2+0,5H_2O$	-118,83	(10)
$0,5NiO+HNO_3=0,5Ni(NO_3)_2+0,5H_2O$	-67,23	(11)
$0,17Al_2O_3+HNO_3=0,34Al(NO_3)_3+0,5H_2O$	-50,21	(12)
$0,5CaCO_3+HNO_3=0,5Ca(NO_3)_2+0,5CO_2+0,5H_2O$	-52,10	(13)
$0,125CaO*Al_2O_3+HNO_3=0,125Ca(NO_3)_2+0,25Al(NO_3)_3+0,5H_2O$	-50,31	(14)
$0,125NiO*Al_2O_3+HNO_3=0,125Ni(NO_3)_2+0,25Al(NO_3)_3+0,5H_2O$	-40,88	(15)
$0,125NiO*Cr_2O_3+HNO_3=0,125Ni(NO_3)_2+0,25Cr(NO_3)_3+0,5H_2O$	-46,69	(16)
$0,17Cr_2O_3+HNO_3=0,34Cr(NO_3)_3+0,5H_2O$	-51,57	(17)

В соответствии с этой методикой, чем больше (α) отличается от единицы, тем выше эффективность разделения, при $(\alpha) \approx 1$ – разделение отсутствует. Если $(\alpha) < 1$, то с термодинамической точки зрения образование вещества в растворе по реакции i больше, чем по реакции j из выбранной пары (вещество, реагирующее по реакции j , исходя из данных условий, остается преимущественно в твердой фазе) и, наоборот - при $(\alpha) > 1$.

Рассчитанные значения $(\alpha_{i,j})$, например, при извлечении металлов из алюминокислых катализаторов типа ГИАП-3-6Н, НКМ-1, К-905, ГИАП-8, REFORMEX-8 или К-87 в раствор по реакциям (1÷3, 6) могут быть представлены в виде ряда, увеличивающихся значений:

$$\begin{array}{ccccc} \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow & & \\ \alpha_{1,6} & \alpha_{1,3} & \alpha_{2,6} & \alpha_{2,3} & \alpha_{3,6} \\ 7,11 \cdot 10^{-24} & 2,63 \cdot 10^{-22} & 2,37 \cdot 10^{-5} & 8,81 \cdot 10^{-4} & 2,7 \cdot 10^{-2} \end{array}$$

из которого следует, что раствор нитрата никеля с наименьшим содержанием нитрата алюминия, может быть получен из отработанного катализатора, который содержит в своем составе металлический никель и алюминат никеля или оксид алюминия (реакции 1 и 6 или 1 и 3). Наличие в катализаторе NiO и увеличение его доли приводит к резкому $(\frac{\alpha_{2,6}}{\alpha_{1,6}} \approx \frac{\alpha_{2,3}}{\alpha_{1,3}} \approx 3 \cdot 10^{19})$ раз) снижению возможность

получения раствора $Ni(NO_3)_2$, свободного от $Al(NO_3)_3$. Однако, даже если катализатор состоит только из оксида и алюмината никеля, возможность получения достаточно чистого раствора нитрата никеля остается высокой ($\alpha_{2,6} = 2,37 \cdot 10^{-5}$). После растворения Ni и NiO катализатора, раствор необходимо отделить от оставшейся твердой фазы, поскольку в дальнейшем возможность получения раствора $Ni(NO_3)_2$, не содержащего $Al(NO_3)_3$ снизится еще в 31 раз (см. $\alpha_{3,6}$ и $\alpha_{2,3}$).

Для катализаторов типа ГИАП-16, содержащих значительное количество соединений Ca , дополнительно образуется ряд:

$$\begin{array}{cccc} \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow \\ \alpha_{1,5} & \alpha_{1,4} & \alpha_{4,5} & \alpha_{2,5} \\ 3,34 \cdot 10^{-22} & 5,79 \cdot 10^{-18} & 5,77 \cdot 10^{-5} & 1,12 \cdot 10^{-3} \\ \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow \\ \alpha_{5,6} & \alpha_{3,5} & \alpha_{2,4} & \alpha_{3,4} \\ 2,11 \cdot 10^{-2} & 1,27 & 1,95 & 2,4 \cdot 10^4 \end{array}$$

Из этих данных следует, что получение раствора $Ni(NO_3)_2$, свободного от $Ca(NO_3)_2$ термодинамически наиболее вероятно, если в катализаторе присутствует только металлический никель и алюминат или карбонат кальция (реакции 1 и 5 или 1 и 4). Наличие и увеличение в катализаторе доли NiO и $CaO*Al_2O_3$ приводит к снижению степени разделения никеля и кальция до $3,4 \cdot 10^{18}$ раз (см. пары реакций реакции 1 - 4 и 2 - 5).

Присутствие в катализаторе NiO и $CaCO_3$ приводит к тому, что в раствор, в первую очередь, будет извлекаться $Ca(NO_3)_2$, а NiO оставаться в твердой фазе ($\alpha_{2,4} > 1$).

Раствор $Ca(NO_3)_2$, практически не содержащий $Al(NO_3)_3$ можно получить, если в катализаторе содержатся $CaCO_3$ и Al_2O_3 (реакции 3 и 4), присутствие $CaO \cdot Al_2O_3$ делает разделение солей кальция и алюминия практически невозможным, поскольку $\alpha_{3,5} = 1,27$.

Для никель-хромового катализатора, содержащего в своем составе Ni , NiO , $NiCr_2O_4$ и Cr_2O_3 , характерен ряд:

$$\begin{array}{ccccccc} & \rightarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & \\ \alpha_{1,7} & & \alpha_{1,8} & & \alpha_{2,7} & & \alpha_{2,8} & & \alpha_{7,8} \\ 6,55 \cdot 10^{-23} & & 5,24 \cdot 10^{-22} & & 2,21 \cdot 10^{-4} & & 1,7 \cdot 10^{-3} & & 7,2 \end{array}$$

Наибольшей степени разделения, в данном случае, можно ожидать, если в отработанном катализаторе присутствует Ni и Cr_2O_3 или $NiCr_2O_4$. Как и в случае алюмоникелевых катализаторов, наличие и увеличение доли NiO в отработанном катализаторе, приводит к снижению степени разделения до $3,2 \cdot 10^{18}$ раз (пары реакций 2 – 8 и 1 – 8). В случае присутствия в отработанном катализаторе значительного количества хромата никеля, получение раствора $Cr(NO_3)_3$, свободного от $Ni(NO_3)_2$ термодинамически маловероятно, поскольку $\alpha_{7,8} = 7,2$.

Использование в качестве реагента-растворителя азотной кислоты, которая может накапливаться в рассматриваемой системе, в отношении катализаторов, содержащих только возможные соединения никеля и алюминия, дает ряд значений степеней разделения для реакций (10 ÷ 12 и 15):

$$\begin{array}{ccccccc} & \rightarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & \\ \alpha_{10,15} & & \alpha_{10,12} & & \alpha_{11,15} & & \alpha_{11,12} & & \alpha_{12,15} \\ 2,24 \cdot 10^{-14} & & 9,62 \cdot 10^{-13} & & 2,24 \cdot 10^{-5} & & 1,05 \cdot 10^{-3} & & 2,33 \cdot 10^{-2} \end{array}$$

Наличие в катализаторах соединений Ca дает дополнительный ряд (реакции 10 ÷ 15):

$$\begin{array}{ccccccc} & \rightarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & \\ \alpha_{10,12} & & \alpha_{10,14} & & \alpha_{11,13} & & \alpha_{11,14} \\ 2,08 \cdot 10^{-12} & & 1,01 \cdot 10^{-12} & & 2,27 \cdot 10^{-3} & & 1,11 \cdot 10^{-3} \\ \rightarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & & \\ \alpha_{14,15} & & \alpha_{13,15} & & \alpha_{13,14} & & \alpha_{12,14} \\ 2,23 \cdot 10^{-2} & & 1,1 \cdot 10^{-2} & & 0,48 & & 1,04 \end{array}$$

Для никель-хромового катализатора значения возможных, с термодинамической точки зрения, степеней разделения образуют ряд, уменьшающейся для реакций (10, 11, 16 и 17):

$$\begin{array}{ccccccc} & \rightarrow & & \rightarrow & & \rightarrow & \\ \alpha_{10,16} & & \alpha_{10,17} & & \alpha_{11,16} & & \alpha_{11,17} & & \alpha_{16,17} \\ 2,32 \cdot 10^{-13} & & 1,67 \cdot 10^{-12} & & 2,53 \cdot 10^{-4} & & 1,82 \cdot 10^{-3} & & 0,14 \end{array}$$

Анализ последних трех рядов показывает, что при использовании азотной кислоты в качестве реагента-растворителя, как и при использовании оксидов азота и воды, раствор нитрата никеля с наименьшим содержанием примесей алюминия, кальция или хрома, можно получить только если в отработанном катализаторе присутствует металлический никель, а остальные компоненты катализаторов – находятся в форме оксидов, алюминатов или хроматов. Причем, сравнение степеней разделения, например, для пар реакций (2, 3) и (11, 12), (2, 6) и (11, 15), (3, 6) и (12, 15), (2, 5) и (11, 14) и других, показывает, что близкие степени разделения при растворении катализаторов, как в системе $NO - H_2O$, так и в азотной кислоте, могут быть получены, если в отработанном катализаторе присутствуют только оксиды металлов, алюминаты и хроматы. При разделении смеси NiO и $CaCO_3$ с помощью азотной кислоты в растворе, в первую очередь, будет образовываться $Ca(NO_3)_2$, а $Ni(NO_3)_2$ – во вторую. При разделении этой же смеси в системе $NO - H_2O$ – наоборот. В присутствии значительных количеств металлического никеля, термодинамическая вероятность получения раствора нитрата никеля, свободного от примесей алюминия или хрома в системе $NO - H_2O$ в $(3,2 \div 7,9) \cdot 10^9$ раз больше, чем при использовании как растворителя азотной кислоты (например, пары реакций (1, 3) и (10, 12), (1, 8) и (11, 17)).

Таким образом, термодинамическими расчетами показано, что при извлечении металлов из отработанных катализаторов в системе $NO_x - H_2O$ -воздух-катализатор, раствор нитрата никеля с наименьшим содержанием примесей кальция, алюминия или хрома, может быть получен за счет непосредственного взаимодействия оксидов азота с металлическим никелем или его оксидом и оксидом алюминия или хрома (алюминатом никеля или кальция и хроматом никеля). Накопление в системе азотной кислоты приводит к существенному снижению степени разделения металлов. После растворения Ni или NiO отработанного катализатора и наличия в остатке от твердой фазы оксидов алюминия и хрома или алюминатов никеля или хрома, термодинамическая вероятность получения раствора нитрата алюминия или нитрата хрома, свободного от примесей никеля ничтожно мала.

Л и т е р а т у р а

1. Суворин А.В., Лобойко В.А., Савенков А.С., Суворин В.А.. Катализаторы металлосержащие отработанные. Классификация способов утилизации // Хімічна промисловість України №1 (108), 2012, 52 – 55.
2. ГОСТ 4055-78. Никель (II) азотнокислый 6-водный. Издание официальное. Москва: ИПК Издательство стандартов. 1998 – 9 с.
3. ГОСТ 3757-75. Алюминий азотнокислый 9-водный. Издание официальное. Москва: ИПК Издательство стандартов. 1990 – 8 с.
4. Суворин А.В., Казаков В.В., Роменский А.В., Суворина М.В.. Отработанные алюмоникелевые

катализаторы нанесенного типа. Влияние условий пассивации на их физико-химические и технические характеристики. // Хімічна промисловість України, № 5(94), 2009, С. 13-16.

5. Суворин А.В., Курса Н.Е. Методические указания к расчету предельной степени разделения веществ по термодинамическим и кинетическим данным.// Северодонецк, СТИ, 2003, 18с.

References

1. Suvorin A.V., Lobjko V.A., Savenkov A.S., Suvorin V.A.. Katalizatory metalloserzhashhie ot-rabotannye. Klassifikacija sposobov utilizacii // Himichna promislovist' Ukraïni №1 (108), 2012, 52 – 55.
2. GOST 4055-78. Nikel' (II) azotnokislyj 6-vodnyj. Izdanie oficial'noe. Moskva: IPK Izda-tel'stvo standartov. 1998 – 9 s.
3. GOST 3757-75. Aljuminij azotnokislyj 9-vodnyj. Izdanie oficial'noe. Moskva: IPK Izda-tel'stvo standartov. 1990 – 8 s.
4. Suvorin A.V., Kazakov V.V., Romens'kij A.V., Suvorina M.V.. Otrabotannye aljumonikele-vye katalizatory nanesennogo tipa. Vlijanie uslo-vij passivacii na ih fiziko-himicheskie i tehni-cheskie harakteristiki. // Himichna promislovist' Ukraïni, № 5(94), 2009, S. 13-16.
5. Suvorin A.V., Kursa N.E. Metodicheskie uka-zanija k raschetu predel'noj stepeni razdelenija veshhestv po termodinamicheskim i kineticheskim dannym.// Severodoneck, STI, 2003, 18s.

Суворін О.В., Заїка Р.Г., Казаков В.В., Суворін В.О. Розрахунок за термодинамічними даними граничного ступеня розділення речовин в умовах хемосорбції оксидів нітрогену водною суспензією відпрацьованих катализаторів

Наведено результати розрахунків за термодинамічними даними граничного ступеня поділу основних компонентів відпрацьованих нікель-вмісних катализаторів при уловлюванні оксидів азоту їх водною суспензією і при взаємодії нітратною кислотою. Показано вплив складу відпрацьованих катализаторів на

термодинамічну можливість отримання індивідуальних розчинів нітратів металів в розглянутих умовах.

Ключові слова: *відпрацьоване каталізатор, компоненти, реагенти-розчинники, ступінь поділу, розрахунок, термодинамічні дані.*

Suvorin A.V., Zaika R.G., Kazakov V.V., Suvorin V.A. Calculations on thermodynamic data limit degree of separation of materials under conditions of nitrogen oxides chemisorption aqueous suspensions of spent catalyst

Results calculated according to the limiting thermodynamic degree of separation of basic components of spent nickel-containing catalysts in capturing nitrogen oxides, and their aqueous suspension by reacting with nitric acid. The influence of the composition spent catalysts thermodynamic possibility of obtaining individual-solutions of metal nitrates in these conditions.

Key words: *spent catalyst, components, reagents, solvents, the degree of separation, the calculation of the thermodynamic data.*

Суворін Олександр Вікторович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля E-mail: avsuvorin@rambler.ru.

Заїка Раїса Григорівна – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри загальної та фізичної хімії, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Казаков Валентин Васильович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля; Суворін Віктор Олександрович – аспірант кафедри технології неорганічних речовин та екології, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля.

Рецензент: Глікін М.А. – д.т.н., професор.

Стаття подана 24.01.2015

УДК 544.526.5

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КОМБИНИРОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ TiO_2 В РЕАКЦИЯХ ДЕСТРУКЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ**Тарасов В.Ю., Халявка Т.А., Заика Р.Г., Зубцов Е.И.****PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF COMBINED SAMPLES BASED ON TiO_2 IN DYES DESTRUCTION****Tarasov V.Yu., Khalyavka T.A., Zaika R.G., Zubcov E.I.**

Получены мезопористые комбинированные образцы порошков на основе TiO_2 , SrTiO_3 и фуллеренов. Комбинированные образцы по сравнению с исходными TiO_2 и SrTiO_3 оказались более фотокаталитически активными в реакциях деструкции органических красителей. Установлено, что константы скорости деструкции красителей возрастают с увеличением их сорбции.

