

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ВІСНИК

**Східноукраїнського
національного університету
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**№ 15 (186)
Частина 2
2012**

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Луганськ 2012

ВІСНИК

СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

№ 15 (186) 2012

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

VOLODYMYR DAHL EAST
UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY

№ 15 (186) 2012

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: Голубенко О.Л., член-кор. Національної академії педагогічних наук, докт. техн. наук (головний редактор), Осенін Ю.І., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Смирний М.Ф., докт. техн. наук (заступник головного редактора), Арлінський Ю.М., докт. фіз.-мат. наук, Бер Р., докт. техн. наук, професор університету ім. Отто фон Гюріке, Магдебург, Німеччина, Будіков Л.Я., докт. техн. наук, Бузько І.Р., докт. екон. наук, Гадушова З, професор, декан факультету мистецтв університету Філософа Костянтина в Нитрі, Словачія, Галстян Г.А., докт. хім. наук, Голубничий П.І., докт. фіз.-мат. наук, Гончаров В.М., докт. екон. наук, Довжук І.В., докт. іст. наук, Житна І.П., докт. екон. наук, Іджер М., докт. техн. наук, професор Познанського технічного університету, Польща, Красовські Е., професор університету природничих наук в Любліні, редактор наукового видання Текі і MOTROLU, Козаченко Г.В., докт. екон. наук, Кондратов С.О., докт. хім. наук, Кудюков Ю.П., докт. хім. наук, Куліков Ю.А., докт. техн. наук, Лазор Л.І., докт. юр. наук, Литвиненко В.Ф., докт. істор. наук, Максимов В.В., докт. екон. наук, Михайлюк В.П., докт. іст. наук, Нагорний Б.Г., докт. соціол. наук, Носко П.Л., докт. техн. наук, Петров О.С., докт. техн. наук, Рач В.А., докт. техн. наук, Рей Р.І., докт. техн. наук, Суханцева В.К., докт. філос. наук, Тюпало М.Ф., докт. хім. наук, Ульшин В.О., докт. техн. наук, Чапка М., докт. екон. наук, професор, іноземний член-кор. Національної академії педагогічних наук України, Польща, Шевченко Г.П., член-кор. Національної академії педагогічних наук України, докт. пед. наук, Хорошко В.О., докт. техн. наук.

Відповідальний за випуск: Поркуян О.В.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (Протокол № 8 від 3 квітня 2012 р.)

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу.

© Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2012
© Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 2012

ЗМІСТ
ХІМІЧНІ НАУКИ

В.В. Бондарь, И.И. Захаров, Н.Ф. Тюпало	Квантово-химический анализ молекулярных и электронных структур биядерных комплексов хрома (III) и марганца (II)	6
М.А. Ожередова, В.О. Суворін	Вплив складу нікельвмісних розчинів на термодинамічну ймовірність процесу їх осадження	10
І.В. Кравченко	Джерела опромінення NO ₂ для отримання O(D)	14
А.Г. Галстян, В.П. Шапкін, В.В. Денисов	Одержання хінонів окисненням аренів озонованими сполуками перехідних металів	19
В.Т. Мякухіна, Г.В. Попенко, О.П. Шарун	Гумова суміш з високою адгезією до текстилю	25
В.В. Милоцький, Б.Б. Мамедов	Деструкция углеводов в кавитационной области в присутствии УФ-излучения	29
В.Ю. Тарасов, Е.И. Зубцов, Р.Г. Заика, Ю.А. Шовкопляс	Исследование жидкого высоко-температурного теплоносителя	33
К.О. Тюльпінюв, О.Д. Тюльпінюв	Зниження викидів оксидів азоту у виробництві нітратної кислоти	38
С.П. Бикова	Взаємозв'язок технологічних і гідробіологічних показників біологічної очистки стічних вод	42
ТЕХНІЧНІ НАУКИ		
І.А. Василенко, І.В. Ковтуник	Дослідження процесу одержання та властивостей чорного ферумокисного пігменту, модифікованого карбомідоформальдегідними полімерами	46
О.Л. Овсієнко	Ефект розмірності кристалів співосаджених каталізаторів	52
М.А. Ожередова	Технологія утилізації відпрацьованих нікельвмісних розчинів	57
Р.Л. Салов, Р.В. Мілоцький	Метод оцінки стійкості хлорорганічних сполук	60
Р.В. Мілоцький, Р.Л. Салов	Використання піноматеріалів – крок до збереження енергоресурсів	64
О.В. Любимова-Зінченко, О.Г. Архіпов, Р.Г. Заика, Д.О. Ковальов	Зміна електрохімічних характеристик сталей феритного та мартенситного класу після експлуатації	68
Г.О. Татарченко	Электрохимический способ подбора конструкционных материалов	72

В.А. Борисенко, А.Е. Резниченко, Н.И. Галабурда, Л.В. Карпюк, Э.М. Кравцова	Исследование характера разрушений в основных узлах компрессорного и насосного оборудования химической и нефтехимической промышленности	76
С.А. Ревенко, Д.А. Кутакова, М.А. Гликин, Л.В. Карпюк	К вопросу оптимизации параметров псевдоожижения твердых частиц	82
Д.А. Тюльпинов, А.Д. Тюльпинов	Локализация пламени в псевдоожиженном слое с различными диаметрами оживаемых частиц	87
Н.А. Кочергин, Аль Хайят Мохаммед Н.К., Мохаммед Абдуллах Д.М.	Экспериментальное определение характеристик вихревых распыливающих противоточных массообменных аппаратов (ВРПМА)	90
И.И. Багринцев, В.Б. Модество, С.А. Ревенко	Смешивание гранулированных материалов в смесителе с уголковыми и винтовыми решетками	94
С.А. Ревенко, И.И. Багринцев, Л.В. Карпюк	Перемешивание сыпучих материалов в центробежном смесителе	98
Г.В. Тараненко	Гидравлическое сопротивление тарелок провального типа, установленных в колоннах различного диаметра	102
А.Е. Богданов	Методика расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность	109
И.І. Стенцель, О.І. Проказа, О.В. Поркуян	Математичні моделі управління апаратом нейтралізації кислоти за температурою реакції у виробництві аміачної селітри	114
И.І. Стенцель, О.В. Кузнецова, О.В. Поркуян, К.А. Літвінова	Математичні моделі управління випарним апаратом за масовою депресією	123
В.М. Барбарук, Л.В. Барбарук	Методи моделювання складних систем	132
А.Ф. Горбатюк, С.А. Горбатюк	Структурно-алгоритмічні моделі нечітких регуляторів	136
В.М. Смолій	Спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів	141
А.И. Рязанцев, Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова	Метод планирования задач для систем экологического мониторинга	146
Джабран Абдалхамид, М.Г. Лория, А.Б. Целищев, П.И. Елисеев	Система экстремального управления многополочным реактором	152

А.М. Брежнев	Машины Тьюринга в задачах проверки свободно конструируемых ответов	156
Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова	Организация параллельных вычислений средствами JavaScript	162
О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук	Реалізація функцій керування на нижньому рівні в системі автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу	170
Е.П. Герасименко	Компьютерный анализ волнового сопротивления полосковых линий высокочастотных многослойных печатных плат	175
Д.А. Недзельский, В.Я. Сидоренко	Архитектуры современных микроконтроллеров для встраиваемых систем	181
Н.П. Ретинская, Я.Б. Думыч	Программная схемотехническая реализация АЦ-преобразования повышенной точности на микроконтроллере	191
ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ		
Г.З. Шевцова	Посткризовий розвиток підприємств хімічного комплексу України: проблеми та перспективи	198
О.А. Овечкіна, О.В. Маслош	Організація екологоорієнтованої господарської діяльності національних виробничих підприємств на засадах екологічного маркетингу	204
В.С. Заболотникова, Д.В. Ніколаєнко	Використання кластерного аналізу для розподілу суб'єктів підприємницької діяльності	211
Г.Г. Снопенко, К.В. Іванова	Діагностика напрямів удосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства	219
Г.В. Пчелинська	Методологічний аспект управління фінансовими результатами на промислових підприємствах за критерієм суттєвості	228
Т.А. Петешова	Оцінка ефективності праці керівника на основі стратегічних результатів діяльності підприємства	233
Г.В. Саєнко, Л.І. Мікуленко	Метафізичне осмислення інтелектуального капіталу в інформаційному суспільстві	240
М.П. Попов	Методика оцінки економічної ефективності діяльності вищого навчального закладу як суб'єкту господарювання	249
С.В. Коверга, А.В. Малецький	Вплив факторів на формування та поліпшення якості продукції в рамках процесів життєвого циклу	255
Анотації		260
Відомості про авторів		287

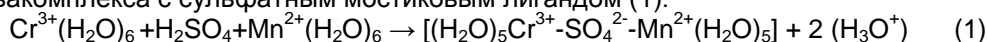
УДК 541.13:546.214+539.192

В.В. Бондарь, И.И. Захаров, Н.Ф. Тюпало

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОЛЕКУЛЯРНЫХ И ЭЛЕКТРОННЫХ СТРУКТУР БИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ХРОМА (III) И МАРГАНЦА (II)

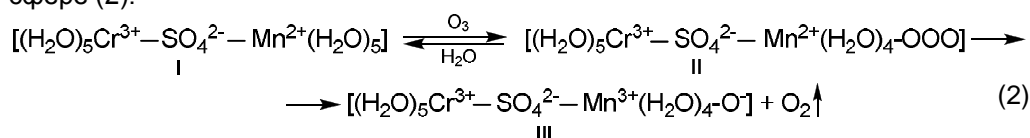
Молекулярные и электронные структуры биядерных аквакомплексов хрома (III) и марганца (II) были исследованы квантово-химически в рамках метода теории функционала плотности DFT/B3LYP с использованием базисов LANL2DZ_6-31G**. Проведен анализ электронной и спиновой плотности биядерного комплекса с сульфатным мостиковым лигандом и его сравнение с озонированным комплексом. Показана возможность окисления марганца (II) в марганец (III) в координационной сфере озонированного биядерного комплекса. 3 рис., 3 табл., 15 лит. ист.

Окисление солей металлов переменной валентности озоном достаточно подробно изучалось на примере солей марганца, хрома, железа и их смесей [1-4]. Полагается, что окисление аквакомплексов металлов переменной валентности протекает по внутрисферному механизму, включающему замещение молекулы воды на озон в координационной сфере моноядерного аквакомплекса металла [1,3,4], при этом, как показано в работе [5], формальная степень окисления металла в озонированном комплексе не изменяется, а происходит только незначительный перенос электронной плотности от иона металла к озону. Основываясь на известных представлениях о возможности образования биядерных аквакомплексов [6], в работе [7] было предположено, что в водных растворах серной кислоты окисление металлов переменной валентности протекает через предварительное образование биядерного аквакомплекса с сульфатным мостиковым лигандом (1):



Проведенный расчет колебательного спектра и уменьшения энергии Гиббса (-501 кДж) [7] позволил авторам сделать вывод о возможности самопроизвольного образования такого комплекса.