Ключевые слова: диоксид титана, титанат стронция, фуллерены, фотокатализ, красители.

1. Введение. По данным ООН, сегодня каждый десятый житель планеты не имеет доступа к чистой воде. К 2050 году треть всех доступных источников пресной воды будет загрязнена неочищенными стоками. Потребление воды промышленности вырастет к 2025 году на 55%. Уже сейчас сельское хозяйство планеты потребляет на 15-35% больше воды, чем позволяют ее запасы. При этом 95% питьевой воды в Украине непригодно для употребления. [1].

Перспективным методом для глубокой очистки сточных и природных вод в химической, нефтехимической промышленности, на транспорте, цветной и черной металлургии и других отраслях промышленности является фотокатализ [2-4]. Во многих случаях без этого метода невозможно выдержать санитарные требования по сохранению чистоты в водоеме или технические условия на качество воды при повторном использовании в замкнутых циклах водного хозяйства, так как этот метод позволяет полностью минерализовать токсины.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Наиболее известным и широко применяемым фотокатализатором является TiO_2 [2-4]. Он привлекает своей дешевизной, нетоксичностью и, кроме того, после окончания

реакции его можно легко отделить от раствора фильтрованием или центрифугированием.

Однако в чистом полупроводнике наблюдается высокая степень рекомбинации фотогенерированных электронов и дырок [5, 6], которая существенно снижает его фотокаталитическую активность. Увеличению времени жизни пары электрон - дырка может способствовать интенсивное облучение или сильное поглощение фотонов, количество центров рекомбинации на фотокатализаторе, которыми могут быть различные примеси, дефекты кристаллической структуры [7].

Экспериментально показано, что в монокристаллах фуллерена C_{60} существуют дефекты. Так, в работе [8] методами термоактивационной спектроскопии выявлено, что спектр ловушек свободных носителей заряда в монокристаллах C_{60} имеет тонкую структуру и содержит, по меньшей мере, два максимума при $0,28 \pm 0,03$ и $0,20 \pm 0,03$ эВ ниже дна зоны проводимости. Дефекты SW, как и дефекты любой другой природы, представляют собой метастабильные атомные структуры [9]. Таким образом, эти материалы могут быть использованы для получения фотокатализаторов.

Кроме того, системы полупроводник-полупроводник, являющиеся активными фотокатализаторами [10-14].

Таким образом, поиск новых систем весьма актуален, а создание на их основе более эффективных фотокатализаторов для очистки окружающей среды от токсичных веществ является важной прикладной задачей [10-14].

3. Цель исследования. Получение и исследование характеристик, а также фотокаталитической и сорбционной активности диоксида титана, титаната стронция, комбинированных образцов $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ и

$\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ /фуллерен по отношению к катионным красителям.

4. Результаты исследований. Дисперсный порошок титаната стронция был получен спеканием оксидов стронция и титана при 1200 °С. Исходный анатаз был получен путем термического гидролиза тетрахлорида титана в растворе HCl в присутствии зародышей – частиц TiO_2 соответствующей кристаллической модификации [15]. После фильтрации образцы промывали водой с последующим прокаливанием при 300° С. Анатаз представлял собой поликристаллический порошок высокой степени химической чистоты, с содержанием примесей катионов не более 10^{-5} м.д., %. Содержание примесей было определено химико-спектральным методом.

Фуллерен вполне можно рассматривать в качестве одной из разновидностей сажевых частиц [9]. Образцы синтезировали термическим разложением природного газа в расплаве хлорида натрия при температуре 1300°С [16]. Такой сажевый материал состоит из отдельных замкнутых частиц, где первичными являются шаровые глобулы диаметром в десятки и сотни Å, которые способны химически связываться друг с другом.

Образцы модифицировали по методике, описанной в работе [17]. Полученные образцы обозначили $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$, $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ /Фуллерен.

Изотермы сорбции-десорбции азота, были получены при 20 °С для синтезированных образцов с помощью прибора Quantachrom NovaWin2.

Как модельные соединения для исследования фотокаталитической и сорбционной активности полученных образцов были использованы фотохимически устойчивые органические красители: сафранин Т (СФ), феносафранин (ФС), родамин Б (РД) и индиго (ИН).

Выбор этих соединений был определен тем, что на сегодняшний день остро стоят проблемы очистки сточных текстильных вод от красителей.

Облучение водных растворов красителей проводили с помощью УФ лампы БУВ-30 мощностью 30 Вт в кварцевом реакторе при комнатной температуре в присутствии кислорода воздуха при перемешивании магнитной мешалкой со скоростью 100 об/мин.

В качестве меры фотокаталитической активности образцов мы использовали константу скорости (k_d) реакции деструкции красителей. Перед облучением суспензии фотокатализатора в водном растворе субстратов выдерживали в темноте до установления сорбционного равновесия. Концентрацию исследованных субстратов во время эксперимента определяли спектрофотометрически с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-2450 при $\lambda = 520$ нм для СФ, $\lambda = 519$ нм для ФС, $\lambda = 554$ нм для РД и $\lambda = 609$ нм для ИН. Константы скорости деструкции красителей определяли по кинетическому уравнению первого порядка.

5. Анализ и обсуждение результатов

Изотермы сорбции-десорбции азота, полученные при 20 °С для синтезированных образцов диоксида титана, титаната стронция, а также их смесей, отличаются отсутствием области микропор на адсорбционной ветви изотермы, что свидетельствует о мезопористой структуре порошков [16].

Сорбционное равновесие в системе фотокатализатор – СФ устанавливалось примерно за 1 час, а для систем фотокатализатор - РД (ФС, ИН) за два часа.

Во всех исследованных случаях фотокаталитическая реакция удовлетворительно описывается кинетическим уравнением первого порядка.

Для определения оптимального количества фотокатализатора в исследованных реакциях его концентрацию увеличивали при неизменной концентрации субстрата. Было установлено, что с увеличением концентрации фотокатализатора до 2 г/л наблюдается рост констант скорости деструкции красителей. Дальнейшее повышение количества фотокатализатора не приводило к увеличению k_d , поэтому реакции проводили при концентрации фотокатализатора 2 г/л.

При облучении водных растворов красителей в присутствии исследованных фотокатализаторов наблюдается уменьшение концентрации красителя в растворе. Скорость процесса зависит от состава фотокатализатора. Появления новых полос поглощения в спектрах всех исследованных красителей в процессе разложения не было зафиксировано, что указывает на отсутствие фотоактивных продуктов разложения и показано на примере деструкции РД (рис. 1).

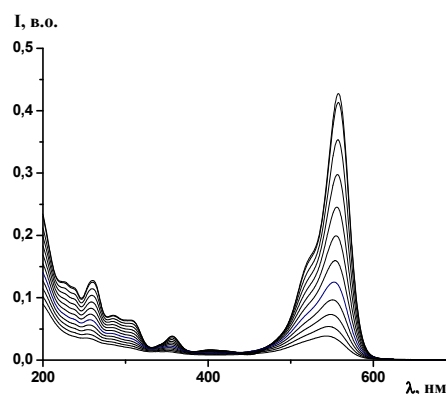


Рис. 1. Изменение спектров поглощения водного раствора РД в присутствии порошка $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ /фуллерен

Наши комбинированные образцы оказались более фотокаталитически активными во всех исследованных реакциях деструкции красителей (табл.).

Среди них наибольшую активность во всех случаях проявил образец $\text{SrTiO}_3/\text{TiO}_2$ /фуллерен содержащий 10% SrTiO_3 , 85% TiO_2 и 5%

фуллеренов, что показано на примере деструкции сафранина (рис. 2).

Полученный синергетический эффект можно объяснить разделением зарядов между фазами при УФ облучении [6, 7, 17].

Константы скорости фотореакций деструкции красителей увеличиваются с повышением количества адсорбированного вещества (табл.). Такая корреляция свидетельствует о том, что в первую очередь фотокаталитической деструкции подвергаются адсорбированные на поверхности катализатора молекулы субстрата.

Таблица
Константы скорости ($k_d \cdot 10^{-4}, \text{с}^{-1}$) деструкции
и величина сорбции ($a, \%$) красителей
в присутствии фотокатализаторов

Образец	СФ		ФС		РД		ИН	
	k_d	a	k_d	a	k_d	a	k_d	a
-	0,27	-	0,14	-	0,17	-	Не разруш.	-
TiO ₂	1,2	31,8	0,82	1,4	2,1	1,4	0,06	1,1
SrTiO ₃	0,63	13,4	0,49	3,3	2,74	3,27	0,14	5,0
SrTiO ₃ /TiO ₂	1,04	29,6	0,99	2,1	3,6	2,1	0,13	4,8
SrTiO ₃ /TiO ₂ /фуллерен	1,34	30,2	1,12	1,1	4,34	1,07	0,15	5,2

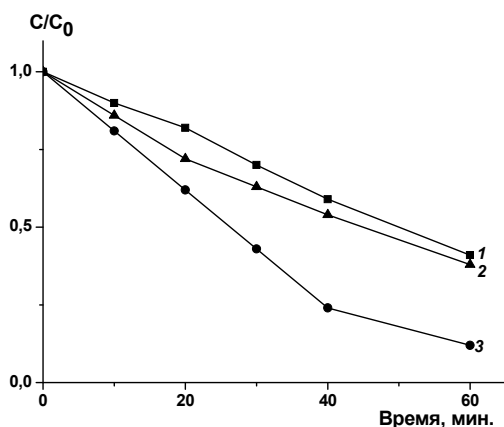


Рис. 2. Кинетические кривые деструкции СФ:
1 – SrTiO₃/TiO₂, 2 – TiO₂, 3 – SrTiO₃/TiO₂/фуллерен

Таким образом, комбинированные материалы: диоксид титана - титанат стронция - фуллерен являются перспективными фотокатализаторами, которые можно использовать для очистки промышленных стоков от различных органических загрязнителей, в частности устойчивых в окружающей среде красителей.

6. Выводы

При исследовании фотокаталитической активности в реакциях фоторазложения устойчивых органических красителей обнаружен синергетический эффект для комбинированных образцов, который можно объяснить появлением гетеропереходов между фазами, вызывающих разделение зарядов при УФ облучении и увеличивающих время их жизни.

Литература

1. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development : A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme / [Corcoran, E., C. Nellesmann, E. Baker, R. Bos, D. Osborn, H. Savelli (eds).]. — UN-HABITAT, GRID-Arendal, 2010. — 85 p. — ISBN: 978-82-7701-075-5
2. Sansotera M. Decomposition of perfluorooctanoic acid photocatalyzed by titanium dioxide: Chemical modification of the catalyst surface induced by fluoride ions / M. Sansotera, F. Persico, C. Pirola, W. Navarini, A. D. Michele, C. L. Bianchi // Applied Catal. B: Environ. — 2014. — V. 148–149, № 27. — P. 29–35.
3. Sampaio M. J. Tailoring the properties of immobilized titanium dioxide/carbon nanotube composites for photocatalytic water treatment / M. J. Sampaio, R. R. N. Marques, P. B. Tavares, J. L. Faria, A. M. T. Silva, C. G. Silva // J. Environ. Chem. Engin. — 2013. — V. 1, № 4. — P. 945–953.
4. Szabó-Bárdos E. Photocatalytic degradation of benzenesulfonate on colloidal titanium dioxide / E. Szabó-Bárdos, O. Markovics, O. Horváth, N. Törő, G. Kiss // Water Research. — 2011. — V. 45, № 4. — P. 1617–1628.
5. Bard A. J. Photoelectrochemistry and heterogeneous photocatalysis at semiconductors / A. J. Bard // J. Photochem. — 1979. — V. 10. — P. 59–75.
6. Kamat P. V. Photochemistry on nonreactive and reactive (semiconductor) surfaces / P. V. Kamat // Chem. Rev. — 1993. — V. 93. — P. 267–300.
7. Hoffmann M. Environmental applications of semiconductor photocatalysis / M. Hoffmann, S. Martin, W. Choi, D. Bahnemann // Chem. Rev. — 1995. — V. 95. — P. 69–96.
8. Лопатин Д.В. Дефектная структура молекулярных комплексов фуллерена C₆₀ / д.в. лопатин // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. — 2012. — №5. — URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/defektnaya-struktura-molekulyarnyh-kompleksov-fullerena-c-60> (дата обращения: 03.07.2015).
9. Березкин В.И. Фуллерены как зародыши сажевых частиц / Березкин В.И. // Физика твердого тела. — 2000. — том 42, вып. 3. — с. 567–572 — URL : <http://journals.ioffe.ru/ft/2000/03/p567-572.pdf>
10. Gomathi D. L. TiO₂ - and BaTiO₃ - assisted photocatalytic degradation of selected chloroorganic compounds in aqueous medium: correlation of reactivity / orientation effects of substituent groups of the pollutant molecule on the degradation rate / D. L. Gomathi, G. Krishnamurthy // J. Phys. Chem. A. — 2011. — 115, №4. — P. 460–469.
11. Wang W. P. Photocatalytic degradation of methyl red by BaTiO₃ nanoparticles via a direct hole oxidation mechanism / W. P. Wang, H. Yang, T. Xian, et. al. // Engineering and Medicine. — 2012. — V. 4, № 6. — P. 479–483.
12. Халывка Т.А. Исследование фотокаталитической активности образцов BaTi₄O₉ и Ba₂Ti₉O₂₀, полученных термическим методом / Т. А. Халывка, Н. Н. Цыба, Е. И. Капинус // Украинский химический журнал. — 2013. — т. 79, № 10. — С. 3–7.
13. Chang C. A. Photocatalytic reaction of acetaldehyde over SrTiO₃ nanoparticles / C. A. Chang, B. Ray, D. K. Paul, D. Demydov, K. J. Klabunde // J. Molec. Catal. A: Chem. — 2008. — V. 281, № 1–2. — P. 99–106.
14. He H. Y. Comparison study of photocatalytic properties of SrTiO₃ and TiO₂ powders in decomposition of methyl

- orange / H. Y. He // *Inter. J. Environ. Res.* – 2009. – V. 3, № 1. – P. 57-60.
15. Шимановская В.В. Получение диоксида титана / В. В. Шимановская, В. В. Стрелко, Н. М. Торчун // *Укр. хим. журн.* - 1990. - т. 56, № 12. - С.1255-1257.
 16. Тарасов В. Ю. Пиролиз в жидком высокотемпературном теплоносителе [Elektronische Ressource] : Технология переработки углеводородов и угля. Пиролиз метана в расплаве NaCl / Вадим Юрьевич Тарасов ; Марат Аронович Гликин. - Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. - 97 с. - ISBN 3-659-29772-0
 17. Vajidar K.J. Photocatalytic oxidation of PCE and butyraldehyde over titania modified with perovskite optical crystal BaTiO₃ / K. J. Vajidar, D. H. Chen, J. L. Gossage, K. Li, X. Ye, G. Gadiyar, B. Ardoin // *Chem. Eng. Technol.* – 2007. – V. 30, № 4. – P. 1–8.
- References**
1. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development : A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme / [Corcoran, E., C. Nellesmann, E. Baker, R. Bos, D. Osborn, H. Savelli (eds).]. — UN-HABITAT, GRID-Arendal, 2010. – 85 p. – ISBN: 978-82-7701-075-5
 2. Sansotera M. Decomposition of perfluorooctanoic acid photocatalyzed by titanium dioxide: Chemical modification of the catalyst surface induced by fluoride ions / M. Sansotera, F. Persico, C. Pirola, W. Navarrini, A. D. Michele, C. L. Bianchi // *Applied Catal. B: Environ.* – 2014. – V. 148–149, № 27. – P. 29-35.
 3. Sampaio M. J. Tailoring the properties of immobilized titanium dioxide/carbon nanotube composites for photocatalytic water treatment / M. J. Sampaio, R. R. N. Marques, P. B. Tavares, J. L. Faria, A. M. T. Silva, C. G. Silva // *J. Environ. Chem. Engin.* – 2013. – V. 1, № 4. – P. 945-953.
 4. Szabó-Bárdos E. Photocatalytic degradation of benzenesulfonate on colloidal titanium dioxide / E. Szabó-Bárdos, O. Markovics, O. Horváth, N. Törő, G. Kiss // *Water Research.* – 2011. – V. 45, № 4. – P. 1617-1628.
 5. Bard A. J. Photoelectrochemistry and heterogeneous photocatalysis at semiconductors / A. J. Bard // *J. Photochem.* – 1979. – V. 10. – P. 59–75.
 6. Kamat P. V. Photochemistry on nonreactive and reactive (semiconductor) surfaces / P. V. Kamat // *Chem. Rev.* – 1993. – V. 93. – P. 267–300.
 7. Hoffmann M. Environmental applications of semiconductor photocatalysis / M. Hoffmann, S. Martin, W. Choi, D. Bahnemann // *Chem. Rev.* – 1995. – V. 95. – P. 69-96.
 8. Lopatin D.V. Defektnaja struktura molekuljarnyh kompleksov fullerena C60 / d.v. lopatin // *Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Estestvennye i tehničeskie nauki*. - 2012. - №5. - URL : <http://cyberleninka.ru/article/n/defektnaya-struktura-molekuljarnyh-kompleksov-fullerena-c-60> (data obrashhenija: 03.07.2015).
 9. Berezkin V.I. Fullereny kak zarodyshi sazhevyh chastic / Berezkin V.I. // *Fizika tverdogo tela.* – 2000. – tom 42, vyp. 3. – s. 567-572 – URL : <http://journals.ioffe.ru/ftt/2000/03/p567-572.pdf>
 10. Gomathi D. L. TiO₂ - and BaTiO₃ - assisted photocatalytic degradation of selected chloroorganic compounds in aqueous medium: correlation of reactivity / orientation effects of substituent groups of the pollutant molecule on the degradation rate / D. L. Gomathi, G. Krishnamurthy // *J. Phys. Chem. A.* - 2011. – 115, №4. – P. 460–469.
 11. Wang W. P. Photocatalytic degradation of methyl red by BaTiO₃ nanoparticles via a direct hole oxidation mechanism / W. P. Wang, H. Yang, T. Xian, et. al. // *Engineering and Medicine.* – 2012. – V. 4, № 6. - P. 479-483.
 12. Haljavka T.A. Issledovanie fotokataliticheskoj aktivnosti obrazcov BaTi₄O₉ i Ba₂Ti₉O₂₀, poluchennyh termicheskim metodom / T. A. Haljavka, N. N. Cyba, E. I. Kapinus // *Ukrainskij himicheskij zhurnal.* – 2013. – t. 79, № 10. – S. 3-7.
 13. Chang C. A. Photocatalytic reaction of acetaldehyde over SrTiO₃ nanoparticles / C. A. Chang, B. Ray, D. K. Paul, D. Demydov, K. J. Klabunde // *J. Molec. Catal. A: Chem.* – 2008. – V. 281, № 1–2. – P. 99–106.
 14. He H. Y. Comparison study of photocatalytic properties of SrTiO₃ and TiO₂ powders in decomposition of methyl orange / H. Y. He // *Inter. J. Environ. Res.* – 2009. – V. 3, № 1. – P. 57-60.
 15. Shimanovskaja V.V. Poluchenie dioksida titana / V. V. Shimanovskaja, V. V. Strelko, N. M. Torchun // *Ukr. him. zhurn.* - 1990. - t. 56, № 12. - С.1255-1257.
 16. Tarasov V. Ju. Piroliz v zhidkom vysokotemperaturnom teplonositele [Elektronische Ressource] : Tehnologija pererabotki uglevodorodov i uglja. Piroliz metana v rasplave NaCl / Vadim Jur'evich Tarasov ; Marat Aronovich Glikin. - Saarbrücken : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. - 97 s. - ISBN 3-659-29772-0
 17. Vajidar K.J. Photocatalytic oxidation of PCE and butyraldehyde over titania modified with perovskite optical crystal BaTiO₃ / K. J. Vajidar, D. H. Chen, J. L. Gossage, K. Li, X. Ye, G. Gadiyar, B. Ardoin // *Chem. Eng. Technol.* – 2007. – V. 30, № 4. – P. 1–8.
- Тарасов В. Ю., Халявка Т. А., Заика Р. Г., Зубцов Е. И. Фотокаталітична активність комбінованих зразків SrTiO₃/TiO₂ в реакціях деструкції барвників**
- Отримано мезопоруваті комбіновані зразки порошків на основі TiO₂, SrTiO₃ та фулеренів. Комбіновані зразки у порівнянні з вихідними TiO₂ та SrTiO₃ виявилися більш фотокаталітично-активними в реакціях деструкції органічних барвників. Встановлено, що константи швидкості деструкції барвників зростають зі збільшенням їх сорбції.*
- Ключові слова:** діоксид титану, титанат стронцію, фотокаталіз, барвники.
- Tarasov V. Yu., Khalyavka T. A., Zaika R. G., Zubcov E. I. Photocatalytic activity of SrTiO₃/TiO₂ combined samples in dyes destruction**
- Mesoporous combined samples based on TiO₂, SrTiO₃ and fullerenes were obtained. Combined samples showed higher photocatalytic activity in the reactions of organic dyes degradation compared with TiO₂ and SrTiO₃. It was established that the rate of dye degradation increases with rise of their adsorption.*
- Key words:** titanium dioxide, strontium titanate, fullerenes, photocatalysis, dyes.

Тарасов Вадим Юрійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри загальної та фізичної хімії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. vatarasov@rambler.ru

Халявка Тетяна Олександрівна – к.х.н., доцент, науковий співробітник Інституту сорбції і проблем ендоекології НАН України, м. Київ. takhalyavka@ukr.net

Заїка Раїса Григорівна – к.т.н., доцент, декан факультету хімічної інженерії, завідувач кафедри загальної та фізичної хімії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. ofx_kaf@sti.lg.ua

Зубцов Євген Іванович – к.т.н., доцент кафедри технології неорганічних речовин і екології Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. mining_07@mail.ru

Рецензент: Галстян Г.А. – д.х.н., професор.

Стаття подана 12.01.2015

УДК 620.197

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОЗОНА И КИСЛОРОДА НА МЕТАЛЛАХ В ПРОЦЕССЕ КОРРОЗИИ

Татарченко Г.О.

THE REDUCTION OF OZONE AND OXYGEN ON THE METAL IN THE CORROSION PROCESS

Tatarchenko G.O.

На основе экспериментального и теоретического изучения электрохимических процессов в присутствии озона развиты представления об озono-кислородной деполаризации и механизмах восстановления озона, которые позволяют научно прогнозировать коррозионную стойкость конструкционных металлов. Выявлено, что действие озона основано не только на деполаризации катодного процесса, но и на специфическом влиянии его при анодном растворении металлов за счет восстановления через активные формы кислорода с участием водорода.

Ключевые слова: озон, озono-кислородная деполаризация, восстановление, механизм коррозии.

Введение. Имеющиеся в литературе сведения о механизмах влияния озона на электрохимическое и коррозионное поведение металлов, сплавов и сталей очень ограничены. Исследования, в основном, проводили при низких концентрациях озона, они касались сред очистки пресной воды или охлажденных вод, в том числе и хлоридсодержащих, где условия не всегда четко обозначены. В ранних работах [1÷12] озон обычно рассматривается только как катодный деполаризатор, который сдвигает потенциал коррозии в положительную сторону, нередко способствуя пассивации металла.

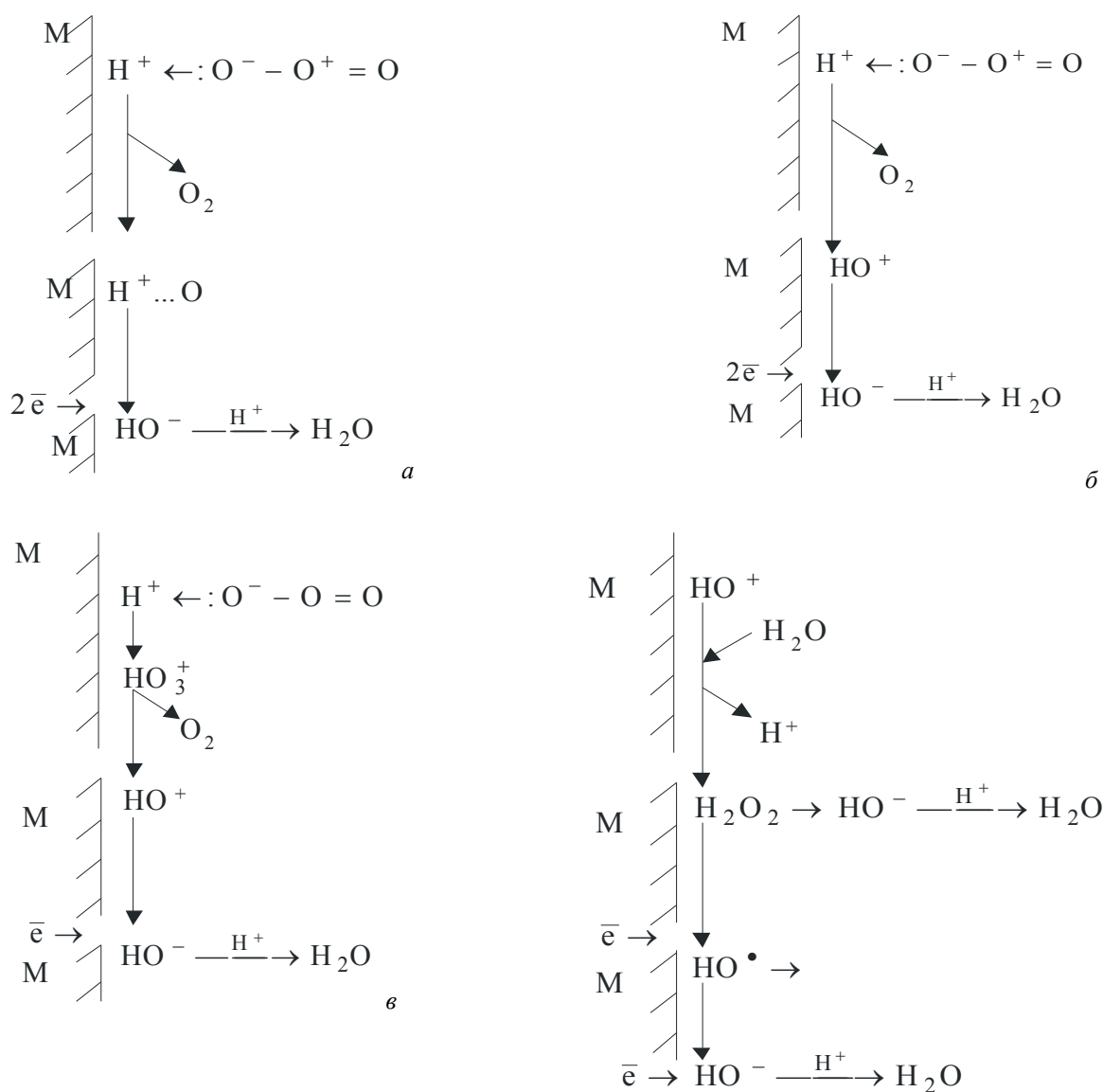
В настоящее время проведен большой объем научно-исследовательской работы совместно с Тюпало Н. Ф. [10÷12], Кузюковым А. Н. [13,14], Шаповаловой И. Н. [15÷17], Черкасом К. В. [15,19, 20], Макаровой Ж. Г. [13, 20] позволяющий более детально и качественно описать механизмы коррозионных процессов в кислых средах в присутствии озона.

Целью работы является выявить возможные пути восстановления озона на металлах в кислых средах на основе обобщения экспериментальных и теоретических исследований.

Результаты и обсуждение. В работе [21] в обобщенном варианте были рассмотрены возможные пути восстановления озона в приэлектродном слое при катодной поляризации электрода (рис. 1).

Предложенный механизм основывался на представлениях о том, что на отрицательно заряженном электроде образуется протонный слой и катодный процесс с участием озона на первом этапе заключается в кислотном разложении озона с образованием реакционно-способного интермедиата $[H\cdots O]^+$ (рис.1а) или катиона HO^+ (рис.1б). Затем эти частицы в катодной двухэлектронной реакции восстанавливаются до гидроксид-иона HO^- . Или другой вариант механизма – это через протонирование озона (рис.1в), образование частиц HO_3^+ , существование которых доказал Тюпало [24].

Распад HO_3^+ приводит к образованию катиона HO^+ и дальнейшему его двухэлектронному восстановлению. На схеме (рис.1б) показан также вариант последовательного двухстадийного восстановления катионов HO^+ с промежуточным образованием пероксида водорода, его одноэлектронного восстановления на катоде до $HO^\bullet$ и далее одноэлектронного восстановления последнего до HO^- . Таким образом, в работе [21] более десятилетие назад были высказаны гипотезы о разных путях восстановления озона и его неоднозначном влиянии.



2

Рис.1. Схемы восстановления озона [21]

На базе комплексного изучения коррозионно-электрохимического поведения широкого круга конструкционных металлов, сталей и сплавов в озонируемых кислых средах [13÷23] было выявлено неоднозначное влияние озона на коррозионные процессы, которое не ограничивается чисто деполяризующим действием, а оказывает некоторое специфическое действие на кинетику растворения металлов. С одной стороны, установлено защитное действие озона как пассиватора общей коррозии и ее локальных видов, в частности, межкристаллитной – это титан, алюминий, хром, нержавеющие стали, а с другой – за счет катодного процесса восстановления озона через активные формы кислорода с участием водорода возможна активация анодного процесса с коррозионной стойкости

металлов, т.е. специфическое действие озона связано с влиянием промежуточных продуктов его восстановления, в частности для никеля, сплавов на его основе, железа, низкоуглеродистых сталей, хрома [13,15,17,18].

На основании этого были внесены дополнения к ранее предложенной схеме восстановления озона (рис.2). Атомы водорода, адсорбированные на поверхности платинового электрода (рис.2а) и являющиеся «активными центрами», или протоны, взаимодействующие с озоном без контакта с поверхностью металла и являющиеся своеобразным «мостиком», приводят к распаду озона и образованию HO^- , создавая на поверхности отрицательный хемосорбционный слой. Кроме того высокое деполяризующее действие озона способно

перевести металл в транспассивное состояние (рис.2б), что также существенно влияет на процесс растворения – это относится к молибдену, легированные им сталям и сплавам, хрому и высоколегированным им сталям. В некоторых случаях, например, на платине возможен электрокаталитический механизм (рис.2в).

Нужно отметить еще одну особенность озона – способность образовывать озонные комплексы с металлами (рис. 2г), т.е. выступать в качестве лиганда, в результате чего формируются толстые оксидные слои.