Предполагается, что при дальнейшем замещении молекулы воды в координационной сфере марганца на озон может протекать окисление марганца (II) в марганец (III) с последующим отщеплением молекулярного кислорода и образованием интермедиата окисления с атомом кислорода в координационной сфере (2):



В данной работе нами проведен анализ молекулярных и электронных структур вышеприведенных комплексов.

Метод расчета

Квантово-химические расчеты молекулярных и электронных структур комплексов I-III были проведены в рамках метода теории функционала

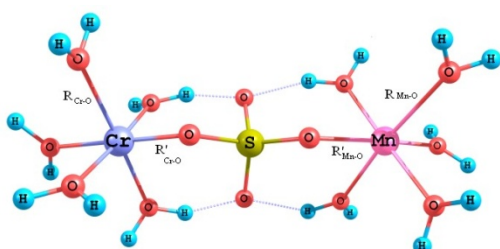
плотности DFT/B3LYP [8-9]. Этот метод хорошо передает энергетику и структуру молекулярных соединений, т.к. достаточно полно учитывает электронную корреляцию [10].

Оптимизация геометрических параметров молекулярных структур комплексов проведена с использованием эффективного потенциала LANL2 для внутренних (остовых) оболочек атомов переходных элементов [11]. Для валентных орбиталей металлов в расчетах использован расширенный double- ξ базис DZ. Для атомов H, O, S использован стандартный 6-31G** с учетом поляризационных d, p функций. Заряды и спиновые плотности атомов рассчитывались на основе анализа электронной плотности по Малликену. Расчеты проводились с использованием квантово-химического программного комплекса GAUSSIAN-03 [12].

Все оптимизированные молекулярные структуры комплексов для случая высокоспинового состояния соответствуют локальному энергетическому минимуму, так как расчет колебательного спектра указывает на отсутствие мнимых частот [13].

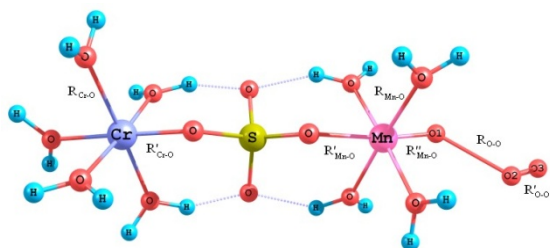
Геометрическая структура комплексов I-III

Оптимизированная структура биядерного, озонированного биядерного аквакомплекса Cr (III) и Mn (II) и интермедиата окисления представлены на рис. 1, 2, 3 соответственно.



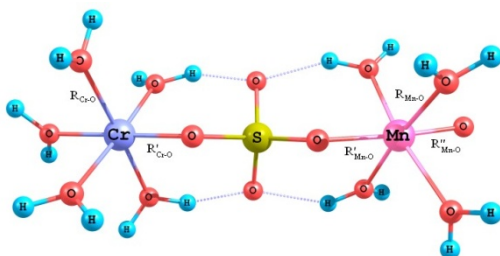
I

Рис. 1. Оптимизированная структура биядерного аквакомплекса Cr (III) и Mn (II) с сульфатным мостиковым лигандом.



II

Рис. 2. Оптимизированная структура озонированного биядерного аквакомплекса Cr (III) и Mn (II) с сульфатным мостиковым лигандом.



III

Рис. 3. Оптимизированная структура интермедиата окисления биядерного аквакомплекса Cr (III) и Mn (II) с сульфатным мостиковым лигандом.

Расчеты озонированного биядерного аквакомплекса (рис. 2) показали, что координация озона с ионом марганца происходит вследствие σ -взаимодействия р-орбитали озона с d-орбиталью иона марганца, что приводит к существенным изменениям в электронной структуре как озона, так и иона металла. Характерной особенностью такого взаимодействия является разрыхление связи $R_{O-O}=2,19 \text{ \AA}$ и упрочнение связи $R_{O-O}=1,19 \text{ \AA}$ (см. табл. 1, рис. 2). Согласно представлениям, что в большинстве реакций озона только один атом кислорода входит в состав продуктов, а два других выделяются в виде O_2 [14,15], нами проведены расчеты интермедиата окисления. Рассчитанные энергетические и геометрические параметры приведены в табл. 1.

Таблица 1
Рассчитанные полные энергии и геометрические параметры комплексов I-III

Биядерные аквакомплексы	Полная энергия E_{total} , (ат.ед.)	R_{Cr-O} , (Å)	R'_{Cr-O} , (Å)	R_{Mn-O} , (Å)	R'_{Mn-O} , (Å)	R_{Mn-O} , (Å)	R_{O-O} , (Å)	R'_{O-O} , (Å)
I	-1652,974260	2,04	1,87	2,19	2,23	-	-	-
II	-1801,946814	2,02	1,87	2,13	2,09	1,69	2,19	1,19
III	-1651,595996	2,02	1,91	2,10	2,03	1,83	-	-

Анализ электронной и спиновой плотности комплексов I-III

Рассчитанные значения электронной и спиновой плотности на атомах ионов металлов в комплексах приведены в табл. 2. Показано, что на ионе Cr^{3+} (d^3) в обоих аквакомплексах спиновая плотность не изменяется и составляет 2,95, т.е. степень окисления металла не изменяется. В то же время спиновая плотность на ионе марганца в озонированном биядерном комплексе II и интермедиате окисления III уменьшилась на единицу и составляет 3,84 в отличие от значения 4,84 в неозонированном биядерном комплексе. Этот эффект можно интерпретировать как увеличение формальной степени окисления марганца $Mn^{2+} \rightarrow Mn^{3+}$ и изменение электронной конфигурации иона металла с d^5 на d^4 .

Таблица 2
Рассчитанная спиновая плотность (q_s) и заряды на атомах (q_e) ионов металлов в комплексах I-III

Электронные параметры	Ионы металлов в биядерном аквакомплексе		Ионы металлов в озонированном биядерном аквакомплексе		Ионы металлов в интермедиате окисления	
	Cr	Mn	Cr	Mn	Cr	Mn
Заряды на атомах (q_e)	1,19	0,97	1,16	1,08	1,17	1,12
Спиновая плотность на атомах (q_s)	2,95	4,84	2,95	3,84	2,95	3,83

Из табл. 3 видно, что в биядерном комплексе II на озоне спиновая

плотность составляет 1,01, т.е. наблюдается частичный перенос неспаренного электрона с иона Mn^{2+} (d^5) на атом кислорода в молекуле озона.

При распаде биядерного озонсодержащего комплекса II в интермедиате окисления III на атоме кислорода спиновая плотность составляет 0,93 (см. табл. 2). Эти данные свидетельствуют о стабилизации окисленного состояния марганца (III) в интермедиате окисления, который обладает высокой окислительной способностью.

Таблица 3
Рассчитанная спиновая плотность (q_s) и заряды на атомах (q_e) кислорода озона в комплексах I-III

Атомы кислорода в молекуле O_3	Озонированный биядерный аквакомплекс		Интермедиат окисления	
	Заряды на атомах (q_e)	Спиновая плотность на атомах (q_s)	Заряды на атомах (q_e)	Спиновая плотность на атомах (q_s)
1	-0,35	0,76	-0,30	0,93
2	0,06	0,77	-	-
3	0,15	1,00	-	-

Выводы

Квантово-химическим методом функционала плотности DFT/B3LYP с использованием базиса LANL2DZ для оболочек атомов переходных элементов и 6-31G** для остальных элементов проведены расчеты молекулярных и электронных структур биядерного, озонированного биядерного аквакомплекса хрома (III) и марганца (II) с сульфатным мостиковым лигандом и интермедиата окисления. Проведен анализ электронной и спиновой плотности биядерного аквасульфоккомплекса хрома (III) и марганца (II) в сравнении с озонированным аквасульфоккомплексом и интермедиатом окисления. На основании полученных результатов показана возможность окисления марганца (II) в марганец (III) в координационной сфере озонированного биядерного аквакомплекса хрома (III) и марганца (II), а также стабилизации окисленного состояния марганца в интермедиате окисления.

Список литературы

1. Тюпало Н. Ф. Реакции гетаренов с озоном (синтезы в ряду азинов и азолов, влияние растворителей и катализ). Дис. доктора хим. наук : 05.17.05 / Тюпало Николай Федорович. – Москва, 1987. – 360 с.
2. Ксенофонтова М. М. Окисление лигнинов озоном в присутствии ионов переходных металлов и перекиси водорода. Дис. канд. хим. наук : 02.00.15 / Ксенофонтова Марина Михайловна. – Москва, 2003. – 123 с.
3. Proc. 2nd International IUPAC Conference on Green Chemistry. 14-20 september. – Moscow: M.V. Lomonosov Moscow State University, 2008. – P. 30.
4. О механизме каталитического окисления соединений трехвалентного хрома озоном / Н. Ф. Тюпало, В. А. Якоби, Н. В. Бернашевский [и др.] // Украинский химический журнал. – 1977. – Т. 42. - № 6. – С. 628 – 632.
5. Бондарь В. В. Квантово-химическое исследование взаимодействия аквакомплексов Cr(III), Mn(II,III), Co(III) с озоном / В. В. Бондарь, Н. Ф. Тюпало, И. И. Захаров // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – № 4. – С. 108 – 111.

6. Rouvray D. H. Complexity in Chemistry: Introduction and Fundamentals / D. H. Rouvray, D. Bonchev. – London : Taylor & Francis, 2003. – 210 p.
7. Квантово-хімічне трактування можливості утворення біядерного аквакомплексу у водних розчинах сульфатної кислоти / В. В. Бондар, О. І. Захарова, Ю. Б. Висоцький [та ін.] // Український хімічний журнал. – 2009. – Т. 75. – № 10. – С. 90 – 94.
8. Becke A. D. Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior / A. D. Becke // Phys. Rev. – 1988. – А 38. – P. 3098 – 3100.
9. Lee C. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a function of the electron density / C. Lee, W. Yang, R. G. Parr // Phys. Rev. – 1988. – В 37. – P. 785 – 789.
10. Becke A. D. Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange / A. D. Becke // J. Chem. Phys. – 1993. - Vol. 98. – P. 5648 – 5652.
11. Hay P. J. Ab initio effective core potential for molecular calculations / P. J. Hay, W. R. Wadt // J. Chem. Phys. – 1985. – Vol. 82. – P. 270 – 310.
12. Gaussian 92/DFT - Revision G.2. / Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B. et al. – Pittsburgh : Gaussian Inc., 1993.
13. Foresman J. B. Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods / J. B. Foresman, A. Frisch. – USA : Gaussian, Inc. Pittsburgh, 1996.
14. Неэмпирические расчеты взаимодействия аквакомплекса Fe^{2+} с молекулярным озоном / И. И. Захаров, О. И. Колбасина, Т. Н. Семенюк [и др.] // Журнал структурной химии. – 1994. – Т. 35. – №2. – С. 32 – 39.
15. Лунин В. В. Физическая химия озона / В. В. Лунин, М. П. Попович, С. Н.Ткаченко. – Москва : Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.