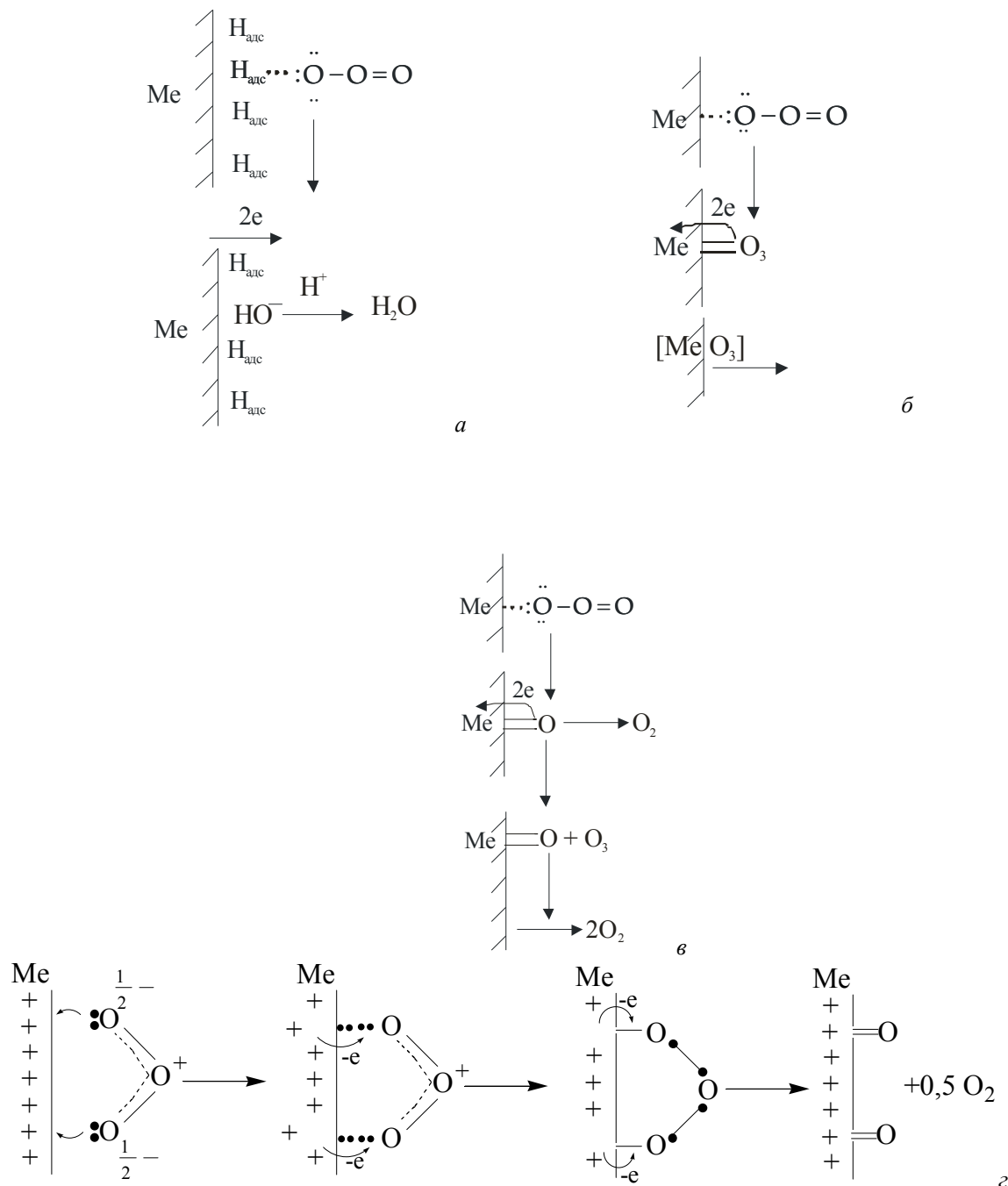


Рис. 2. Схемы восстановления озона обобщенные

На основе квантово-химического расчета [16, 27] диссоциативной и молекулярной форм адсорбции O_3 на поверхности никеля определено, что высокая начальная теплота адсорбции кислорода на никеле, соответствующая малым покрытиям ($\nu \approx 0$), будет способствовать разложению озона. При увеличении покрытия поверхности адсорбированным кислородом теплота его адсорбции будет уменьшаться и тем самым создаются условия для стабилизации молекулярного озона на поверхности. Это указывает на очень высокую реакционную способность озона к диссоциативной адсорбции на металлической поверхности. Показан энергетический профиль реакции $(O_3)_{\text{газ}} \Rightarrow (O_3)_{\text{адс}} \Rightarrow (O_2)_{\text{адс}} + 1/2 O_2 \uparrow$ на поверхностном кластере Ni_{10} откуда видно, что на поверхности металла может образовываться озонopodobный адсорбированный комплекс.

Установлено [22,23], что в серной кислоте восстановление озона на платине идет через стадию образования H_2O_2 , на поляризационной кривой присутствует полуволна соответствующей реакции ($E_0 = 0,68$ В), тогда как в соляной (при равных рН) и в уксусной (рН=2,2) этой полуволны нет. Излом на поляризационных кривых платины в озонируемых кислых средах в области потенциалов $0,20 \div 0,35$ В [23] можно связать с очень лабильной формой кислорода, которая и очень быстро исчезает, например, радикалом $OH^\bullet$. Атомы водорода, адсорбированные на поверхности платинового электрода или протоны и являются «активными центрами», приводящими к распаду озона и образованию $HO^\bullet$.

Выявлено [23], что наличие широкой области потенциалов при $0,45 \div 0,75$ В и выше с невысокими значениями предельных катодных токов свидетельствует о стабилизации озона на поверхности. Способность кислорода насыщать координационную сферу металла и конкурировать за координационные места приводит к возможности образования поверхностных озоновых комплексов с металлом, где озон выступает в качестве лиганда. В серной кислоте до 20% H_2SO_4 окислительно-восстановительный потенциал устанавливается выше потенциала выделения кислорода, что возможно, когда на поверхности создан хемосорбционный слой способствующий торможению выделения кислорода. Наиболее положительный окислительно-восстановительный потенциал на платине достигается при озонировании 5%-ного раствора серной кислоты, что подтверждает гипотезу об экстремуме растворимости озона в 5% H_2SO_4 .

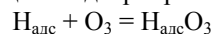
Колебания плотности тока в области потенциалов между E_{ox} кислорода и E_{ox} связаны с формированием и растворением фазовых оксидов на поверхности платины, т.е. изменением состояния поверхности из-за стабилизации и распада озона. Повышенные плотности токов на платине при

потенциалах $(0,2 \div 1,1)$ В обуславливают вероятность протекания химической реакции [19].

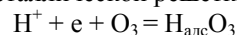
Определено [22], что при потенциалах, соответствующих активному состоянию поверхности металла, реакция образования оксидов заторможена, протекают в основном реакции химического восстановления и анодного растворения. Однако, начиная с некоторого потенциала, адсорбция молекул O_3 становится диссоциативной и пассивирующей. Выявлено, что на поляризационных кривых восстановления озона в средах при потенциале $E \approx 0,3$ В и выше, наблюдается зависимость плотности катодного тока от концентрации озона.

Следовательно, в кислых и нейтральных средах процесс восстановления озона в зависимости от потенциала может протекать за счет:

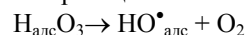
- реакций с адсорбированным водородом



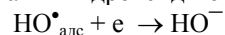
- разряда протона с выделением энергии; в этом случае озон облегчает выход электронов металла из кристаллической решетки



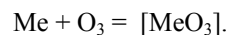
- химических реакций



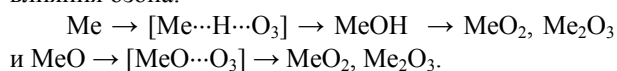
- образования гидроксид-ионов



- образования озоновых поверхностных комплексов



Полученные результаты позволяют предположить модель формирования оксидного слоя, с учетом деполяризующего и специфического влияния озона:



Эти схемы согласуются с описанными в литературе и полученными нами экспериментальными данными об озон-кислородной деполяризации, а также известными данными о возможности образования водородных связей озона с водой и его протонированием [25].

В работах Колотыркина [26] показано, что молекулы воды принимают непосредственное участие в анодном растворении металла, но при пассивации подвергаются хемосорбированному распаду и являются основным источником пассивирующего кислорода. В отличие от молекулярного кислорода, озон, наряду с описанными выше реакциями его катодного восстановления, может принимать непосредственное участие в анодном процессе образования оксидного слоя. Возможность протекания этих реакций связана, в первую очередь, с повышенной электронной плотностью на крайних атомах кислорода в озоне [27]. На квантово-химическом уровне неэмперическим методом в приближении HF/LANL 1 MB (программный комплекс GAUSSIAN 92/DFT нами на примере никеля [16] подробно рассмотрена модель его

озонного окисливання, которая експериментально спостерігається в слабкокислих середовищах при потенціалах декількома вище потенціала її вільної корозії. Модель механізму включає нуклеофільну двохцентрову адсорбцію озону на анодні частини поверхні металу і його розпад (рис.2г).

Висновки. Таким чином, на основ експериментальних і теоретичних досліджень встановлено, що існує дві області потенціалів з різними механізмами відновлення озону:

- від'ємне 0,75В – область відновлення озону в реакціях з адсорбованими водородом або протоном, де особу роль грає атомарний кисень, що утворюється при розпаді озону, в результаті чого змінюється склад приелектродного шару і проявляється специфічне дієвство озону;

- додатне 0,75В – озону відповідає власна область відновлення, де гранична густина катодного струму суттєво залежить від концентрації озону і характеризується низкими значеннями ($\sim 5 \cdot 10^{-2}$ А/м²). Визначено порядок реакції по озону, він дорівнює одиниці і лімітуюча стадія – перехід першого електрона.

Представлено моделі початкових стадій утворення окисних плівок при озонно-кислородної деполізації.

Л и т е р а т у р а

- Puckorius P. R. Ozone use in cooling tower systems - current guidelines / P. R. Puckorius // Where it works. Ozone science and engineering. – 1993.- V.15, №1. - P. 81-93.
- Yang B. Effect of ozone on corrosion of metals in cooling towers / B. Yang, D. A. Johnson, S. H. Shim // Corrosion. - 1993. - V.49, № 6. - P. 499-513.
- Wyllie W.E. The effects of dissolved ozone on the corrosion behavior of stainless steels in artificial seawater / W. E. Wyllie, D. J. Duquette // In Corrosion'97, NACE. March 10-14. - 1997. New Orleans. Paper No. 436, 33 - P.107.
- Lu H. H. The effect of dissolved ozone on the corrosion behavior of Cu-30Ni and type 304L stainless steel in 0,5 NaCl solutions / H. H. Lu, D. J. Duquette // Corrosion. – 1990. -V.46, №10. - P. 843-852.
- Videla H. A. Using ozone to control biofilms / H. A. Videla, M. R. Viera, P. S. Guimaraes // Materials Performance. -1995. -V.34, № 7. -P. 40-44.
- Andreasson P. The corrosion properties of stainless steels and titanium in bleach plants / P. Andreasson, L. Troselius. // Corrosions institute, Stockholm. - 1995. – 25 p.
- Sato Y. Dissolved ozone effect on corrosion of metals in water/ Y. Sato, M. Suzuki, M. Matsudaira // Boshoku Gijutsu. -1982. - V. 31, №5, - P. 319-324.
- Litvinova E. I. Study of the dissolution of steel in ozonized solutions of sulfuric acid / E. I. Litvinova, L. G. Marukhno // Protection of metals. – 1971. № 2. - P. 184-186.
- Zhuravlev V.K. Effect of cerium and silver ions on the electrochemical corrosion behavior of stainless steel in ozonized solution of nitric acid / V.K. Zhuravlev, M. M. Kurtepev, E. F. Bochareva // Protection of metals. 1974. - № 3. -P. 274-275.
- Тюпало Н.Ф. Влияние озона на коррозионное поведение сталей 12Х18Н10Т, 08Х22Н6Т, 06ХН28МДТ в процессах синтеза азодикарбоновых кислот / Н. Ф. Тюпало, Г. О. Татарченко, Б. А. Гру, В. С. Кузуб // Журнал прикладной химии. – 1991. – № 5. – С. 1085-1087.
- Татарченко Г. О. Влияние озонирования и некоторых добавок на коррозионно-электрохимическое поведение стали 12Х18Н10Т / Г. О. Татарченко, Б. А. Гру, Н. Ф. Тюпало, В. С. Кузуб // Фізико-хімічна механіка матеріалів. -1991.- №2. – С.5-8.
- Татарченко Г.О. Изучение коррозионного поведения нержавеющей стали в озонируемых сернокислых средах / Г. О. Татарченко, Н. Ф. Тюпало, В. С. Кузуб / Тезисы доклада Всесоюзной конференции «Озон-91» Москва, 1991. - С.115.
- Татарченко Г.О. Коррозионно-электрохимическое поведение титана и его сплавов с алюминием в растворах соляной кислоты / Г. О. Татарченко, Ж. Г. Макарова, А. Н. Кузюков // Фізико-хімічна механіка матеріалів. -2002. -Т.38. - №3. -С.97-100.
- Татарченко Г. О. Коррозионно-электрохимическое поведение титана и его сплавов с алюминием в растворах соляной кислоты / Г. О. Татарченко, Ж. Г. Макарова, А. Н. Кузюков // Фізико-хімічна механіка матеріалів. -2002. -Т.38. - №3. -С.97-100.
- Татарченко Г. О. Особенности коррозии алюминия в озонируемой уксусной кислоте / Г. О. Татарченко, И. Н. Шаповалова, Н. Ф. Тюпало / Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2010. - Спецвыпуск №5.– С.124-125.
- Шаповалова И. Н. Квантово-химическая модель активных центров электрохимической коррозии металлов / И. Н. Шаповалова, Г. О. Татарченко, И. И. Захаров [и др] // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2005. -№1. -С. 12-18.
- Татарченко Г. О. Коррозионно-электрохимическое поведение никеля в озонируемых растворах серной кислоты / Г. О. Татарченко, К. В. Черкас, А. Н. Кузюков // Фізико-хімічна механіка матеріалів. -2002. -Т.38, №1. -С.98-100.
- Татарченко Г. О. О пассивации хрома в озонируемых растворах серной кислоты / Г. О. Татарченко, К. В. Черкас, М. В. Павлова // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2001. – Спецвыпуск №2. - С.97-101.
- Татарченко Г. О. Колебания предельного тока в реакциях растворения металлов в озонируемой серной кислоте / Г. О. Татарченко, К. В. Черкас // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008.- Спецвыпуск № 7. -Т.2. -С.911-915.
- Татарченко Г. О. Электрохимическое и коррозионное поведение титана в озонируемых растворах соляной кислоты / Г. О. Татарченко, Ж. Г. Макарова, А. Н. Кузюков [и др] // Материалы международной конф.-выставки «Коррозия-98». –Львов. -1998. -С.144-146.
- Татарченко Г. О. Изучение катодных процессов в озонируемых сернокислых средах / Г. О. Татарченко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2000. - Спецвыпуск №1. – С.93-98.
- Татарченко Г. О. Кинетика электродных реакций окислительно-восстановительных процессов в присутствии озона / Г. О. Татарченко // Вісник Харківського національного університету. -№648. Хімія. - №.12. -С.39-43.

23. Татарченко Г. О. Определение кинетических параметров коррозии в озонируемых кислых средах / Г. О. Татарченко // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2004. - №5. – С.43-47.
24. Тюпало Н.Ф. Реакции гетаренов с озоном: дисс. докт. хим. наук: 05.17.05 / Тюпало Николай Федорович. – М., 1987. – 212 с.
25. Разумовський С. Д. Озон та його реакції з аліфатичними сполуками / Разумовський С. Д., Галстян Г. А., Тюпало М. Ф. - Луганськ, вид. СУДУ. - 2000. - 144с.
26. Колотыркин Я. М. Использование кислорода для защиты конструкционных металлических материалов от коррозии в водных средах / Я. М. Колотыркин, Г. М. Флорианович, А. И. Касперович // Итоги науки. Коррозия и защита от коррозии. М.: ВИНТИ, 1981.- Т.8. - С.3-45.
27. Захаров И. И. Анионрадикальная и протонированная форма молекулярного озона. Неэмпирические расчеты с учетом электронной корреляции/ И. И.Захаров, Н. Ф. Тюпало // Журнал структурной химии. – 1993. – Т.34, №2. – С.28-32.

References

1. Puckorius P. R. Ozone use in cooling tower systems - current guidelines / P. R. Puckorius // Where it works. Ozone science and engineering. – 1993.- V.15, №1. - P. 81-93.
2. Yang B. Effect of ozone on corrosion of metals in cooling towers / B. Yang, D. A. Johnson, S. H. Shim // Corrosion. - 1993. - V.49, № 6. - P. 499-513.
3. Wyllie W. E. The effects of dissolved ozone on the corrosion behavior of stainless steels in artificial seawater / W. E. Wyllie, D. J. Duquette // In Corrosion'97, NACE. March 10-14. - 1997. New Orleans. Paper No. 436, 33 - P.107.
4. Lu H. H. The effect of dissolved ozone on the corrosion behavior of Cu-30Ni and type 304L stainless steel in 0,5 NaCl solutions / H. H. Lu, D. J. Duquette // Corrosion. – 1990. -V.46, №10. - P. 843-852.
5. Videla H. A. Using ozone to control biofilms / H. A. Videla, M. R. Viera, P. S. Guimet // Materials Performance. -1995. -V.34, № 7. -P. 40-44.
6. Andreasson P. The corrosion properties of stainless steels and titanium in bleach plants / P. Andreasson, L. Troselius. //Corrosions institute, Stockholm. - 1995. - 25 p.
7. Sato Y. Dissolved ozone effect on corrosion of metals in water/ Y. Sato, M. Suzuki, M. Matsudaira // Boshoku Gijutsu. -1982. - V. 31, №5, - P. 319-324.
8. Litvinova E. I. Study of the dissolution of steel in ozonized solutions of sulfuric acid / E. I. Litvinova , L. G. Marukhno // Protection of metals. – 1971. № 2. - P. 184-186.
9. Zhuravlev V. K. Effect of cerium and silver ions on the electrochemical corrosion behavior of stainless steel in ozonized solution of nitric acid / V. K. Zhuravlev, M. M. Kurtepov, E. F. Bocharova // Protection of metals. 1974. - № 3. -P. 274-275.
10. Tjupalo N. F. Vlijanie ozona na korrozionnoe povedenie stalej 12H18N10T, 08H22N6T, 06HN28MDT v processah sinteza azodikarbonovyh kislot / N. F. Tjupalo, G. O. Tatarchenko, B. A. Gru, V. S. Kuzub // Zhurnal prikladnoj himii. – 1991. – № 5. – S. 1085-1087.
11. Tatarchenko G. O. Vlijanie ozonirovaniya i nekotoryh dobavok na korrozionno-elektrohimicheskoe povedenie stali 12H18N10T / G. O. Tatarchenko, B. A. Gru, N. F. Tjupalo, V. S. Kuzub // Fiziko-himichna mehanika materialiv. -1991.- №2. – S. 5-8.
12. Tatarchenko G. O. Izuchenie korrozionnogo povedenija nerzhavjushchih stalej v ozoniruemyh sernokislyh sredah / G. O. Tatarchenko, N. F. Tjupalo, V. S. Kuzub / Tezisy doklada Vsesojuznoj konferencii «Ozon-91» Moskva, 1991. - S.115.
13. Tatarchenko G. O. Korrozionno-elektrohimicheskoe povedenie titana i ego splavov s aljuminijem v rastvorah soljanoj kisloty / G. O. Tatarchenko, Zh. G. Makarova, A. N. Kuzjukov // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2002. -T.38. - №3. -S.97-100.
14. Tatarchenko G. O. Korrozionno-elektrohimicheskoe povedenie titana i ego splavov s aljuminijem v rastvorah soljanoj kisloty / G. O. Tatarchenko, Zh. G. Makarova, A. N. Kuzjukov // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2002. -T.38. - №3. -S.97-100.
15. Tatarchenko G. O. Osobennosti korrozii aljuminija v ozoniruemoj uksusnoj kislothe / G. O. Tatarchenko, I. N. Shapovalova, N. F. Tjupalo / Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2010. - Specvipusk №5.–S.124-125.
16. Shapovalova I. N. Kvantovo-himicheskaja model aktivnyh centrov jelektrohimicheskoy korrozii metallov / I. N. Shapovalova, G. O. Tatarchenko, I. I. Zaharov [i dr] // Fiziko-himichna mehanika materialiv. -2005. -№1. -S. 12-18.
17. Tatarchenko G. O. Korrozionno-elektrohimicheskoe povedenie nikelja v ozoniruemyh rastvorah sernoj kisloty / G. O. Tatarchenko, K. V. Cherkas, A. N. Kuzjukov // Fiziko-himichna mehanika materialiv. -2002. -T.38, №1. - S.98-100.
18. Tatarchenko G. O. O passivacii hroma v ozoniruemyh rastvorah sernoj kisloty / G.O. Tatarchenko, K. V. Cherkas, M. V. Pavlova // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2001. – Specvipusk №2. - S.97-101.
19. Tatarchenko G. O. Kolebanija predelnogo toka v reakcijah rastvorenija metallov v ozoniruemoj sernoj kislothe / G. O. Tatarchenko, K. V. Cherkas // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2008.- Specvipusk № 7. -T.2. -S.911-915.
20. Tatarchenko G. O. Elektrohimicheskoe i korrozionnoe povedenie titana v ozoniruemyh rastvorah soljanoj kisloty / G. O. Tatarchenko, Zh. G. Makarova, A. N. Kuzjukov [i dr] // Materialy mezhdunarodnoj konf.-vystavki «Korrozija-98». –L'vov. -1998. -S.144-146.
21. Tatarchenko G. O. Izuchenie katodnih processov v ozoniruemyh sernokislyh sredah / G. O. Tatarchenko // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2000. - Specvipusk №1. – S.93-98.
22. Tatarchenko G. O. Kinetika elektrodnyh reakcij oksislitelno-vosstanovitelnyh processov v prisutstvii ozona / G. O. Tatarchenko // Visnik Harkivskogo nacionalnogo universitetu. -№648. Himija. - №.12. -S.39-43.
23. Tatarchenko G. O. Opredelenie kineticheskikh para-metrov korrozii v ozoniruemyh kislyh sredah / G. O. Tatarchenko // Fiziko-himichna mehanika materialiv. – 2004. - №5. – S.43-47.
24. Tjupalo N.F. Reakcii getarenov s ozonom: diss. dokt. him. nauk: 05.17.05 / Tjupalo Nikolaj Fedorovich. – М., 1987. – 212 s.
25. Razumovskij S. D. Oзон та його реакції з аліфатичними сполуками / Razumovskij S. D., Galstjan G. A., Tjupalo M. F. - Lugansk, vid. SUDU. - 2000. - 144s.
26. Kolotyркин Я. М. Ispolzovanie kisloroda dlja zashhity konstrukcionnyh metallicheskih materialov ot korrozii v vodnyh sredah / Ja. M. Kolotyркин, G. M. Florianovich, A. I. Kasperovich // Itoги науки. Korrozija i zashhita ot korrozii. М.: VINITI, 1981.- Т.8. - S.3-45.

27. Zaharov I. I. Anionradikalnaja i protonirovannaja forma molekuljarnogo ozona. Nejempiricheskie raschety s uchetom jelektronnoj korrelyacii / I. I. Zaharov, N. F. Tjupalo // Zhurnal strukturnoj himii. – 1993. – T.34, №2. – S.28-32.

Татарченко Г.О. Відновлення озону і кисню на металах у процесі корозії.

На основі експериментального і теоретичного вивчення електрохімічних процесів в присутності озону розвинені уявлення про озоно-кисневу деполяризацію і механізми відновлення озону, які дозволяють науково прогнозувати корозійну стійкість конструкційних металів. Виявлено, що дія озону ґрунтується не тільки на деполяризації катодного процесу, а й на специфічному впливі його при анодному розчиненні металів за рахунок відновлення через активні форми кисню за участю водню.

Ключові слова: озон, озоно-киснева деполяризація, відновлення, механізм корозії.

Tatarchenko G.O. The reduction of ozone and oxygen on the metal in the corrosion process.

On the basis of experimental and theoretical study of electrochemical processes in the presence of ozone-developed understanding of the ozone-oxygen depolarization, mechanisms of ozone reduction that allow predict the corrosion resistance of construction metals. It was found that the effect of ozone is based not only on the depolarization of the cathodic process, but also on the specific influence it in the anodic dissolution of metals by the reduction of reactive oxygen species by involving hydrogen.

Keywords: ozone, ozone-oxygen depolarization, reduction, corrosion mechanism.

Татарченко Галина Олегівна – д.т.н., професор, професор кафедри «Математики, інформатики та фізики» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. tatarchenkogalina@gmail.ru.

Рецензент: Суворін О.В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 29.01.2015

УДК 519.7.007.004.2

АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Фурса О. А., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю.

THE ALGORITHM SIMULATION SOFTWARE TO AUTOMATE THE CALCULATION OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS

Fursa O.A., Cherneckiy E.V., Oleynuk O.Y.

Решение задач построения АСУ ТП при помощи программных средств моделирования на производствах резинотехнических изделий.

Ключевые слова: АСУ ТП, точность измерения, выбор средств измерения, измельченный вулканизат, модификация, композит.

1. Введение. Стремительное развитие программирования и вычислительной техники расширяет спектр применения SCADA-систем проектирования. В настоящее время, благодаря развитию этой отрасли, можно моделировать сложные химические процессы. Подбор и обоснование методов автоматического контроля и управления при построении АСУ ТП это один из вариантов применения программ для моделирования процессов. Использование данных средств, дает возможность оценить влияющие факторы с учетом особенности протекания химических процессов. Что, позволяет правильно выбрать регулируемые параметры и регулирующие воздействия.

Использование описанного метода не ограничивается параметрами материальных потоков. При помощи алгоритма, можно оценить влияние точности определения параметров процесса на качество конечного продукта. Оценить отклонение параметров технологического процесса можно в двух режимах, при этом получаем зависимости качества конечного продукта от заданного диапазона отклонений входных параметров.

Применение новых методов проектирования АСУ ТП позволяет оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем, оценить влияние входных величин на качество конечного продукта, на стадии проектирования определить точности измерения технологических

параметров химических процессов, что повышает качество конечного продукта.

Поэтому исследование возможности применения алгоритма для эластомерных композиций является актуальной и перспективной задачей.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Компьютеры и информационно-коммуникационные технологии являются мощным инструментом повышения эффективности труда практически в любой сфере деятельности человека. Интерес к компьютерным технологиям, как со стороны отдельного специалиста, так и всей отрасли в целом позволяет этой отрасли очень быстро развиваться и совершенствоваться(1).

Одним из широко применяемых в настоящее время методов рециклинга изношенных шин и резино-технических изделий является их измельчение и последующее использование продуктов измельчения в различных областях [6-8].

Одним из перспективных направлений использования продуктов измельчения резиновых изделий является создание композиционных эластомерных материалов, содержащих измельченный вулканизат (ИВ) [6-10].

Известно[6], что частицы измельченного вулканизата представляют собой ядро с поверхностным слоем, а для увеличения площади контакта между эластомерной матрицей и ИВ необходимо увеличивать площадь поверхностного контакта[7-9].

3. Материалы и результаты исследования. Технологический процесс изготовления эластомерных композиций предусматривает повторное использовании изделий [8], по окончании срока службы изношенные изделия подвергаются рециклингу – измельчению. Продукты измельчения затем повторно используются при производстве продукции. Исходя из этого, для исследования

выбран ИВ с размером частиц до 5 мм, полученный измельчением как эластичных дорнов, так и отбракованных резиновых изделий. Измельченный вулканизат, который использовали в работе соответствовал ТУ У 6-25521987.010.2000 и ТУУ25.1-34019297-002:2010.

Основываясь на ранее полученных результатах [7-9], измельченный вулканизат первоначально обрабатывали. Обработка поверхности позволяет повысить энергию разрыва вулканизатов, что может свидетельствовать об усилении уровня межфазного взаимодействия на границе раздела эластомерная матрица – измельченный вулканизат.

Для автоматизации систем управления, моделирование процесса производства пока единственный, практически доступный метод оценки управляющих алгоритмов и структурных схем управления.

Решая задачи построения АСУ ТП для резино-технических производств необходимо использовать программные продукты правильной направленности, поэтому была выбрана программа ChemCAD, которая позволяет добиться удовлетворительного совпадения результатов расчетов с данными промышленных экспериментов. Это дает возможность решать как задачи определение влияния того или иного параметра на конечный продукт так и повысить эффективность действующих производств, определяя оптимальные параметры процессов в отдельных аппаратах с позиции всего производства в целом.

Исследовали влияние входных параметров по следующему алгоритму работы:

1. Составили технологическую схему производства с указанием всех аппаратов и материальных потоков;

2. Определили критерии характеризующие качество протекание процесса и конечного продукта;

3. Определили номинальные значения входных параметров и показатели качества;

4. Последовательным изменением каждого входного параметра на одну и ту же относительную величину, как в большую, так и в меньшую сторону, определили изменение показателей качества;

5. На основании полученных результатов определили весовые коэффициенты влияния для каждого входного параметра и выбрали регулирующие воздействия;

6. В соответствии с выбранными регулируемыми воздействиями смоделировали изменение параметра в заданном диапазоне для получения динамических характеристик объекта и выбора параметров регулятора.

В результате проведенного анализа выберем регулирующие воздействия и параметры регуляторов. Зная, что если весовой коэффициент близок к нулевому значению, то изменение этого параметра на заданную величину практически не приведет к изменению параметров,

характеризующих качество процесса и тогда выбирать этот параметр управляющим бессмысленно.

4. Экспериментальная часть

Экспериментально предложенный метод можно рассмотреть на примере получения композита эластомерная матрица – измельченный вулканизат.

Известно[7], что частицы измельченного вулканизата представляют собой ядро с поверхностным слоем, а для увеличения площади контакта между эластомерной матрицей и ИВ необходимо увеличивать площадь поверхностного контакта[8,9]. Последнее достигается

использованием веществ, которые изменяют поверхностную активность композиции [6,7]. В качестве таких веществ могут быть использованы различные смолы и композиты на их основе. [7-10].

Благодаря поверхностным свойствам эти олигомеры способствуют пластификации поверхностного слоя ИВ и увеличивают его активность, улучшается затекание эластомера в трещины и поры частиц ИВ за счет капиллярных явлений. В случае наличия дисульфидных связей и свободных метилольных групп обеспечивается образование дополнительно активных групп на поверхности вулканизата и активация процесса регенерации. Это в свою очередь приводит к образованию благоприятных условий для совмещения ИВ с эластомерной матрицей по известной схеме [9].