УДК 66.065:546.74:536.777

М.А. Ожередова, В.О. Суворін

ВПЛИВ СКЛАДУ НІКЕЛЬВМІСНИХ РОЗЧИНІВ НА ТЕРМОДИНАМІЧНУ ЙМОВІРНІСТЬ ПРОЦЕСУ ЇХ ОСАДЖЕННЯ

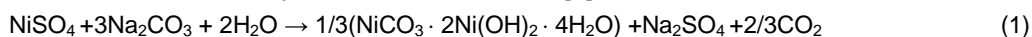
Наведена оцінка впливу умов на термодинамічну ймовірність перебігу реакцій утворення та осадження нікелю з відпрацьованих розчинів. Визначена мінімальна концентрація солей нікелю за якою перебігає хімічне знешкодження відпрацьованих нікельвмісних розчинів. Рис. 2, дж. 5.

Одним із джерел забруднення навколишнього середовища підприємств металургійного комплексу, виробництв каталізаторів, надтвердих матеріалів, неорганічних пігментів є відпрацьовані нікельвмісні розчини. Їх скиди за об'ємом становлять 2 - 3% від загальної кількості стічних вод, а за загальним вмістом забруднень, що скидаються, досягає 40 - 70% [1]. Існуючі промислові способи знешкодження стоків засновані на нейтралізації кислих стоків лужними. В результаті такого знешкодження утворюються осади, що представляють собою суміш карбонатів, гідроксокарбонатів, гідроксидів, хроматів кольорових металів. Подальша утилізація таких осадів надзвичайно ускладнена, внаслідок чого тисячі тонн сполук кольорових металів направляються у відходи [2].

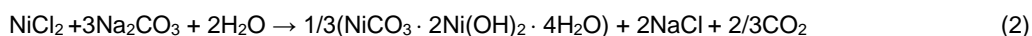
Реальними, безвідходними гальванічними процесами, що отримали широке розповсюдження, є процеси з роздільним (локальним) знешкодженням

рідких відходів з регенерацією металів, або використанням осадів сполук металів в інших виробництвах. З локальних систем найбільш прості і доступні системи з реагентною переробкою локального стоку [1]. При використанні як осаджувача розчину карбонату та гідрокарбонату натрію в таких процесах утворюється важкорозчинний осад, як правило, гідроксиду (карбонату чи гідроксокарбонату) металу, а розчин насичується хлоридом або сульфатом натрію. Для визначення теоретично можливої залишкової концентрації солей кольорових металів після хімічного знешкодження відпрацьованих розчинів проведено аналіз впливу концентрації хлориду і сульфату нікелю у цих розчинах на термодинамічну ймовірність осадження нікелю з цих розчинів.

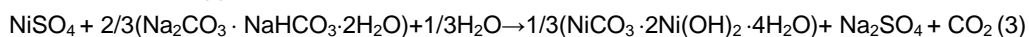
Експериментальна частина. В основу досліджуваного процесу хімічного осадження покладені реакції, що наведені в [3]:



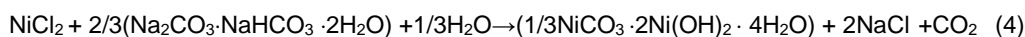
$$\Delta G_1 = - 138,22 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G_2 = - 159,55 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G_3 = - 134,27 \text{ кДж/моль}$$



$$\Delta G_4 = - 155,59 \text{ кДж/моль}$$

Для підтвердження термодинамічної ймовірності реакцій 1 - 4 були проведені термодинамічні розрахунки в системах: $\text{NiCl}_2\text{-H}_2\text{O-Na}_2\text{CO}_3$, $\text{NiSO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_2\text{CO}_3$, $\text{NiCl}_2\text{-H}_2\text{O-Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{NaHCO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4\text{-H}_2\text{O-Na}_2\text{CO}_3\cdot\text{NaHCO}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Розрахунок енергії Гіббса і рівноважного ступеню перетворення, а також поправки, що враховує відхилення властивостей реальних електролітів від ідеальних, проведено за методом А.Б. Здановського за спеціальною програмою [3]. В основу розрахунку покладено рівняння:

$$\Delta G_{T,P,C} = \Delta G_T^0 + RT \ln K_a + RT \ln K_f,$$

де ΔG_T^0 - стандартна енергія Гіббса;

$\Delta G_{T,P,C}$ - енергія Гіббса реакції при реальних T, P, C;

$RT \ln K_a$ - поправка, що враховує відхилення властивостей реальних електролітів від ідеальних [4].

$$K_a = \frac{\prod_k \left(\frac{C_{\text{м.в.к.}} \cdot \gamma_k^* C_{\text{м.в.к.}}^*}{\sum_{j=1}^n \nu_j (C_{\text{м.в.к.}})_j} \right)^{d_k}}{\prod_H \left(\frac{\sum_{j=1}^d \nu_j (C_{\text{м.в.н.}})_j}{C_{\text{м.в.к.}} \cdot \gamma_k^* C_{\text{м.в.к.}}^*} \right)^{d_H}}$$

d – число електролітів в багатокомпонентному розчині;

$C_{\text{м.в.н.}}^*$, $C_{\text{м.в.к.}}^*$ - концентрація бінарних ізопієстичних розчинів вихідних речовин та продуктів реакції відповідно;

γ_i^* - коефіцієнти активності бінарних розчинів при концентрації $C_{\text{м.в.}}^*$;

$RT \ln K_f$ - поправка, що враховує тиск, склад газової фази та відхилення властивостей реальних газів від ідеальних [4].

$$K_f = \left(\frac{P}{\sum N} \right)^{\Delta n} \frac{\prod_k N_k^{n_k}}{\prod_n N_n^{n_n}} \frac{\prod_k \gamma_k^{n_k}}{\prod_n \gamma_n^{n_n}}$$

P – тиск,

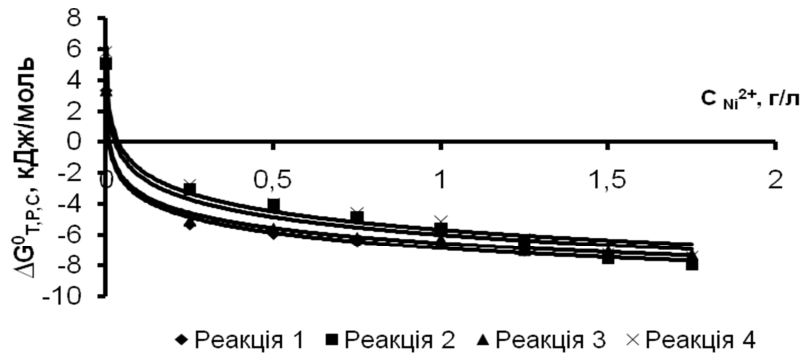
N – сума фактичного числа молей;

γ_i – активність реального газу;

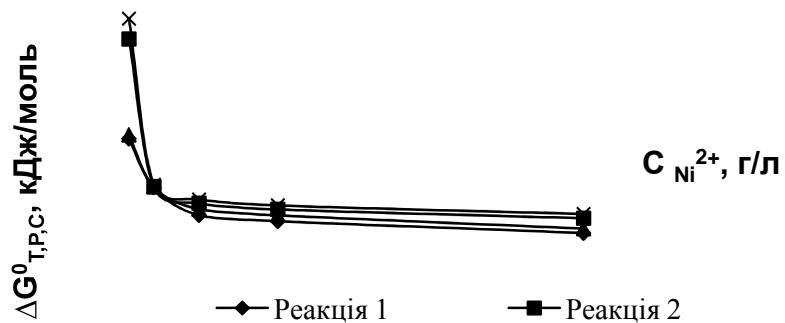
Δn – різниця суми стехіометричних коефіцієнтів.

При проведенні розрахунків приймали концентрацію розчину осаджувача 200 г/л, концентрацію хлориду і сульфату нікелю (II) змінювали в межах 0,1 - 150 г/л, температура 293 К, тиск 1 атм.

Результати розрахунків наведено на рисунках 1, 2.



а)



б)

Рис. 1. Залежність $\Delta G^0_{T,P,C}$ реакції від концентрації відпрацьованого нікельвмісного розчину:

а) низькоконцентровані розчини; б) висококонцентровані розчини

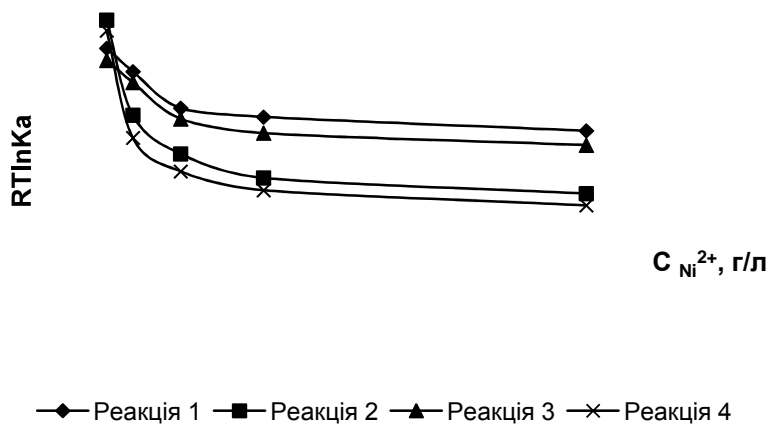


Рис. 2. Залежність поправки $RT\ln K_a$ реакції від концентрації відпрацьованого нікельвмісного розчину

Обговорення результатів. Розрахунок показав, що для висококонцентрованих розчинів в інтервалі концентрацій сульфату і хлориду нікелю (II) від 150 до 2 г/л чисельне значення ізобарно-ізотермічного потенціалу за абсолютною величиною зменшується від -138,22 до -2,5 кДж/моль і від -159,5 до -2 кДж/моль відповідно.

Оскільки зміна знаку і найбільший вплив поправки K_a перебуває в інтервалі концентрацій солей нікелю 0,1 - 2 г/л, то на рис. 1, 2 наведені результати розрахунку саме для цього інтервалу концентрацій.

Врахування впливу початкової концентрації Ni^{2+} показав, що для висококонцентрованих розчинів осадження припиняється при досягненні концентрації близько 160 мг/л солей нікелю (II); а для низькоконцентрованих розчинів залишкова концентрація іонів нікелю (II) становить 0,07 мг/л.

Зі зменшенням концентрації іонів нікелю (II) у розчині, особливо при концентрації хлориду і сульфату нікелю (II) менше 2 г/л, відбувається зниження термодинамічної ймовірності протікання процесів його осадження через різке збільшення чисельного значення поправки $RT\ln K_a$ (рис. 2).