Обработку проводили 5% водными растворами, содержащими моно-, ди- и триэтанолламины при различных условиях: при 25°C, при 100°C и давлении 0,1 МПа, а также при повышенном давлении до 0,3 МПа. После первой стадии и сушки в естественных условиях, обработанный растворами ИВ дорабатывали на валковом оборудовании с использованием ранее изученного аминифенольного композита АФК [7-9].

При выполнении моделирования процесса получения композиционного материала ИВ - модификатор необходимо определить какие технологические параметры необходимо регулировать, и какие при этом выбирать регулирующие воздействия. Другими словами, данный программный продукт позволяет определить в какой степени изменение того или иного технологического параметра повлияет на качество конечного продукта.

В процессе исследования рассмотрели изменение следующие входных параметров: $X_{1,2}$ – смоляная добавка, $X_{3,4,5}$ – раствор амина, X_6 – смесь, X_7 – ИВ, C_1 – концентрация амина. Для того, чтобы выяснить влияние того или иного параметра на конечный продукт, будем задавать 10% отклонение каждого параметра, как в положительную, так и в отрицательную сторону.

В качестве показателей качества конечного продукта будем рассматривать соотношение ИВ($C_{ИВ}$) и модифицирующей добавки ($C_{МД}$) в

конечном продукте выраженное в долях, а также суммарный выход продукта (ΣW) выраженный в килограммах.

Для получения весовых коэффициентов влияния мы стабилизируем все входные параметры и задаем отклонение только одного (исследуемого параметра), после чего оцениваем качество продукта на выходе. В результате моделирования были получены экспериментальные данные, которые представлены в (табл. 1).

Для приведения результатов исследования к единому формату, выразим отклонение выходных параметров, так же как и входных в относительных единицах (проценты от номинального значения). Результаты приведения представлены в (табл. 2).

По результатам, представленным в табл. 2, можно сказать, что изменение одних параметров в большей степени влияет на качество конечного продукта нежели изменение других параметров. Так, например, изменение расхода X_7 на 10% ухудшает качество конечного продукта более чем на 20%. При этом изменение расхода X_6 практически не влияет на качество конечного продукта. Данная

закономерность говорит о том, что для измерения расхода X_7 необходимо применять более точные средства измерения, а для расхода X_6 менее точные или установить технологическое оборудование, которое будет обеспечивать заданное постоянство расхода X_6 .

Исходя из предложенного метода, для того чтобы определить требования к точности измерения того или иного входного параметра необходимо выяснить требования, которые регламентируют допустимые отклонения показателей качества конечного продукта и при помощи описанного выше алгоритма рассчитать какое максимальное отклонение входного параметра не вызовет ухудшение параметров качества выходного продукта.

В результате проведенных исследований мы сможем с высокой степенью достоверности сформулировать требования к точности измерения регулируемых параметров и выбрать регулирующие воздействия.

Таблица 1

Оценка качества продукта

Входные параметры	$X_{1,2}$			$X_{3,4,5}$			X_6			X_7			C_1		
Значение параметра	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%	-10%	ном	+10%
Показатель качества	0,520	0,578	0,636	6,500	7,000	8,425	25,520	28,137	30,351	20,400	12	13,200	0,540	0,600	0,660
Содержание измельченного вулканизата, $C_{ив}$	0,808	0,8	0,8	0,908	0,8	0,899	0,900	0,9	0,900	0,800	0,9	0,803	0,850	0,9	0,89
Концентрация модификата, $C_{мд}$	0,192	0,2	0,2	0,092	0,2	0,101	0,100	0,1	0,100	0,200	0,1	0,197	0,150	0,1	0,1
Выход продукта, ΣW	6,640	6,594	6,594	6,676	6,596	6,592	6,596	6,596	6,596	6,803	6,596	6,497	6,640	6,596	6,596

Таблица 2

Результаты приведения

Входные параметры	$X_{1,2}$		$X_{3,4,5}$		X_6		X_7		C_1	
Значение параметра	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%	+10%
Содержание измельченного вулканизата, $C_{ив}$	-0,963	0	-0,968	0,200	0,001	0	1,080	-0,105	-0,963	0
Концентрация модификата, $C_{мд}$	7,792	0	7,802	-1,019	0,001	0	-12,200	5,027	7,792	0
Выход продукта, ΣW	2,489	0	3,376	-0,200	0	-0,001	9,803	-4,457	2,489	0

5. Выводы. При использовании данного алгоритма проектирования главным является правильное построение технологической схемы и определения регулируемых параметров (параметров которые мы можем изменять в ходе технологического процесса). И данную задачу можно спокойно разделять для специалистов разных отраслей, то есть технологи занимаются построением правильных технологических схем, специалисты по автоматизации правильно выбирают регулируемые параметры и регулирующие воздействия, а так же формируют требования к точности измерений.

Использование данного метода не ограничивается параметрами материальных потоков (расход, концентрация). При помощи данного алгоритма можно оценивать влияние точности определения параметров протекания химического процесса (температура, давление, уровень, время протекания реакции и т.п.) на качество конечного продукта. Оценивать отклонение параметров технологического процесса можно не только в статическом, но и в динамическом режиме, при этом мы сразу будем получать зависимости параметров конечного продукта от заданного диапазона отклонений входных параметров.

Применение предложенного метода построения АСУ ТП позволяет получить достоверную информацию на стадии проектирования и соответственно построить оптимальную систему управления. Что в свою очередь позволит оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем и повысить качество производства.

Л и т е р а т у р а

- Дьяконов В. MathCAD 2001: специальный справочник / В.Дьяконов. - СПб.: Питер, 2006. - 832с.
- Шандров Б.В. Технические средства автоматизации: учебник для студентов высших учебных заведений / Б. В. Шандров. - Москва, Издательский центр «Академия», 2007.
- Ицкович Э. Л., Методы рациональной автоматизации производства / Э. Л. Ицкович. Инфра-Инженерия.: 2008.- 240 стр.
- Рульянов А., Беркут А., Системы автоматического контроля технологических параметров / А. Рульянов.: Издательство Ассоциации строительных вузов 2005.- 144 стр.
- Мирошник И., Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы / И. Мирошник. Учебное пособие.: Питер, 2006.- 272 стр.
- Трофимова Г.М., Новиков Д.Д., Компаниец Л.В. и др. Модификация резиновой крошки // Высокомолекулярные соединения. – Серия А. – 2003. – Т.46, №6. – С.912-920.
- Грицак О.А., Захаров Ю.И., Ващенко Ю.М. Влияние способов обработки измельченного вулканизата на свойства эластомерных композиций // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – №6. – С.46-50.
- Голуб Л.С., Грицак О.О., Ніколенко М.В., Хомюк В.І., Ващенко Ю.М. Ефективність застосування подрібненого вулканізату в еластомерних композиціях з урахуванням адсорбції модифікуючих речовин на його поверхні // Вопросы химии и химической технологии. – 2011. – №1. – С.93-96.
- Полімерні суміші та композити / Євдокименко Н.М., Бурмістр М.В., Ващенко Ю.М., Котов Ю.Л. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2003. – С.92-94.
- Керча Ю.Ю. Структурно-химическая модификация эластомеров / Ю.Ю. Керча, З.В.Онищенко, В.С. Кутянина, Л.А. Шелковникова // Киев: Наукова думка, 1986 – 232с.

References

- Dyakonov B. MathCAD 2001: A special handbook / V.Dyakonov. - CP6.: Peter, 2006. - p832.
- Shandrov B.V. Means of automation: the textbook for students of higher educational institutions / B.V. Shandrov. - Moscow, The publishing center "Academy", 2007.
- Itskovich E.L., Rational methods of production automation / E.L. Itskovich. Infra- Engineering.: 2008.- 240 p.
- Rulyanov A. Berkut A. Automatic control of technological parameters / A. Rulyanov.: Publishing Association building universities, 2005. -144 p.
- Miroschnik I. The theory of automatic control. Non-linear and optimal systems / I. Miroschnik. Textbook.: Peter, 2006.- 272 p.
- Trofimova G.M., Novikov D.D., Kompaniets L.V. et al. Modification of crumb rubber // High-molecular connections. - Series A - 2003 - T.46, №6. - p.912-920.
- Gritsak O.A., Zakharov Y.I., Vaschenko Y. N/ Effect of processing methods on the properties of crushed vulcanizate elastomer compositions // Questions of chemistry and chemical technology. - 2008. - №6. - p.46-50.
- Golub L.S., Gritsak O.A., Nikolenko N.V., Khomyuk V.I., Vaschenko Y.N. Efficacy of crushed vulkanizator in elastomeric compositions based adsorption modifying substances on the surface // Questions of chemistry and chemical technology. - 2011. - №1. - p.93-96.
- Polymer blends and composites / Yevdokymenko N.M., Burmistr M.V., Vashchenko Y.N., Kotov Y.L. - Dnepropetrovsk: UDHTU, 2003. - p.92-94.
- Kercha Y.Y. Structural and chemical modification of elastomers / Y.Y. Kercha, Z.V.Onischenko, V.S. Kutyanina, L.A. Shelkovnikova // Naukova Dumka, 1986 – 232p.

Фурса О. А., Чернецкий Е.В., Олейник О.Ю.
Алгоритм программного моделирования для автоматизированного расчета эластомерных композиций

Стрімкий розвиток програмування та обчислювальної техніки розширює спектр застосування SCADA-систем проектування. В наш час, завдяки розвитку цієї галузі, можна змодельовати складні хімічні процеси. Підбір та обґрунтування методів автоматичного контролю та управління при побудові АСК ТП це один з варіантів використання програм для моделювання процесів. Використання даних засобів, дає змогу оцінити впливаючі фактори з урахуванням особливостей протікання хімічних процесів. Що дозволяє правильно обрати регульовані параметри та регулюючі впливи. За допомогою

алгоритма, можна оцінити вплив точності визначення параметрів процесу на якість кінцевого продукту. Визначити відхилення параметрів технологічного процесу можна в двох режимах, при цьому отримуємо залежність якості кінцевого продукту від заданого діапазону відхилень вхідних параметрів.

Застосування нових методів проектування АСК ТП дозволяє оптимізувати витрати на складання контрольно вимірювальних систем, оцінити вплив вхідних величин на якість кінцевого продукту, на стадії проектування визначити точність вимірів технологічних параметрів хімічних процесів, що підвищує якість кінцевого продукту.

Дослідження можливості застосування алгоритма для еластомерних композицій є актуальною та перспективною задачею.

Ключові слова: АСК ТП, точність виміру, вибір засобів вимірювання, подрібнений вулканізатор, модифікація, композит.

Fursa O. A., Cherneckiy E.V., Oleynuk O.Y.. The algorithm simulation software to automate the calculation of elastomeric compositions

The rapid development of programming and computer technology extends the range of use of SCADA-systems design. At the present time, thanks to the development of this industry, it is possible to simulate the complex chemical processes. Selection and justification of the methods of automatic control in building automation systems is one of the applications software for process modeling. Using these tools allows you to evaluate the influencing factors, taking into account characteristics of chemical processes. What allows to choose the adjustable parameters and regulatory impact.

Using the described method is not limited to the parameters of the material flow. Using the algorithm, it is possible to estimate the accuracy of determining the influence of process variables on the quality of the final product. Rate deviation of process parameters can be in two modes to yield depending on the quality of the final product from a given variation range of input parameters.

Application of new methods of design automation systems to optimize the costs of creating a control measurement systems to assess the impact of input variables on the quality of the final product at the design stage to determine the accuracy of the measurement of process parameters of chemical processes, which increases the quality of the final product.

Therefore, to investigate the possibility of applying the algorithm to the elastomer compositions is relevant and promising task.

Key words: APCS, accuracy of measurement, choice of measurement tools, crushed vulcanizate modification, composite.

Фурса Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна.

Рецензент: **Суворін О. В.** – д.т.н., доцент.

Стаття подана 18.01.2015

УДК 621.1.018

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА МИКРОТУНЕЛЯ МКТ-2 НА МОТОРНОМ СТЕНДЕ АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Холкина Е.А.

EXPERIMENTAL RESEARCH PROTOTYPES MICROTUNNEL MKT-2 ENGINE FOR BENCH AUTOMOTIVE ENGINES

Holkina H.

Описан опытный образец системы контроля массовых выбросов твердых частиц, содержащихся в отработавших газах дизелей – микротуннель МКТ-2. Представлены результаты испытаний МКТ-2 на тормозном стенде дизеля СМД-23, в ходе которых отрабатывались процедуры измерений массовых выбросов твердых частиц на отдельных режимах работы двигателя и при его испытаниях по 13-ступенчатому циклу.

Ключевые слова: микротуннель, отработанные газы, твердые частицы

Введение

Важной составляющей комплекса мер по обеспечению экологической безопасности дизельных силовых установок является контроль массовых выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами (ОГ) двигателя. Существенный вклад в суммарную токсичность дизеля вносят твердые частицы (ТЧ), представляющие собой смесь сажи, несгоревших углеводородов, сульфатов и других включений [1]. Для измерения массовых выбросов ТЧ с ОГ дизелей необходимы специальные дорогостоящие измерительные системы – разбавляющие туннели, которые в странах СНГ в настоящее время не производятся. Вместе с тем, отечественное двигателе- и машиностроение испытывают острую потребность в данном оборудовании, поскольку международными экологическими стандартами предусматривается нормирование массовых выбросов ТЧ дизелей и спектр двигателей, в отношении которых действуют данные нормы, постоянно расширяется.

В период 2013 – 2015 гг в специалистами ВНУ имени В. Даля и НТУ «ХПИ» выполнен комплекс работ по изучению опыта ведущих фирм-разработчиков разбавляющих туннелей – AVL,

Mitsubishi, Perkins и др., а также созданию и экспериментальной отработке макетного образца измерительного комплекса с микротуннелем МКТ-2 для контроля выбросов ТЧ с ОГ дизелей.

Постановка задачи

Основной целью создания и испытаний МКТ-2 являлось внедрение в практику экологических испытаний отечественных ДВС стандартных процедур измерений массовых выбросов ТЧ с ОГ, установленных международными нормативно-правовыми документами: Правилами ЕЭК ООН R-49 и R-96, стандартом ISO 8178 [2-4]. Достижение указанной цели обеспечивалось путем решения следующих задач:

- 1) монтаж системы контроля массовых выбросов ТЧ на тормозном стенде дизеля 4ЧН12/14 (СМД-23) в соответствии с установленными требованиями;
- 2) проведение замеров массовых выбросов ТЧ на отдельных режимах работы двигателя;
- 3) отработка процедуры измерения среднеэксплуатационного массового выброса ТЧ в результате испытаний дизеля по Европейскому 13-ступенчатому циклу.

Методика измерений выбросов ТЧ с помощью микротуннеля МКТ-2

Микротуннель МКТ-2 –автоматизированная измерительная система, спроектированная в соответствии с требованиями международных стандартов [5]. Принцип действия МКТ-2 состоит в следующем (рис. 1).

Часть ОГ с массовым расходом G_{exh}^t отбирается из выхлопной системы двигателя и подается в разбавляющий туннель, где происходит их смешивание с атмосферным воздухом. Таким

образом обеспечивается имитация естественного процесса разбавления ОГ, выбрасываемых из выхлопной трубы дизеля в атмосферу. Из туннеля поток разбавленных ОГ с массовым расходом G_{sam} через один из шаровых кранов поступает либо в байпасную магистраль, либо в рабочий канал, в котором установлен патрон с двумя фильтрами для отбора ТЧ (основным и вспомогательным). Шаровые краны K1 и K2 всегда находятся в противоположных состояниях: когда один открыт – другой закрыт и наоборот. При подготовке пробы к анализу открыт кран K1 и разбавленные ОГ протекают через байпасную магистраль. С помощью дросселя Д обеспечивается регулировка давления в данной магистрали таким образом, чтобы в момент переключения кранов не возникало гидравлического удара. При выполнении процедуры отбора проб ТЧ открыт кран K2 и вся проба разбавленных ОГ протекает через фильтры. При этом фиксируется продолжительность данной процедуры – τ_{sam} . Величина, равная отношению массовых расходов G_{sam} и G_{exh}^t , называемая коэффициентом разбавления ОГ – q , в ходе испытаний устанавливается такой, чтобы температура пробы перед фильтрами t_f не превышала 52 °С.