Згідно з результатами розрахунку в інтервалі концентрацій розчинів $150 \pm 0,2$ г/л чисельне значення поправки збільшується від 6,5 до 15,7 кДж/моль для сульфату нікелю (II) і від -1,4 до 13,8 кДж/моль - для хлориду нікелю (II). Поправка $RT\ln K_f$ в цих умовах практично не змінюється і залишається на рівні 7,5 кДж/моль.

Найбільш значний вплив на ізобарно-ізотермічний потенціал поправка $RT\ln K_a$ надає в інтервалі концентрацій 0 - 2 г/л (значення $\Delta G_{T, P, C}$ зменшується на 60-70%) для всіх розчинів. В інтервалі концентрацій 2 - 150 г/л поправка має менший вплив, оскільки від'ємне значення $\Delta G_{T, P, C}$ зменшується на 30% для сульфатного концентрованого розчину і на 40% для хлоридного. Такий вплив поправок в досліджуваному інтервалі концентрацій сульфату нікелю (II) може бути пояснено наступним. Активність іонів сульфату нікелю (II) у водному розчині зменшується від 0,7 до 0,038. Активність же хлориду нікелю (II) в інтервалі концентрацій від 0 до 2 г/л трохи знижується від 0,523 до 0,46, а при подальшому збільшенні концентрації хлориду нікелю (II) від 2 до 150 г/л активність іонів нікелю (II) навпаки зростає до 0,7. Крім того, при зниженні концентрації іонів

нікелю (II) у розчині відбувається збільшення концентрації хлориду і сульфату натрію (I). Причому активність їх в цьому інтервалі концентрацій зменшується у сульфаті натрію на 55%, а у хлориді натрію - на 16%. Активність води у всьому зазначеному інтервалі концентрацій розчинів знижується від 1 до 0,95 для сульфату нікелю (II) і до 0,8 для хлориду нікелю (II).

Концентрації, що реально досягаються при проведенні експериментів по осадженню іонів нікелю (II) з відпрацьованих висококонцентрованих розчинів, становлять 167 мг/л для хлоридного концентрованого розчину і 180 мг/л для сульфатного концентрованого розчину [5], а з низькоконцентрованих розчинів - 0,2 мг/л. Недосягнення «рівноваги» становить 7 і 11%, відповідно для хлориду і сульфату нікелю (II).

Висновки. Таким чином, термодинамічними розрахунками показано, що в процесах хімічного знешкодження відпрацьованих нікельвмісних розчинів насиченими розчинами карбонату та гідрокарбонату натрію при $T = 293 \text{ K}$ і $P = 1 \text{ атм}$ неможливо отримати залишкову концентрацію сульфату нікелю 160 мг/л і 155 мг/л хлориду нікелю при їх початкової концентрації 150 г/л.

Список літератури

1. Зубченко В. Л. Гибкие автоматизированные гальванические линии / В. Л. Зубченко, В. И. Захаров, В. М. Михайлович. - Л. : Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Гребенюк В. Д. Состояние и перспективы развития методов очистки сточных вод гальванических производств / В. Д. Гребенюк, Т. Т. Соболевская, А. Г. Махно // Химия и технология воды. - 1989. - № 5. – С. 407 - 421.
3. Суворин А. В. Программная реализация термодинамических расчетов в химической технологии / А. В. Суворин, А. М. Ларгина, О. П. Михайлина, М. А. Ожередова // Системы контроля и управления технологическими процессами : сб научных статей – Луганск, 2006. – С. 434 - 436.
4. Позин М. Е. Физико–химические основы неорганической технологии / М. Е. Позин, Р. Ю. Зинюк. – Л. : Химия, 1985. – 384 с.
5. Ожередова М. А. Осаждение никеля из отработанных электролитов электрохимического никелирования / М. А. Ожередова, А. В. Суворин // Вопр. химии и хим. технологии. – 2005. - № 5. - С. 207 - 211.

УДК 542.943

І.В. Кравченко

ДЖЕРЕЛА ОПРОМІНЕННЯ NO₂ ДЛЯ ОТРИМАННЯ O('D)

Показана можливість синтезу по фотоокисненням азоту повітря оксидом нітрогену (IV) з виходом 17-18% в умовах опромінення реакційної суміші ртутними лампами ПРК-2 та ПРК-4. Запропоновано діапазон довжин хвиль, що забезпечує збільшення виходу продукту. Табл.2, рис.1, дж.11.

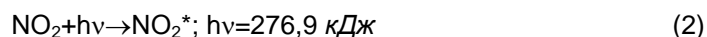
Метою роботи є розробка метода отримання нітратної кислоти на основі процесу газофазного фотоокиснення азоту повітря до NO оксидом нітрогену (IV) без використання амоніаку.

Раніше [1] показано, що в лабораторних умовах молекулярний азот можна окиснити до N_2O й далі до NO збудженням атому кисню до конфігурації $O(^1D)$, який утворюється як проміжна речовина при фотолізі NO_2 або O_2 . Оксид нітрогену (IV) є доступним реагентом і під час фотолізу за реакцією з азотом відновлюється до NO . Останній порівняно легко окиснюється киснем і, таким чином, його можна повернути в цикл.

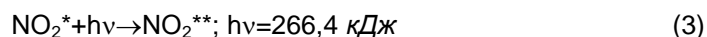
Враховуючи здатність NO_2 до послідовного поглинання фотонів різних енергій, автори роботи [2] з метою отримання $\dot{O}H$ -радикалів за реакцією



досліджували процес когерентного імпульсно-лазерного опромінення NO_2 . Спочатку при опроміненні фотонами 432 нм отримували метастабільні молекули збудженого стану:



Потім, в період часу, недостатній для дезактивації при переході в основний стан, збуджений NO_2^* знову опромінювали фотонами 449 нм:



Молекула NO_2^{**} , що утворюється, є нестійкою, і одразу дисоціює з утворенням атому кисню збудженого стану $O(^1D)$:



Авторами роботи [2] було встановлено, що енергії хвилі $\lambda = 435 \text{ нм}$ (275,0 кДж) достатньо як для переходу (2), так і для переходу (3). Енергії хвилі $\lambda = 532 \text{ нм}$ (224,9 кДж) для другого поглинання фотону і утворення $O(^1D)$ виявилось вже недостатньо.

Атом кисню конфігурації $O(^1D)$ окиснює азот за термічною бімолекулярною реакцією приєднання з утворенням закису нітрогену:

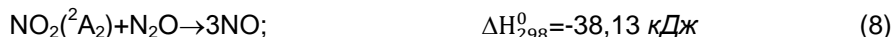


Атом кисню $O(^1D)$ окиснює також і закис нітрогену за термічними бімолекулярними реакціями [3]:



З реакцій (2-6) видно, що з однієї молекули NO_2 може утворитись один атом $O(^1D)$, який взаємодіє з однією молекулою N_2 , з утворенням двох молекул NO , а далі - двох молекул NO_2 . Тобто, якщо кількість молекул N_2 приймати за 100%, то теоретично можна отримати NO_2 на рівні 200%. Таким чином, взагалі здійснюється метод фотохімічного зв'язування молекулярного азоту за бруто-реакцією $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$.

Для спрощення процесу в реакціях (6,7) як окиснювач можна використовувати $NO_2(^2A_2)$ третього збудженого стану [4]:



Для промислових потужностей використання когерентного (анізотропного лазерного) опромінення недоцільно, тому для впровадження підходить тільки азеотропне некогерентне опромінення.

У роботі [1] джерелом опромінення була ртутна лампа ПРК-4, а в даній роботі - ПРК-2, спектральні характеристики яких наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Робочі спектри ртутних ламп прк

ПРК-4 [5]				ПРК-2 [6]		
Довжина хвилі, λ , <i>нм</i>	Хвильове число, ω , <i>см⁻¹</i>	Енергія, $h\nu$, <i>кДж-моль⁻¹</i>	Відносна енергія, %	Довжина хвилі, λ , <i>нм</i>	Хвильове число, ω , <i>см⁻¹</i>	Енергія, $h\nu$, <i>кДж-моль⁻¹</i>
253,7	39416,6	471,54	25,9	365/366,3	27349	327,2
265,2/265,5	37686,1	550,84	23,4	390,6	25602	306,3
280,4	35663,3	426,64	10,3	398,4	25100	300,3
289,4	34554,3	413,37	5,05	404,7/407,8	24615	294,5
296,7	33704,1	403,20	14,3	410,8	24343	291,2
302,2/302,8	33057,9	395,47	31,3	433,9	23005	275,7
312,6/313,2	31959,1	382,33	68,0	434,8	22999	275,1
365/366,3	27348,6	327,17	100	435,8	22945	274,5
404,5/407,8	24621,4	294,54	36	491,6	20342	243,3
546,1	18311,7	219,06	71,8	546,1	18312	219,1
				577	17331	207,3
				579,1	17268	206,6

Лампами освітлювався кварцовий реактор, через який просмоктувалась газова суміш повітря та NO₂. Результати синтезу NO із застосуванням цих ламп виявились практично ідентичними, наприклад, при використанні двох ламп ПРК-4 додатково утворилося 10% NO₂, а двох ламп ПРК-2 – 9,87%. Оптимальна кількість ламп склала чотири, у цьому разі виходи NO₂ складали 17-18%. Таким чином, не весь діапазон довжин хвиль ламп ПРК приймає участь у корисному процесі фотохімічного синтезу NO, а це значить не всі взаємодії опромінення з молекулами NO₂ призводять до синтезу O(¹D).

Диоксид нітрогену NO₂ може існувати у трьох збуджених метастабільних станах, структури та термодинамічні дані яких визначені раніше [7] і представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Дані електронної структури та термодинамічних параметрів для по₂ різних електронних станів

Молекулярна система (електронний стан)	Геометричні дані (<i>A</i> , град)	$\Delta_r H^\circ_{298}$, <i>кДж-моль⁻¹</i>	S°_{298} , <i>Дж-моль⁻¹·К⁻¹</i>	$C^\circ_{p,298}$, <i>Дж-моль⁻¹·К⁻¹</i>	λ , <i>нм</i> для збудження [8]
NO ₂ (² A ₁) основний стан	$r(N-O)=1,193$ $\angle ONO=134,1$	34,19	240,17	36,7	-
NO ₂ (² B ₂) 1-ий збуджений стан	$r(N-O)= 1,254$ $\angle ONO=101,85$	130,7	244,0	40,16	872
NO ₂ (² B ₁) 2-ий збуджений стан	$r(N-O)= 1,195$ $\angle ONO=179,90$	188,6	192,12	39,4	545,6
NO ₂ (² A'') 3-ий збуджений стан	$r(N-O1)=1,5075$ $r(N-O2)=1,1562$ $\angle ONO=110,01$	229,9	254,1	42,7	430

Порівнюючи дані таблиць 1 і 2, спостерігаємо, що при опроміненні диоксиду нітрогену лампою ПРК-2 з $\lambda=579-577$ *нм* має утворитися NO₂ першого збудженого стану. Опромінення лампами як ПРК-2, так і ПРК-4 з $\lambda=546-492$ *нм* призводить до утворення NO₂ другого збудженого стану.