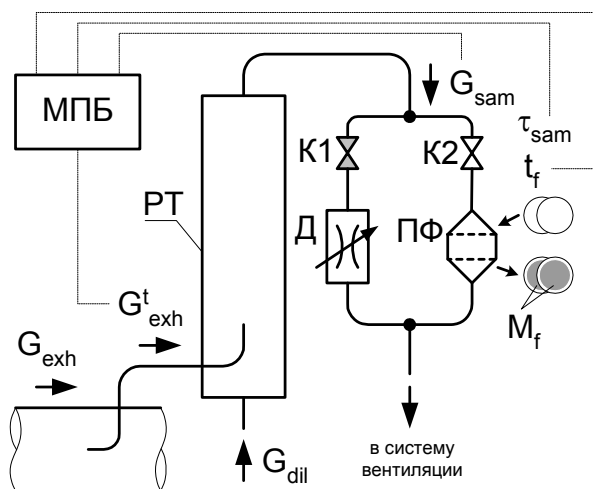


Рис. 1. Принципиальная схема микротуннеля МКТ-2: МПБ – микропроцессорный блок; РТ – разбавляющий туннель; K1, K2 – шаровые краны; Д – дроссель; ПФ – патрон с фильтрами для отбора ТЧ

После завершения испытаний измеряется масса ТЧ – M_f , как прирост массы рабочих фильтров за время испытаний. Для контроля параметров G_{sam} , G_{exh}^t , τ_{sam} , t_f и управления шаровыми кранами K1 и K2 используется микропроцессорный блок. В ходе выполнения испытаний все указанные величины протоколируются и используются при вычислениях следующих показателей:

а) массовых выбросов ТЧ на отдельных режимах работы дизеля – PT_{massi} :

$$PT_{massi} = \frac{M_{fi}}{M_{sami}} \cdot q_i \cdot G_{exhi}, \text{ г/ч,}$$

где i – индекс режима; $M_{sami} = G_{sami} \cdot \tau_{sami}$ – масса пробы разбавленных ОГ, прошедшей через фильтры на i -м режиме, г; G_{exhi} – массовый расход ОГ в выхлопной системе дизеля на i -м режиме, г/ч;

б) удельных выбросов ТЧ на отдельных режимах работы дизеля – $\overline{PT}_{massi}$:

$$\overline{PT}_{massi} = \frac{PT_{massi}}{N_{ei}}, \text{ г/кВт·ч,}$$

где N_{ei} – эффективная мощность дизеля на i -м режиме, кВт.

При испытаниях дизеля по циклу по результатам испытаний рассчитывается среднеэксплуатационный массовый выброс ТЧ – PT :

$$PT = \frac{PT_{mass}^{test}}{N_e^{test}}, \text{ г/кВт·ч,}$$

$$PT_{mass}^{test} = \sum_{i=1}^n (PT_{massi} \cdot WF_i), \text{ г/ч,}$$

$$N_e^{test} = \sum_{i=1}^n (N_{ei} \cdot WF_i), \text{ кВт,}$$

где PT_{mass}^{test} и N_e^{test} – средние за цикл массовый выброс ТЧ и эффективная мощность дизеля; n – число режимов испытательного цикла; WF_i – весовые факторы режимов испытательного цикла.

Результаты исследований

Монтаж МКТ-2 на испытательном стенде дизеля 4ЧН12/14 произведен в соответствии с установленными требованиями (рис. 2,а): пробоотборник ТЧ расположен на осевой линии прямолинейного участка выхлопной трубы двигателя и направлен навстречу потоку ОГ; расстояния до ближайших гидравлических сопротивлений соответствуют требуемым значениям (6 диаметров трубопровода перед пробоотборником ТЧ и 3 – за ним). С целью расширения возможностей испытательного стенда на прямолинейном участке отбора проб предусмотрены отверстия для установки пробоотборников газоаналитических приборов и дымомера.

В соответствии с изложенной методикой проведены замеры массовых и удельных выбросов ТЧ на режимах работы дизеля 4ЧН12/14 с различными значениями числа оборотов вала двигателя n – 1000, 1500 и 2000 об/мин и нагрузки L

- 10, 25, 50, 75 и 100 % от максимального значения при данном n (рис. 2,б) [6,7].

Проведена експериментальна обробка процедури измерений среднеэксплуатационного

массового выброса ТЧ дизеля в ходе выполнения Европейского 13-ступенчатого цикла (рис. 3).

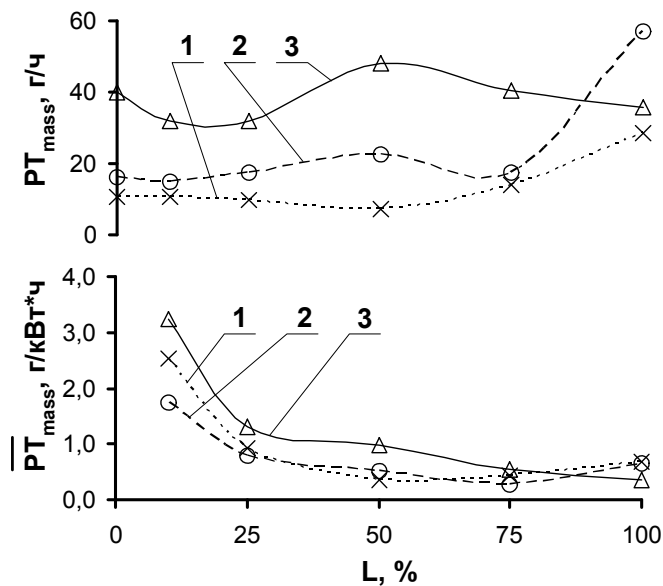


Рис. 2. Результаты монтажа и испытаний МКТ-2 на тормозном стенде дизеля 4СН12/14:
а – общий вид МКТ-2; б – результаты исследований выбросов ТЧ с ОГ дизеля:
1 – $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$; 2 – $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$; 3 – $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$

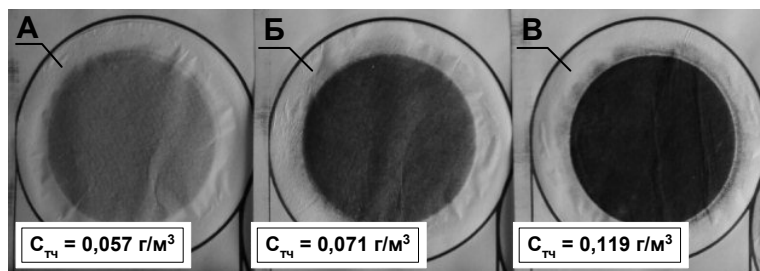
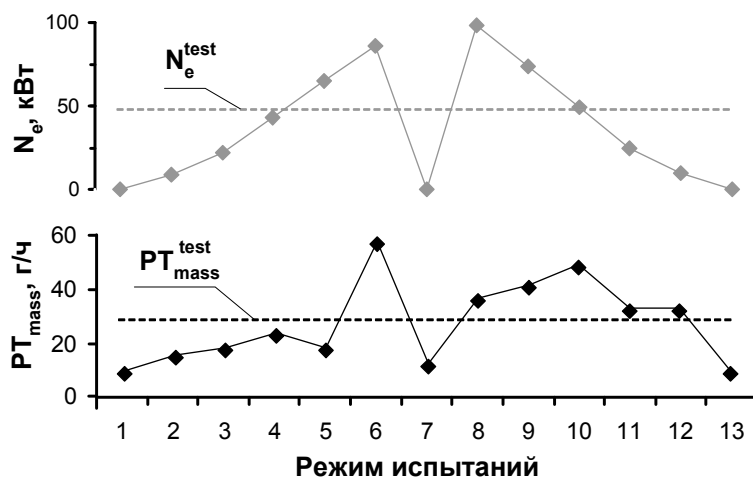


Рис. 3. Результаты исследований среднеэксплуатационного выброса ТЧ дизеля 4СН12/14

Испытания МКТ-2 продемонстрировали практическую пригодность данной измерительной системы для выполнения стандартных процедур измерений массовых выбросов ТЧ с ОГ, установленных международными нормативно-правовыми документами.

Выводы

1. Впервые создан и экспериментально опробован отечественный опытный образец системы контроля массовых выбросов ТЧ с ОГ дизелей - микротуннель МКТ-2. Данная система разработана в соответствии с требованиями Правил ЕЭК ООН R-49, R -96 и международного стандарта ISO 8178.

2. С помощью микротуннеля МКТ-2 проведены замеры массовых (г/ч) и удельных (г/кВт·ч) выбросов ТЧ на отдельных режимах работы дизеля 4СН12/14, что продемонстрировало практическую пригодность МКТ-2 для проведения исследовательских испытаний.

3. Проведены испытания по отработке процедуры контроля среднеэксплуатационного массового выброса ТЧ в ходе испытаний дизеля 4СН12/14 по Европейскому 13-ступенчатому циклу. Испытания продемонстрировали практическую пригодность МКТ-2 для выполнения процедуры сертификационных испытаний дизелей.

Литература

1. Поливянчук А.П. Исследование степени токсичности вредных веществ, выбросы которых нормируются европейскими экологическими стандартами / А.П. Поливянчук, Е.Ю. Щепак, Е.Ю. Титова // Вестник Национального технического университета „ХПИ”. – 2007. - №2. – С. 112-115.
2. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test – bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 1996. – 94 p.
3. Regulation No 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 4 May 2011. – 194 p.
4. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 1995. - 109 p.
5. Поливянчук А.П. Повышение универсальности и точности системы контроля выбросов дизельных твердых частиц - микротуннеля МКТ-2 / А.П. Поливянчук, Т.С. Харитоновна, Т.В. Несмашная // Авиационно-космическая техника и технология. - 2007. - №9/45. - С. 67-70.

6. Поливянчук А.П. Влияние режимов работы автотракторного дизеля на выбросы твердых частиц с отработавшими газами / А.П. Марченко, И.В. Парсаданов, А.П. Поливянчук // Вісник Національного транспортного університету. – 2012. – № 25. – С. 151-155.
7. Поливянчук А.П. Определение и анализ уровней выбросов твердых частиц с отработавшими газами автомобильного дизеля на установившихся режимах работы / А.П. Поливянчук, И.В. Парсаданов, И.В. Рыкова // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. - №1. – С. 92-96.

References

1. Polivjanchuk A.P. Issledovanie stepeni toksichnosti vrednyh veshhestv, vybrosy kotoryh normirujutsja evropejskimi jekologicheskimi standartami / A.P. Polivjanchuk, E.Ju. Shhepak, E.Ju. Titova // Vestnik Nacional'nogo tehničeskogo universiteta „HPI”. – 2007. - №2. – S. 112-115.
2. ISO 8178. Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test – bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions, 1996. – 94 p.
3. Regulation No 49. Revision 5. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) and natural gas (NG) engines as well as positive-ignition (P.I.) engines fuelled with liquefied petroleum gas (LPG) and vehicles equipped with C.I. and NG engines and P.I. engines fuelled with LPG, with regard to the emissions of pollutants by the engine. - United Nations Economic and Social Council Economic Commission for Europe Inland Transport Committee Working Party on the Construction of Vehicles. – E/ECE/TRANS/505. – 4 May 2011. – 194 p.
4. Regulation № 96. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines to be installed in agricultural and forestry tractors with regard to the emissions of pollutants by the engine. Geneva, 1995. - 109 p.
5. Polivjanchuk A.P. Povyshenie universal'nosti i tochnosti sistemy kontrolja vybrosov dizel'nyh tverdyh chastic - mikrotunnelja MKT-2 / A.P. Polivjanchuk, T.S. Haritonova, T.V. Nesmashnaja // Aviacijno-kosmichna tehnika i tehnologija. - 2007. - №9/45. - S. 67-70.
6. Polivjanchuk A.P. Vlijanie rezhimov raboty avtotraktornogo dizelja na vybrosy tverdyh chastic s otrabotavshimi gazami / A.P. Marchenko, I.V. Parsadanov, A.P. Polivjanchuk // Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu. – 2012. – № 25. – S. 151-155.
7. Polivjanchuk A.P. Opredelenie i analiz urovnej vybrosov tverdyh chastic s otrabotavshimi gazami avtomobil'nogo dizelja na ustanovivshisja rezhimah raboty / A.P. Polivjanchuk, I.V. Parsadanov, I.V. Rykova // Dvigateli vnutrennego sgoranija. – 2009. - №1. – S. 92-96.

Холкіна О. О. Експериментальні дослідження макетного зразка микротунеля МКТ-2 на моторні стенді автотракторних двигунів

Описано оптичний зразок системи контролю масових викидів твердих частинок, що містяться у відпрацьованих газах дизелів – микротуннелю МКТ-2. Наведено результати ви-пробувань МКТ-2 на гальміновому стенді дизеля СМД-23, в ході яких були опрацьовані процедури вимірювань масових викидів твердих частинок на окремих режимах роботи двигуна та при його випробуваннях по 13-ступінчатому циклу.

Ключевые слова: мікротунель, відпрацьовані гази, тверді частинки

Holkina O. Experimental research prototypes microtunnel MKT-2 engine for bench automotive engines

The experimental model of the control system of mass emissions of the particles in exhaust gases of diesel engines - microtunnel MKT-2 is described. Results of tests MKT-2 on the brake stand of diesel engine СМД-23 during which procedures of measurements of mass emissions of parti-cles

on separate power modes were fulfilled and at his tests on a 13-in steps cycle are submitted.

Keywords: microtunnel, exhaust gases, particulates

Холкіна Олена Олександрівна – інженер Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Сєвєродонецьк)

Рецензент: Суворін О. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 19.01.2015

УДК 519.7.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ВУЛКАНИЗАТА

Гаврилюк Ю.В., Фурса О.А., Швачка А.И.

CALCULATION OF PROCESS PARAMETERS MODIFICATION CRUSHED VULCANIZATE

Gavriluk Y., Fursa O., Shvachka A.

Рассмотрены технологические аспекты контроля архитектуры резин содержащих измельченный вулканизат (ИВ). Изучено технологию изготовления смесей содержащих модифицированный ИВ. Показано, эффективность использования методов контроля и регулирования процессом в целом. Показана возможность расчета вариаций использования вулканизата в составе композитов и условия его распределения в эластомере.

Ключевые слова: *измельченный вулканизат; композит; перколяция; кластер; узлы решетки; пропускная способность.*

1. Введение. Скопление большого числа изношенных резиновых изделий, как на предприятиях, так и в быту приводит к экологической катастрофе, так как применение старых изделий крайне ограничено. А повторное их использование возможно только в виде разрезанных или раздробленных старых изделий, которые измельчают до получения крошки. Рациональное использование возможно, благодаря модифицированию свойств ИВ. Для обеспечения высокого уровня прочностных свойств новых резин, актуальной остается проблема регулирования как сорбционной, так и химической активности крошки за счет ее модификации.

2. Анализ последних исследований и публикаций.