За даними [2] двохступеневе результативне опромінення забезпечується:

1) Поглинанням квантів $\lambda=432$ нм (276,9 кДж) і $\lambda=449$ нм (266,4 кДж), тобто сумарною енергією 543,3 кДж;

2) Поглинанням двох квантів $\lambda=435$ нм (275,0 кДж), тобто сумарною енергією 550 кДж.

За даних табл.1 при використанні лампи ПРК-2, якщо енергію утворення NO_2 першого збудженого стану $\lambda=546,1$ нм (219,06 кДж) додати до максимальної енергії 404,7 нм (295,6 кДж), то сумарна енергія дорівнює 514,7 кДж, що менше необхідної 543,3 кДж. Тобто NO_2 першого збудженого стану не можуть приймати участі в утворенні атомів $\text{O}(\text{D})$.

При використанні ламп ПРК-2 і ПРК-4, якщо енергію утворення NO_2 другого збудженого стану $\lambda=546,1$ нм (219,1 кДж) додати до максимально можливих енергій $\lambda=404,5$ нм (295,7 кДж), то сумарна енергія може досягти величини 539 кДж, тобто близької до мінімальної 543,3 кДж. Однак NO_2 другого збудженого стану має лінійну будову, а відстані N-O1 і N-O2 однакові, тобто NO_2 другого збудженого стану є неактивним, його реакційна здатність практично такаж як і молекули основного стану, такі молекули не беруть участі в утворенні атомів $\text{O}(\text{D})$.

Мінімально можлива енергія поглинання двох фотонів молекулою NO_2 при використанні лампи ПРК-4 $\lambda=407,8$ нм складає 293,75 кДж (сумарна - 586,7 кДж), а при використанні лампи ПРК-2 $\lambda=435,8$ нм (275,5 кДж) – 549 кДж, що відповідає даним роботи [2].

У [9] за допомогою лазерного опромінення NO_2 в інтервалі переддисоційного діапазону 399-416 нм вивчався час життя збуджених молекул. Спостерігали, що метастабільні молекули NO_2 за періодами життя можна розбити на 3 групи: 35-42, 80-120 й порядку 0,1 мікросекунди. При опроміненні в діапазоні 423-462 нм групи збуджених молекул мали час життя 39-48, 1-6 й порядку 0,1 мікросекунди відповідно. Цим групам відповідають наступні метастабільні збуджені стани: перше - $\text{NO}_2(^2\text{B}_2)$, друге - $\text{NO}_2(^2\text{B}_1)$ та третє - $\text{NO}_2(^2\text{A}_2)$, що виникають з основного стану $\text{NO}_2(^2\text{A}_1)$ [10]. Позначення NO_2^* у переходах (2) і (3) відноситься до 3-го збудженого стану $\text{NO}_2(^2\text{A}_2)$.

З даних спектрів випромінювання та ідентичних результатів окиснення N_2 до NO можна зробити висновок, що при використанні лампи ПРК-4 корисними довжинами хвиль були 407,8-405,2 нм, а при ПРК-2 довжини хвиль від 435,83 до 404,7 нм. При $\lambda=398$ нм й до 365-253,7 нм здійснюється фотоліз $\text{NO}_2+h\nu\rightarrow\text{NO}+\text{O}(\text{P})$, продукти якого не окиснюють N_2 . Отже, для підвищення виходу NO фотоокисненням N_2 бажано в ртутних лампах проміні з довжинами хвиль більше 491,6 нм та менше 398 нм видалити, що можна досягнути застосуванням відповідних світлофільтрів, або застосуванням інших типів ртутних ламп, в яких дана умова виконується. Як ефективне джерело випромінювання пропонується використовувати ртутну лампу ДРТ-125, робочий спектр якої наведено на рисунку.

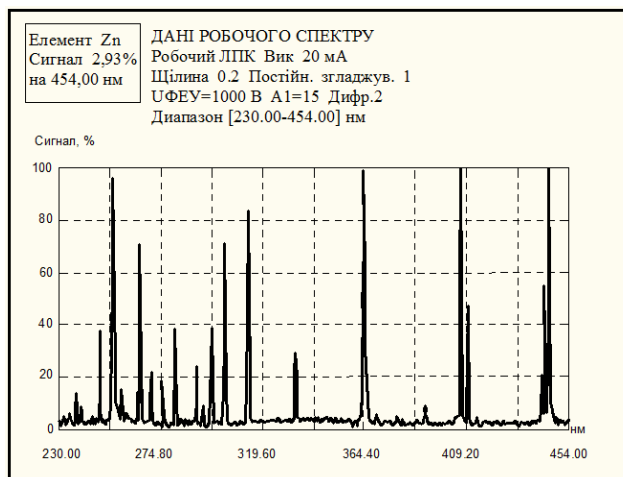
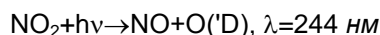


Рис.1. Робочий спектр ртутної лампи дрт-125

В цьому спектрі з невеликою відносною енергією (до 11%) є довжини хвиль від 244 нм до 230 нм, що сприяють безпосередньому утворенню атома O('D) фотолізом NO₂ основного стану [11]:



Використання ламп ДРТ-125, спектр яких визначено на спектрофотометрі «Сатурн-3» за допомогою квантового лічильника з флуоресцентним перетворювачем, дозволило отримати значно більший вихід NO₂, ніж при використанні ламп ПРК-2 та ПРК-4.

Таким чином, проведеними експериментами фотоокиснення азоту повітря до оксиду нітрогену (II) оксидом нітрогену (IV) при опроміненні реакційної суміші ртутними лампами ПРК-2 та ПРК-4 показана можливість отримання NO з виходом 17-18%. Порівняння результатів дослідів та робочих спектрів ламп ПРК дозволило сформулювати пропозицію щодо бажаного діапазону довжин хвиль, досягнути якого можна застосуванням світлофільтрів або інших ртутних ламп, це дозволить значно збільшити вихід продукту.

Список літератури

1. Петров А.Д., Кравченко І.В., Дишловий В.І. До питання синтезу збуджених атомів кисню O('D) фотолізом NO₂ // Матеріали регіональної науково-практичної конференції «Майбутній науковець-2011», ч.1. – Сєверодонецьк: ТІ СНУ ім.В.Даля, 2011. – С.132-135.
2. John N. Crowley. OH Formation in the Photoexcitation of NO₂ beyond the Dissociation Threshold in the Presence of Water Vapor / John N. Crowley and Shaun A.Carl // J.Phys. Chem. A 1997, 101, 4178-4184.
3. Леонтьев А.В. Современная химия оксида азота (I) / А.В.Леонтьев, О.А.Фомичева, М.В.Проскурнина, Н.С.Зефиоров // Успехи химии, 2001. – 70 (№2). – С.107-121.
4. Кравченко І.В. Окисление N₂ и N₂O оксидом азота (IV) // Сєверодонецьк: Вісник СНУ ім.В.Даля, 2011. -№10(2). – С.56-59.
5. Экспериментальные методы химической кинетики. Фотохимия: Учебное пособие / Под ред. Н.М.Эмануэля и М.Г.Кузьмина. – М.: Изд. МГУ, 1985. – С.225-276.
6. Практикум по физической химии / Под ред. Н.К.Воробьева. – М.: Химия, 1975. – 368с.

7. Кравченко И.В. Исследование реакционной способности диоксида азота в окислительных процессах. / Кравченко И.В., Дышловой В.И., Захарова О.И., Захаров И.И. // Вісник НТУ «ХПІ», - Харків: НТУ «ХПІ». – 2006.-№ 11. – с.75-82.
8. Кравченко И.В. К вопросу о сосуществовании NO₂, NO и O₂ // Харьков: «ХПИ», 2011. - Интегрированные технологии и энергосбережение. - №2. – С.64-71.
9. V.Sivakumaran, K.P.Subramanian and Vijay Kumar. Lifetime measurement of NO₂ at 423-462 nm. Lifetime measurement of NO₂ in the predissociation region 399-416 nm// Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. – 2001. – V.69, №4. – P.513-524.
10. Кравченко И.В. Оценка времени жизни возбужденных частиц / И.В.Кравченко, В.И.Дышловой, Н.А.Бережная, Н.Ф.Тюпало // Северодонецк: Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2010. - №6 (148), ч.2. – С.51-56.
11. Chemical Kinetics and Photochemical Data for Use in Atmospheric Studies/ Evaluation № 17 / NASA Panel for Data Evaluation // June 10, 2011. – P.4A – 4.

УДК 541.127:542.943

А.Г. Галстян, В.П. Шапкін, В.В. Денисов

ОДЕРЖАННЯ ХІНОНІВ ОКИСНЕННЯМ АРЕНІВ ОЗОНОВАНИМИ СПОЛУКАМИ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ

Показана можливість використання озону для регенерації Cr(III), в Cr(VI) з подальшим поверненням отриманих кислих розчинів Cr(VI) на стадію окиснення аренів. Регенерацію здійснювали шляхом обробки стічних вод озоні повітряною сумішшю в присутності каталізатора – манган(II) сульфату. Вивчено кінетичні закономірності озонування Cr(III) в присутності манган(II) сульфату в сульфатній кислоті, запропоновано схему каталітичного окиснення. Рис.6, Табл. 2, Джер. 10.

У промисловості хінони одержують окисненням аренів хромовою кислотою, пероксидом гідрогену, киснем повітря тощо [1,2]. У всіх випадках процес перебігає в складних умовах з невеликим виходом відповідного хінону. Легше утворюються хінони окисненням фенолів, ароматичних амінів або діамінів [3]. Зазвичай як окисник використовуються хромово кислота та калій нітрозодисульфат (сіль Фермі) [3].

Озон, як окисник аренів до хінонів, може застосовуватись лише для поліциклічних аренів. В реакціях з бензолом, нафталіном та його похідними він навіть в присутності солей перехідних металів швидше атакує С-С-зв'язок ароматичного кільця з подальшим його руйнуванням [4]. У випадку гідрокси- і аміноаренів озон витрачається лише за вільною парою електронів гетероатома замісника, що також запобігає утворенню хінонів [4].

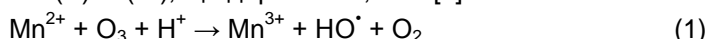
Метою даної роботи є пошук умов, за якими окиснення аренів озоном відбувалось би з утворенням хінонів.

Нами показано, що за умов, коли перехідні метали швидко окиснюються озоном [5], а окиснена форма металу селективно окиснює ацени до хінонів, можлива реалізація методу – одержання хінонів шляхом двостадійного окиснення аренів: на першій стадії Cr(III) окиснюється озоном з утворенням

озонованих сполук хрому - Cr(VI)), і на другій – арен окиснюється озонованими сполуками хрому. Реалізація такої технології, на наш погляд, сприятиме розробці безвідходної технології одержання хінонів окисненням аренів хромовою кислотою.

На модельних системах було показано [6,7,8], що окиснення Cr(III) озonom у сульфатній кислоті перебігає дуже повільно ($k = 5 \cdot 10^{-5} \text{ л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{с})^{-1}$) і зупиняється вже на початку реакції. Введення в систему добавок манган(II) сульфату значно прискорює реакцію і сприяє окисненню Cr(III) до Cr(VI) з кількісним виходом. На швидкість окиснення Cr(III) і вихід Cr(VI) істотно впливає температура: до 303 K зростання її на кожні 10 K призводить до збільшення швидкості окиснення у два рази, при подальшому підвищенні температури така залежність виявляється у меншій мірі, а при 353 K і вище – відсутні взагалі, що пов'язано з термічним розкладом озону [9]. Максимальна швидкість окиснення Cr(III) досягається при концентрації сульфатної кислоти 0,6-1,0 моль·л⁻¹.

Здатність мангану до каталізу реакцій окиснення хрому витікає з двох причин: по-перше, він швидко окиснюється озonom ($k = 1,8 \cdot 10^3 \text{ л} \cdot (\text{моль} \cdot \text{с})^{-1}$; 20 % сульфатна кислота [5]), по-друге, на відміну від інших металів, окиснювально-відновний потенціал пари Mn(IV)/Mn(III) складає 1,51 В приблизно на 0,4 В перевищує потенціал пари Cr(V)/Cr(IV), що дорівнює 0,56 В [9]:



Утворений за реакцією (1) гідроксильний радикал також реагує з хромом(III) з утворенням хрому(IV).



Але більш імовірним є маршрут через стадію окиснення Cr(IV) манганом(III) (4), який далі окиснюється за схемою з утворенням Cr(VI) і регенерацією каталізатора:



Таким чином, найкращі результати окиснення Cr(III) до Cr(VI) озonom отримані при температурі 353 K в присутності каталізатора – манган(II) сульфату в сульфатній кислоті за концентрацією 0,6-1,0 моль·л⁻¹.

Далі, для проведення дослідних робіт спочатку було отримано 4-бензохінон за відомою методикою окисненням амінобензолу натрій дихроматом [10]. Фільтрат, що утворився в процесі синтезу 4-бензохінону, має склад: хрому(III) сульфат – 16,1 г (0,31 моль·л⁻¹); натрій сульфат – 7,6 г; сульфатна кислота (8,2%-на) – 16,5 г; вода – 162,8 г. Його завантажують у скляну колонку з пористою перетинкою, додають 0,46 г (0,02 моль·л⁻¹) манган(II) сульфату і при температурі 353 K пропускають 9 год через розчин озонופовітряну суміш зі швидкістю 30 л·год⁻¹, що містить 0,63% об. озону. Перебіг процесу контролюють за концентрацією Cr(VI).

По закінченні озонування Cr(III) з розчину відганяють 24 мл води і отримують розчин озонованих сполук хрому і мангану масою 190,9г за складом, ідентичним до розчину, що використовується на стадії окиснення амінобензолу натрій дихроматом [10], а також озоновані сполуки мангану: натрій дихромат – 14г (0,336 моль·л⁻¹); 19,6%-на сульфатна кислота – 37,4г (2,4 моль·л⁻¹); манган(III) сульфат – 0,46 г (0,02 моль·л⁻¹); вода – 139 г.

Кінетичні дослідження процесу озонування фільтрату, що містить Cr(III) показали, що у відсутності каталізатора – манган(II) сульфату, він окиснюється повільно (рис.1). Підвищення концентрації каталізатора призводить спочатку до зростання швидкості окиснення, а вже при концентраціях вищих за 0,2 моль·л⁻¹ практично не впливає на процес окиснення (рис.1). Цей факт пояснюється тим, що перетворення Cr(IV) у Cr(V) визначається співвідношенням швидкості конкуруючих реакцій окиснення (4) і відновлення (6). Підтвердженням цього є факт інгібування встановленого режиму окиснення Cr(III) добавками мангану(II) сульфату [9].

Накопичення Cr(VI) у фільтраті, що озонується, має таку ж температурну залежність, як і при озонуванні модельних розчинів: максимальна швидкість окиснення Cr(III) і вихід Cr(VI) спостерігається в інтервалі 353-373 K, при більш високих температурах починається термічне розкладання озону і накопичення Cr(VI) уповільнюється.

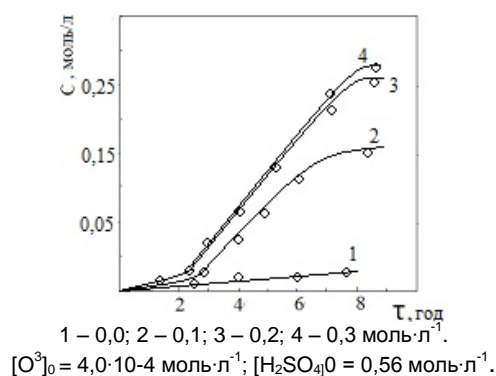


Рис.1 Вплив концентрації манган(II) сульфату на швидкість накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату, що містить Cr(III) при 353 K зі стадії окиснення аніліну натрій дихроматом.

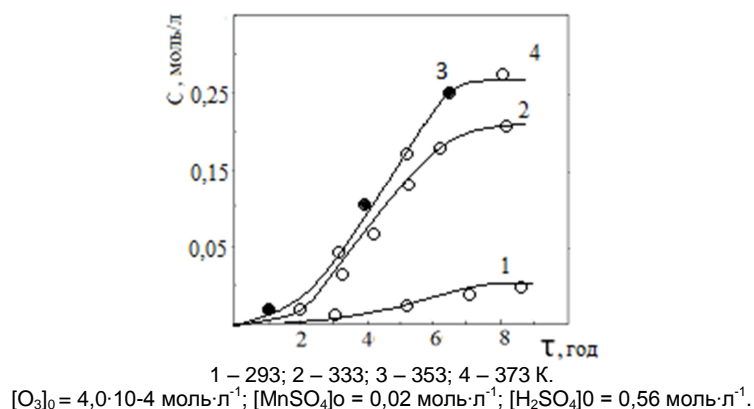


Рис. 2 Вплив температури на швидкість накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату, що містить Cr(III) зі стадії окиснення аніліну натрій дихроматом.

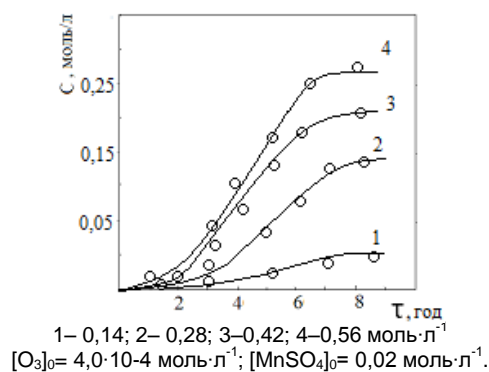
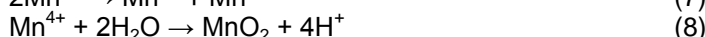


Рис. 3 Вплив концентрації сульфатної кислоти на швидкість накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату, що містить Cr(III) при 353 К зі стадії окиснення аніліну натрій дихроматом.

Максимальна швидкість утворення Cr(VI) досягається в інтервалі концентрацій сульфатної кислоти (0,6-1,0 моль·л⁻¹) (рис.3). Гальмування реакції при концентрації кислоти нижче за 0,6 моль·л⁻¹ є наслідком дезактивації каталізатора за реакціями:



Окиснення амінобензолу розчином озонованих сполук хрому і мангану проводили за наступною методикою: 4,6г амінобензолу додавали у розчин озонованих сполук хрому і мангану і при температурі 283К при працюючий мішалці витримували 16год. Як видно з таблиці 1 в досліді з використанням розчину озонованих сполук хрому і мангану вихід хінону залишався практично однаковим після двох повернень фільтрату, а після трьох – спостерігалось помітне зниження виходу. Зниження виходу хінону обумовлене втратами металів в процесі фільтрації.

Таблиця 1

Результати окиснення амінобензолу озонованими сполуками хрому і мангану. $[Na_2Cr_2O_7]_0 = 0,336$; $[MnSO_4]_0 = 0,02$; $[H_2SO_4]_0 = 2,4$ моль·л⁻¹; T=283 К.

№ досліді	Відшкодування втрат солей після фільтрації, моль·л ⁻¹		Вихід 4-бензохінону, %	Тпл, К
	Na ₂ Cr ₂ O ₇	MnSO ₄		
1	0,00	0,000	53,9	387,5-388,5
2	0,00	0,000	53,8	387,0-388,0
3	0,00	0,000	51,2	384,0-385,0
4	0,00	0,000	47,4	383,5-384,0
5	0,06	0,004	53,3	387,5-388,5
6	0,03	0,002	53,6	387,0-388,0

Аналогічним чином за допомогою озонованих сполук хрому і мангану синтезували 5-гідрокси-1,4-нафтохінон з 1,5-дигідроксинафталіну та 2-метил-1,4-нафтохінон з 2-метилнафталіну (табл. 2).

Озонований розчин перед використанням аналізували на вміст Cr(VI) і сульфатної кислоти, доводили при необхідності до їх оптимальних концентрацій. Окиснення субстрату ведуть за методикою, яка описана вище.

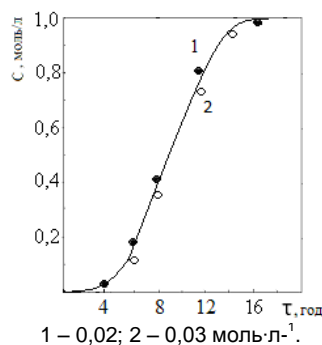
Озоновані розчини після концентрування були багаторазово використані в замкнутому циклі. Як видно з таблиці 2 в дослідах 2,3 і 7 спостерігалось зниження виходу хінону, що пов'язане з втратами мангану і хрому на стадії фільтрації, у зв'язку з цим Cr(VI) не повністю регенерується за регламентованим в досліді час озонування. Відшкодування втрат Cr(VI) (досліди 4,8 і 9) призводить до стабілізації виходу хінону на рівні 22 і 70 %.

Кінетичні особливості озонування маточників зі стадії фільтрації в синтезі 5-гідрокси-1,4-нафтохінону та 2-метил-1,4-нафтохінону аналогічні тим, що виявлені при окисненні амінобензолу (рис.1-3) з тією різницею, що тривалість озонування є вищою майже вдвічі. Це пов'язано з підвищеною концентрацією Cr(III) в маточниках (рис.4-6) і узгоджується з експериментальними даними, за якими швидкість озонування Cr(III) не залежить від його вихідної концентрації.