Известно[2], что активные центры, формирующие вулканизационную сетку, образуются уже в процессе изготовления резиновой смеси.

На практике для анализа многокомпонентных систем используют физические и термодинамические методы анализа с последующим контролем. Но такие методы имеют общий характер и требуют для каждого конкретного случая определенного практического анализа. В физике и

химии явлением перколяции называется явление протекания или не протекания жидкостей через пористые материалы. Теория перколяции применяется для описания различных систем и явлений[3].

Система предназначена для оптимального решения задач централизованного контроля, управления и защиты при помощи средств контроля, автоматики и вычислительной техники с целью обеспечения надежной и высокоэффективной работы при условии надежной безаварийной работы оборудования, а также обеспечить потребности взрыва и пожаробезопасности.

2. Материалы и результаты исследования.

Решая поставленную задачу через теорию перколяции, сначала рассмотрели само явление в целом, то есть для начала определили среду, в которой наблюдается данное явление, а затем определили внешний источник обеспечивающий протекание. Для модификации модель проникновения активного вещества в двухмерной квадратной решетке, состоящей из узлов, пропускающих или не пропускающих, будет выглядеть следующим образом. В начальный момент времени все узлы сетки являются не пропускающими, но в дальнейшем источник заменяет не пропускающие узлы на пропускающие, и число пропускающих узлов постепенно растет. При этом замещение происходит случайным образом, то есть выбор любого из замещающих узлов является равновероятным для всей поверхности решетки.

Момент появления данного состояния решетки, при котором осуществим хотя бы один не прерывный путь через соседние пропускающие узлы и будет называться перколяцией[3]. Пропускающие и не пропускающие узлы обозначили пустыми и заполненными точками

соответственно. Двухмерной среде соответствует бинарная матрица. Пропусканию соответствует последовательность смены пустых на заполненные. В начальный момент времени матрица представляет собой пропускающую систему (рис. 1).

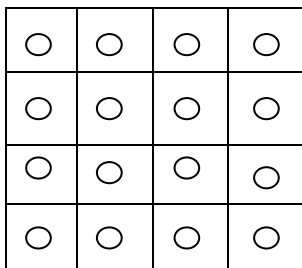


Рис. 1. Пропускающая система

При пропуске модифицирующей добавки в матрицу добавляются пропускающие элементы, но вначале их количества недостаточно для перколяции (рис. 2.)

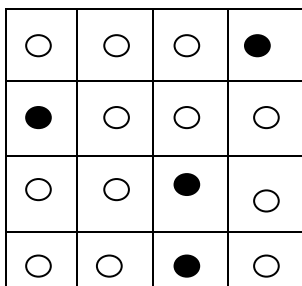


Рис. 2. Пропускание модифицирующей добавки в матрицу

Увеличивая число пропускающих узлов наступает критический момент отображающий перколяцию (рис.3).

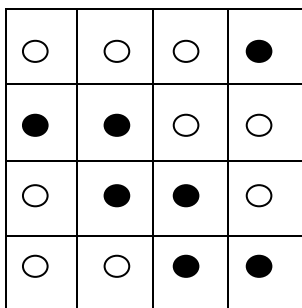


Рис. 3. Перкаляция

Как видно, от левой к правой границе матрицы есть цепочка элементов, обеспечивающая пропускание по пропускающим узлам, представленных черными точками, непрерывно следующим друг за другом.

Применив таким образом, данную модель для совместности модифицированного измельченного вулканизата с матрицей установили, что для увеличения межфазного взаимодействия необходимо обеспечить повышенное содержание добавки на границе раздела. Повышение свойств наблюдается за счет образования межфазной

поверхности. Используя метод конденсации мы получаем переход из совместного состояния в несовместное, а используя метод диспергирования получаем модель перехода из несовместного состояния в совместное.

4. Экспериментальная часть. Анализ архитектуры резин оценивали по данным виброреометрии.

Виброреометрия – это современный метод исследования, позволяющий анализировать влияние реальной архитектуры полимерного материала на свойства этого материала. Характер кинетической кривой представляет собой S- подобную кривую, удобную для математического описания.

Предположим, что характер кинетической кривой (рис.4) отражает процесс образования морфологической архитектуры – вязкость материала определяется суммарным количеством межмолекулярных химических связей и плотностью вулканизационной сетки. То есть плотность – это производная от суммарной поверхности частей гетерофазы и кинетических характеристик реакционной смеси.

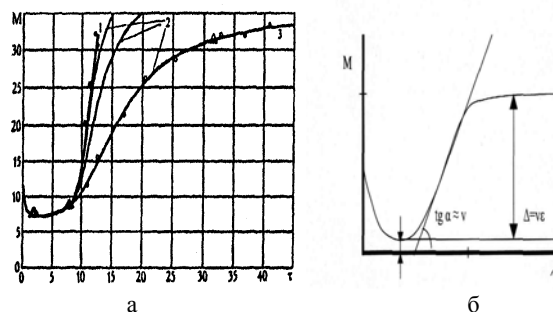


Рис. 4. Кинетические кривые Монсанто (а) и модель Ферхюльста (б)

Если допустить, что процесс вулканизации – это рост частей гетерофазы в ограниченных условиях, то размер частей определится скоростью химического процесса и количеством центров (E) где начался процесс образования структуры. В понятиях перколяционного анализа количество центров по физическому составу соответствует параметру перколяционной решетки (L).

Таким образом, характер изменений (ΔM) процесса структурных преобразований $M(t)$ определяется двумя факторами:

- образование частиц гетерофазы;
- образование дисперсионной среды.

$$\Delta M = M(t + \Delta t) - M(t) = \Phi(M, \Delta t)$$

Примем, что $\Phi(M, \Delta t)$ линеен на Δt при малых Δt :

$$\Phi(M, \Delta t) = f(M)\Delta t$$

То есть: $f(M) = \alpha M - \beta M$, где:

α – коэффициент образования гетерофазы;

β – коэффициент образования дисперсионной среды.

Обозначив $\alpha - \beta = E$ при $\Delta t \rightarrow 0$, получаем дифференциальное уравнение:

$$M' = E(M),$$

где: E – мальтозовский параметр;

Это известное дифференциальное уравнение Т.Р. Мальтоза, коэффициент E называют мальтозовский параметром, но, данное уравнение описывает только начальный отрезок реограммы (рис. 4.).

Значительно лучше согласованы с экспериментальными данными модели П. Ф. Ферхюльста (рис.4б), отражающие влияние морфологических преобразований (ΔM) на процесс структурообразования $M(t)$:

$$M' = EM - \gamma M^2$$

где: E – мальтозовский параметр;

γ – морфологический фактор.

Если, $t \rightarrow \infty$, $M' \rightarrow M_n - M_L$ с другой стороны $M_n - M_L = E/\gamma$, то есть: $\gamma = E/(M_n - M_L)$

Анализ в задачах перколяции позволяет оценить влияние морфологического строения резин, как вероятность геометрического фазового перехода при соответствии

$$P_c = P_L$$

где: P_c – вероятность геометрического фазового перехода;

P – объемная часть гетерофазы;

L – размерность перколяционной решетки.

Параметр L пропорционален размеру частиц гетерофазы и отражает вероятность изменения свойств материала.

Для получения достоверной информации сделали статическую обработку результатов. Использование методов математической статистики защищает от недооценки или переоценки результатов и тем самым помогает интерпретировать полученные данные.

Практика показывает, что никакие измерения не могут быть исполнены абсолютно точно, так как их результаты содержат некоторые отклонения связанные с несовершенством средств измерений. В результате того или иного измерения в итоге получают не действительные (a), а приближительные результаты (x_i), отличающиеся на величину Δx_i :

$$a = x_i + \Delta x_i$$

Поэтому различают систематическую и случайную погрешность. Систематическую погрешность различной природы находят и стараются исключить, если это не возможно то вводят поправочные коэффициенты, но полностью

их исключить, на практике, не удается. Случайные погрешности обусловлены рядом случайных причин, действие которых при каждом измерении различны и не могут быть рассчитаны предварительно. Исключить случайные погрешности не возможно. Измерение состоит из нескольких независимых повторных замеров проведенных в одинаковых условиях. Полученные таким образом результаты x_i ($i=1,2,3,\dots,n$) имеют отклонения. При отсутствии доминирующих случайных факторов находят среднее арифметическое $\bar{x}_i$.

Количественной характеристикой разброса значений x_i относительно $\bar{x}_z$ служит среднеквадратичное отклонение – дисперсия:

$$\sigma^2 = ((x_1 - \bar{x}_z)^2 + \dots + (x_n - \bar{x}_z)^2) / M$$

На практике число измерений $n \neq \infty$, поэтому можно рассчитать только приблизительное значение, называемое оценкой среднеквадратичного отклонения или выборочным среднеквадратичным отклонением

$$S_{x_i} = \sqrt{\left(\frac{(x_1 + x_i)^2 + \dots + (x_n - x_i)^2}{n-1} \right)} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x}_i)^2}{n-1}}$$

где: a -интервал значений которые может принимать измеряемая величина от $(x_i - \Delta x_i)$ до $(x_i + \Delta x_i)$, называется сравнительным интервалом.

5. Выводы. При использовании данного алгоритма проектирования главным является правильное построение технологической схемы и определения регулируемых параметров (параметров которые мы можем изменять в ходе технологического процесса). И данную задачу можно спокойно разделять для специалистов разных отраслей, то есть технологи занимаются построением правильных технологических схем, специалисты по автоматизации правильно выбирают регулируемые параметры и регулирующие воздействия, а так же формируют требования к точности измерений.

Применение предложенного метода построения АСУ ТП позволяет получить достоверную информацию на стадии проектирования и соответственно построить оптимальную систему управления. Что в свою очередь позволит оптимизировать затраты на создание контрольно измерительных систем и повысить качество производства.

Л и т е р а т у р а

1. Mynre Marvin, Mac Killop Duncan A. Rubber recycling// Rubber Chemistry and Technology. – 2002. - 75, N 3. – P.429-474.
2. Леонов Д.И., Леонов И.В. Анализ способов измельчения изношенных шин // Машиностроитель. – 1999. - № 8. – С.28-29.

3. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория, приложения, алгоритмы. 2002. 112 с.
4. Former C., Osen E. Stand and perspektiven des gummi recyclings // Kautsch. und Gummi Kunstst. - 2003 - 56, N 3. - С.81-89.
5. Мікульонюк І.О. Основні методи використання гумовмісних відходів // Хімічна промисловість України. - 2001. - №5. - С.53-58.
6. Гуль Е.В., Орловский П.Н., Шохин И. А. Регенерация и другие методы переработки старой резины. - М.: Химия, 1966. - 140с.
7. Дьяконов В. MathCAD 2001: специальный справочник / В.Дьяконов. - СПб.: Питер, 2006. - 832с.
8. Hoffman Dolf D. Verfahren der zerkleinereeng von altreifen // Gummi - Asbest - Kunststoffe. - 1978. - 31. - №3. - S.150-157.
9. Influence of the cerve system on the properties of vulcanizates incorporating whole tyre scrap rubber crumb / Hilyard N.C., Tong S.G., Harrison K. // Plast and Rubber Process and appe. - 1983. - V.3. - №4. - P.315-322.
10. Rajalingam P., Baker W.S. // Rubber Chem. a. Technol. - 1992. - Vol.65, №5. - P. 908-916.

References

1. Mynre Marvin, Mac Killop Duncan A. Rubber recycling// Rubber Chemistry and Technology. - 2002. - 75, N 3. - P.429-474.
2. D. I. Leonov I.V. Leonov. Analysis of the methods of grinding used tires // Mashinostroitel. - 1999. - № 8. - p.28-29.
3. Tarasevich Y.Y. Percolation theory, applications, algorithms. 2002. 112 p.
4. Former C., Osen E. Stand and perspektiven des gummi recyclings // Kautsch und Gummi Kunstst. - 2003 - 56, N 3. - p.81-89.
5. Mikulonok I.O. Osnovni methodological vikoristannya gemovmisnih vidhodiv // Himichna promislovist Ukraine. - 2001. - №5. - p.53-58.
6. Gul E.V., Orlov P.N., Shokhin I.A. Regeneration and other methods of processing of old tires. - M.: Chemistry, 1966. - 140p.
7. Dyakonov B. MathCAD 2001: A special handbook / V.Dyakonov. - SP6.: Peter, 2006. - p832.
8. Hoffman Dolf D. Verfahren der zerkleinereeng von altreifen // Gummi - Asbest - Kunststoffe. - 1978. - 31. - №3. - p.150-157.
9. Influence of the cerve system on the properties of vulcanizates incorporating whole tyre scrap rubber crumb / Hilyard N.C., Tong S.G., Harrison K. // Plast and Rubber Process and appe. - 1983. - V.3. - №4. - P.315-322.
10. Rajalingam P., Baker W.S. // Rubber Chem. a. Technol. - 1992. - Vol.65, №5. - P. 908-916.

Гаврилюк Ю. В., Фурса О. О., Швачка А.І., РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ МОДИФІКАЦІЇ ПОДРІБНЕНОГО ВУЛКАНИЗАТУ

Розглянуто технологічні аспекти контролю архітектури гум, що містять подрібнений вулканізатор (ПВ). Вивчено технологію виготовлення сумішей, що містять модифікований ПВ. Показано, ефективність використання методів контролю і регулювання процесом в цілому. Показана можливість розрахунку варіацій використання вулканізата у складі композитів і умови його розподілу в еластомері.

Ключові слова: подрібнений вулканізатор; композит; перколяція; кластер; вузли решітки; пропусна здатність.

Gavriluk Y., Fursa O., Shvachka A. CALCULATION OF PROCESS PARAMETERS MODIFICATION CRUSHED VULCANIZATE

Rational use is possible, thanks to the modification of the properties of IP. To ensure a high level of strength properties of new rubbers, pressing problem is how to control the sorption and chemical activity crumb due to its modification.

When using this algorithm, the main design is the correct construction of the technological scheme and the definition of control parameters (parameters that we can change in the course of the process). Application of the proposed method makes it possible to obtain reliable information at the design stage and, accordingly, to build the optimal control system.

Studied the technology of manufacturing of mixtures containing the modified IV. To show the effectiveness of the use of methods of control and regulation of the whole process. The possibility of calculating variations in the use of composites in the composition of the vulcanizate and conditions of its distribution in the elastomer.

Key words: crushed vulcanizate; composite; percolation; cluster; lattice sites; bandwidth.

Фурса Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: yaroslav_dfz@mail.ru.

Гаврилюк Юрій Володимирович – аспірант, кафедри «Інформаційних систем»

Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: yuragavriluk@gmail.com.

Швачка Олександр Іванович – викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій та метрології, Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (ДВНЗ УДХТУ), м.Дніпропетровськ, Україна, E-mail: aleksandrshvachka@gmail.com

Рецензент: Суворін О. В. – д.т.н., доцент.

Стаття подана 21.01.2015

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 3 (220) 2015**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск Кудрявцев С.О.

Оригінал-макет Могильна О.В.

Статті надруковано в авторській редакції

Підписано до друку 05.02.2015 р.
Формат 60 x 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 19,1. Обл. друк. арк. 20,3.
Наклад 300 прим. Вид. № 3026. Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса університета: просп. Радянський 59-а
м. Сєвєродонецьк, 93400, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com

Надруковано у ПП «Поліграф-Сервіс»
Свідоцтво про реєстрацію серія АОО №049269
93406, м. Сєвєродонецьк, проспект Гвардійський, 30
тел.: (0645) 70-14-41, (095) 850-61-53
e-mail: poligrafSDLK@ukr.net