Таблиця 2

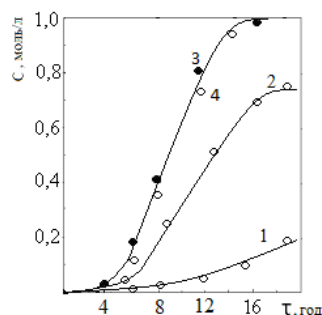
Вихід хінонів при окисненні 1,5-дигіроксинафталіну та 2-метил-нафталіну озонованими сполуками хрому і мангану в замкнутому циклі.

№ досліду	Відшкодування втрат солей після фільтрації, моль·л ⁻¹		5-гідрокси-1,4-нафтохінон, %	2-метил-1,4-нафтохінон, %
	Na ₂ Cr ₂ O ₇	MnSO ₄		
1	0,00	0,000	22,2	70,0
2	0,00	0,000	22,0	65,8
3	0,00	0,000	18,5	64,3
4	0,02	0,003	22,4	69,5
5	0,00	0,000	21,6	68,3
6	0,00	0,000	19,1	67,3
7	0,00	0,000	17,6	65,0
8	0,03	0,003	22,3	70,0
9	0,02	0,002	22,2	69,9



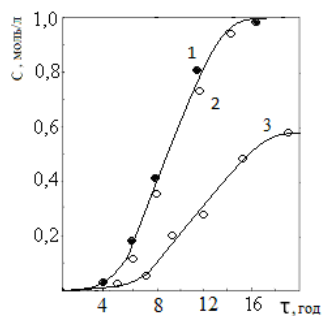
1 – 0,02; 2 – 0,03 моль·л⁻¹.
T=368 K; [O₃]₀= 4,0·10⁻⁴ моль·л⁻¹; [H₂SO₄]₀=0,22 моль·л⁻¹.

Рис. 4. Вплив концентрації манган(II) сульфату на накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату з синтезу 2-метил-1,4-нафтохінону.



1 – 293; 2– 333; 3 – 353; 4 – 373 K.
 $[\text{MnSO}_4]_0 = 0,02 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$; $[\text{O}_3]_0 = 4,0\cdot 10^{-4} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$; $[\text{H}_2\text{SO}_4]_0 = 0,55 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$.

Рис. 5. Вплив температури на накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату з синтезу 2-метил-1,4-нафтохінону.



1 – 0,22; 2 – 0,95; 3 – 1,11 моль·л⁻¹.
 $T = 368\text{K}$; $[\text{O}_3]_0 = 4,0\cdot 10^{-4} \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$; $[\text{MnSO}_4]_0 = 0,02 \text{ моль}\cdot\text{л}^{-1}$.

Рис. 6. Вплив концентрації H_2SO_4 на накопичення Cr(VI) при озонуванні фільтрату з синтезу 2-метил-1,4-нафтохінону.

Таким чином, показана можливість окиснення аренів до хінонів з використанням озону. Утворення хінонів за участю озону можна реалізувати за двостадійною схемою, за якою спочатку отримують озоновані сполуки перехідних металів, які потім використовують на окиснення вихідних аренів.

Запропонована методика може бути покладена в основу розробки безвідхідної технології одержання хінонів окисненням аренів сполуками шестивалентного хрому в середовищі сульфатної кислоти.

Список літератури

1. Беккер Р. Практикум по органической химии. Том 2. – Изд. Мир, 1979. – 448 с.
2. Коган И.М. Химия красителей. – М.: ГХИ, 1956. – 695 с.
3. ЗОбщая органическая химия. Том 2. Под ред. Н.К. Качеткова. – М.: Химия, 1982. – 856 с.
4. Разумовский С. Д., Заиков. Г. Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. – М.: Наука, 1974. – 322 с.
5. Галстян Г.А., Тюпало Н.Ф., Галстян А.Г. Жидкофазное каталитическое окисление ароматических соединений озоном. – Луганск: ВНУ им. В. Даля, 2009. – 415 с.

6. Тюпало Н.Ф., Якоби В.А., Бернашевский Н.В., Верховец Г.Н. О механизме каталитического окисления соединений трехвалентного хрома озоном // Укр.хим. журн. – 1977. – т. 43. – № 6. – с. 630.
7. Галстян Г.А., Якоби В.А., Галстян Т.М. Окисление соединений трехвалентного хрома озоном // Журн. прикл. хим. – 1975 – т. 48, №1. – с. 16
8. Тюпало Н.Ф., Бондарь В.В., Шаповалова И.Н. О механизме каталитического окисления Cr(III) озоном в сернокислой среде // Вісник СНУ.– 2011. – №10(164), 4.2 – с. 6.
9. Разумовський С. Д., Галстян Г.А., Тюпало Н.Ф. Озон та його реакції з аліфатичними сполуками. – Луганськ : СУДУ, 2000. – 318 с.
10. Гаттермани Л., Виланд Г. Практические работы по органической химии. 5-е изд., М.-Л.: ГНТИХЛ, 1948. – 516 с.

УДК 678.074:678.01

В.Т. Мякухіна, Г.В. Попенко, О.П. Шарун

ГУМОВА СУМІШ З ВИСОКОЮ АДГЕЗІЄЮ ДО ТЕКСТИЛЮ

Запропоновано застосування бромовмісного олігоестеру на основі адипінової кислоти, тетрабромфталевого ангідриду, триметилпропану та діетиленгліколю як інгредієнта гумової суміші на основі нестереорегулярного бутадієнметилстирольного каучуку. Показано, що введення запропонованого продукту забезпечує підвищення адгезії гуми до текстилю.

Переважає більшість гумових технічних виробів вміщує армувальні елементи з текстильних або металевих матеріалів. Частіше застосовують текстильні матеріали (нитки, тканину, прядіння тощо), бо вони дозволяють зберегти притаманну гумі гнучкість і надають суттєве зростання міцності.

Важливою проблемою створення армованих текстилем гумових технічних виробів є забезпечення високої адгезії гуми до армувального текстилю, для чого застосовують спеціальні модифікатори адгезії, які створюють на межі контакту підсилену взаємодію і запобігають розшаруванню вулканізованого гумотекстильного матеріалу. Як модифікатори застосовують фенолоформальдегідні смоли, сполуки резорцину з уротропіном, колоїдну кремнекислоту та ін. [1].

Наприкінці минулого століття за бурхливого розвитку полімерної хімії було створено багато нових продуктів поліконденсації [2, 3], які, на жаль, не знайшли застосування за економічну нестабільність. Зараз, враховуючи відновлення економіки, з'являється проблема створення нових хімічних процесів та матеріалів для сприяння модернізації економіки України.

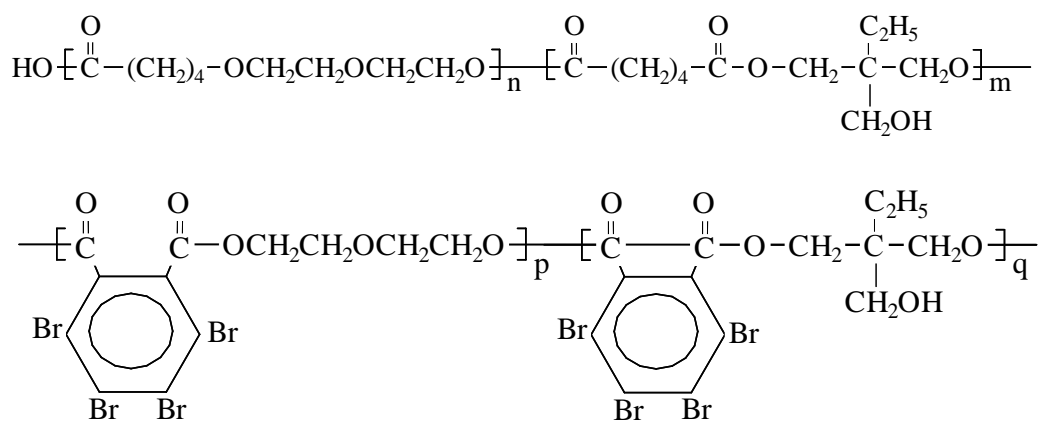
Поліконденсація – це реакція синтезу полімерів та олігомерів, завдяки якій, змінюючи хімічну структуру окремих мономерів, можна прогнозувати і надавати полімеру нові задані властивості.

Останнім часом створено ряд олігомерних продуктів, які вміщують у молекулярному ланцюзі полярні та неполярні атоми; це дозволяє виявляти спорідненість до різних частин гумотекстильного матеріалу [4].

Одним з таких олігомерів є бромовмісний олігомер на основі адипінової кислоти (АК), триметилпропану (ТМП), тетрабромфталевого ангідриду (ТБФА) та діетиленгліколю (ДЕГ) [5].

Синтез такого олігоестеру проводиться шляхом поліконденсації в розплаві означених вище мономерів при температурах 180-210 °С. Основною вимогою синтезу є забезпечення еквімолярного співвідношення кислотних (адипінова кислота та тетрабромфталевий ангідрид) та основних (триметилпропан та діетиленгліколь) компонентів [6, 7]. Синтез вели 6-8 годин до досягнення кислотного числа реакційної суміші 30-40 мг КОН/г. Синтезований поліестер являв собою тверду смолоподібну масу білого або ледь кремуватого коліру. За реакції поліконденсації утворюється чотири типи ланок різної будови, побудованих із залишків: 1) АК + ДЕГ; 2) АК + ТМП; 3) ТБФА + ДЕГ; 4) ТБФА + ТМП. Слід зазначити, що через спонтанний характер утворення продуктів поліконденсації окремі макромолекули олігоестеру вміщують випадкову кількість ланок різного типу, що притаманно для реакцій поліконденсації, в якій беруть участь молекули мономерів, димерів, тримерів та n-мерів.

Загальна структурна формула такого продукту в середньому може бути представлена такою:



де: $n = 4, 5;$ $m = 0, 2-0, 5;$ $p = 2, 3;$ $q = 0, 2, 0, 3.$

За застосування в гумовій суміші окрім біполярної структури такого продукту, зумовленої сполученням полярних та неполярних ділянок, на підвищення адгезії може впливати наявність вторинної гідроксильної групи в ділянці залишку триметилпропану, яка за умов вулканізації може вступати в реакції тримірної поліконденсації. Це, в свою чергу, може сприяти збільшенню міцності зв'язку гуми з текстильним матеріалом. Наявність у структурі олігоестеру атомів бромовмісних залишків може обумовлювати у виробі стійкість до горіння.

Випробування вказаного олігоестеру як інгредієнта гумової суміші проведено із застосуванням стандартної гумової суміші на основі нестереорегулярного бутадієнметилстирольного каучуку, зокрема СКМС-30-АРКМ-15. Такий каучук є співполімером (статистичним) бутадієну з 30 % метилстиролу, синтезованим холодною емульсійною полімеризацією в присутності регуляторів молекулярної маси. Каучук вміщує 15 % мастила, що забезпечує поліпшений розподіл інгредієнтів в його розтопі.

Особливістю стандартних сумішей є спеціальний якісний та кількісний склад інгредієнтів, який виявляє дуже високу чутливість технологічних та технічних характеристик до будь-якої зміни складу.

В роботі випробувано склад гумової суміші на основі такого каучуку, яка вміщує інгредієнти утворення тримірної структури гуми після вулканізації, а саме:

- сірку як вулканізуючий агент,
- дибензтіазолілдисульфід та дифенілгуанідин, як прискорювачі вулканізації,
- оксид цинку та стеаринову кислоту як активатори прискорювачів вулканізації;
- технічний вуглець марки П324 як активний наповнювач.

Необхідність введення активного технічного вуглецю зумовлена аморфною структурою застосовуваного каучуку, який нездатний до кристалізації через нестререгулярні структури та не може забезпечити високу міцність вулканізату.

Особливо важливим є забезпечення однорідності композиції, в яку входять високоеластичний каучук з довголанцюговими макромолекулами та порошкоподібні інгредієнти, які слід рівномірно розподілити у розтопі каучуку високої в'язкості. Навіть невелике відхилення від рівномірності розподілу значно знижує якість вулканізації. Тому гумову суміш готували у спеціальному лабораторному гумозмішувачі, в який завантажувались наважки інгредієнтів із забезпеченням такого складу у масових частках на 100 масових часток каучуку:

Каучук СКМС-30-АРКМ-15	100,0
Сірка	2,0
Дибензтіазолілдисульфід	2,0
Дифенілгуанідин	1,8
Оксид цинку	5,0
Стеаринова кислота	2,0
Технічний вуглець П 324	50,0

У гумозмішувач спільно з вказаними інгредієнтами додавали олігомер 1 мас. ч. (рецептура 1), 2 мас. ч. (рецептура 2), 5 мас. ч. (рецептура 3), 7 мас. ч. (рецептура 4) та 10 мас. ч. (рецептура 5).

Режими змішування та вулканізації відповідали вимогам, що ставляться до процесів переробки вказаної стандартної суміші. Вулканізовані зразки з приготованих гумових сумішей було випробувано відповідно стандартним методикам на такі показники якості: умовна міцність за розриву, відносне подовження за розриву, еластичність за відскоком та міцність зв'язку гуми з текстилем. Умовну міцність вулканізації визначали на розривній машині із застосуванням зразків у вигляді двобічних лопаток довжиною 120 мм. За умовну міцність приймали відношення сили, яка розривала зразок, до початкової площі перетину даного зразка. В момент розриву зразка фіксували нову його довжину, через яку розраховували відносне подовження за розриву. Еластичність за відскоком визначали із застосуванням пружноміра. Міцність зв'язку гуми з текстилем визначали на розривній машині із застосуванням ниток з поліаміду 6. Кількість зразків для кожного виду випробувань відповідала вимогам стандарту, який передбачує умови приготування зразків для випробування гуми та їхню кількість для певного виду випробувань. За результати випробувань приймали середньоарифметичне з результатів випробувань всіх зразків. Крім того, розраховувалось середньоквадратичне відхилення від середнього значення, яке

у всіх випадках не перевищувало заданого в стандарті, що свідчило про однорідність матеріалу.

Результати випробувань наведено в таблиці 1.

Як показують результати експериментів, вихідний бромовмісний олігоестер впливає на властивості гуми. Оптимальний вміст олігоестеру становить близько 2 масових часток на 100 часток каучуку. Саме за такого вмісту спостерігається найвища міцність зв'язку гуми з текстилем, а при подальшому збільшенні вмісту олігоестеру - падіння цього показника. Але при цьому спостерігається деяке збільшення умовної міцності гуми, зумовлене зростанням кількості місткових поперечних зв'язків між макромолекулами каучуку. Таке зростання приводить до зменшення еластичності та відносного подовження за розриву, що підтверджується експериментальними даними.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості вулканізаців

№ пп	Назва показника	Вихідна рецептура	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3	Рецептура 4	Рецептура 5
1	Умовна міцність за розриву, МПа	7,1	7,9	8,1	8,0	8,2	8,3
2	Відносне подовження за розриву, %	290	280	280	273	265	250
3	Еластичність за відскоком, %	70	68	66	67	63	61
4	Міцність зв'язку гуми з текстилем, кН/м	2,6	3,7	4,2	3,8	3,4	2,5

Таким чином, застосування бромовмісного олігоестеру як інгредієнта гумової суміші є корисним для покращення міцності зв'язку між гумою та текстилем у гумових текстильних виробках, але недоцільно для покращення міцності та еластичності. Перевагою його застосування для підвищення адгезії гуми до текстилю є невеликий вміст, який не погіршує економічних показників виробництва.

Список літератури

- 1 Федюкин Д.Л., Махлис Ф.А. Технические и технологические свойства резин. – М.: Химия, 1985. – 240 с.
- 2 А.С. СССР № 621688. Водорастворимая полиэфирная смола в качестве пленкообразующего для лакокрасочных покрытий и способ ее получения (авторське свідоцтво на винахід) / Маслош В.З., Мякухина В.Т., Кузнецов А.М. – Оpubл. Б.И., №32, 1982
- 3 Шарун О.П., Мякухина В.Т., Бобок О.А. Диспергирование органических пигментов в среде водорастворимых карбоксилсодержащих олигоэфиров. - Ж. „Лакокрасочные материалы”, 1996, №8-9, с. 42-44

- 4 Шарун О.П., Мякухіна В.Т., Єрешко В.П., Попенко Г.В. Модифікація гумових сумішей карбоксилвмісними олігоестерами. Сб.: Науковий вісник будівництва, №55: г. Харків, 2009, с. 77-83
- 5 Попенко Г.В., Мякухіна В.Т., Заїка Р.Г., Єрешко В.П., Шарун О.П. Алкідні олігомери зниженої горючості на основі тетрабромфталевого ангідриду. – Сб.: Науковий вісник будівництва, №31: г. Харків, 2005, с. 197-201
- 6 Кузина Н.Г. Синтетические пленкообразователи: учебное пособие / Н.Г.Кузина, А.Л.Ковжина, И.В.Королев, Л.Н.Машляковский. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 116 с.
- 7 Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров. – М.: Химия, 1989. – 432 с.

УДК 665.6+66.07

В.В. Милоцкий, Б.Б. Мамедов

ДЕСТРУКЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ В ПРИСУТСТВИИ УФ-ИЗЛУЧЕНИЯ

Рассматривается проблема повышения октанового числа прямогонных бензинов по энергосберегающей технологии. Рис.2, табл.2, лит.ист.4.

Основными способами повышения октанового числа прямогонных бензинов и улучшения их эксплуатационных характеристик являются процессы каталитического риформинга и добавления в них специальных компонентов, в частности, метилтретбутилового эфира (МТБЭ) и других кислородсодержащих органических соединений [1].

Альтернативу этому могли бы составить процессы окисления, приводящие к частичному образованию кислородсодержащих соединений (до 10-15%) непосредственно в процессе переработки углеводородного сырья путем введения в кавитационную зону реактора молекулярного кислорода (воздуха).

Антидетонационные свойства бензинов улучшаются с увеличением в бензине изоалканов с высокой степенью разветвления, которые образуются в процессе кавитации при термическом распаде алканов.

Для разрыва связи С-С и С-Н на данной связи должна быть сосредоточена энергия, равная или больше прочности связи. Прочность связи С-Н зависит от положения атома углерода в молекуле углеводорода. Для декана прочность указанной связи изменяется от 394 кДж/моль, для крайних атомов углерода, до 360 кДж/моль, для средних атомов [2].

Известно, что аналогичные реакции жидко- и газофазного окисления углеводородов, протекающие в классическом высокотемпературном режиме, реализованы в ряде промышленных процессов[3].

Лимитирующей стадией термоллиза насыщенных углеводородов является разрыв связей С-С и С-Н с образованием свободных радикалов:



При достаточной глубине превращения(до 0,1 -1%) реакция в целом может существенно ускоряться, протекая по цепному механизму. Причем, вероятность распада длинных углеводородных цепей существенно выше(в 2-5 раз), чем коротких, что гарантирует преимущественный распад тяжелых

фракций нефти и газоконденсата, ведущим к образованию бензиновых углеводородов.

При увеличении глубины превращения усиливается роль вторичных процессов, в том числе изомеризации, ведущих к образованию октанповышающих углеводородов.

Средняя энергия, необходимая для разрыва одной С-С связи составляет 346 кДж/ моль(3,6 эВ), что эквивалентно средней энергии фотона, испускаемого черным телом с температурой 3600°С. Очевидно, что получение таких температур внутри кавитационных пузырьков если и возможно, то требует особых условий и подбора режимов работы кавитаторов. Не все устройства такого типа могут обеспечить необходимые режимы. Вероятно, это является основной причиной столь затянувшегося процесса их промышленного внедрения.

С другой стороны, даже обыкновенная батарейка, имеющая разность потенциалов свыше 3,6в, может легко сообщить электрону энергию, достаточную для разрыва С-С связи. Вопрос, как заставить эту энергию работать на разрыв связи? Проблема сводится к поиску эффективного способа генерирования свободных радикалов в газообразной фазе с последующим переносом в жидкую или непосредственно в жидкой фазе. Решение этой задачи представляется возможным при использовании комбинированного кавитационного и электромагнитного воздействия(УФ- и ИК- излучений).

В настоящей работе приведены результаты экспериментов по воздействию на бензины различных марок излучения, имеющего спектр длин волн 250-600 нм и световой поток, равный 12500лм.

Предлагаемая технология основана на активации органических соединений УФ- и ИК – излучениями, подобранных таким образом, что их энергетическое воздействие соизмеримо с энергиями разрыва С-С и С-Н связей.

Опыты проводились в кварцевом реакторе периодического действия диаметром 45 мм и высотой 160 мм.

Схема установки для проведения эксперимента представлена на рисунке 1.

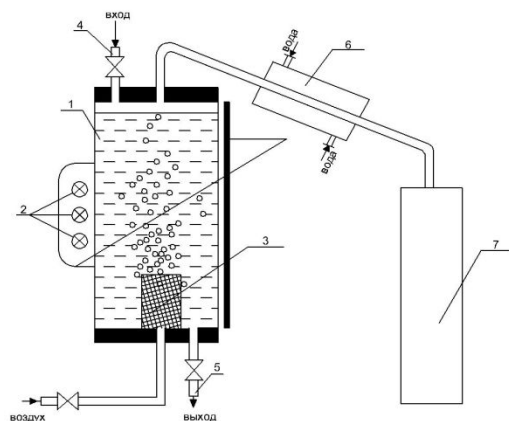


Рис.1. Схема обработки прямогонного бензина.

1. кварцевый реактор;
2. источник УФ- излучения;
3. распылитель;
4. линия подачи низкооктанового бензина;
5. выход обработанного бензина;
6. холодильник;
7. приемник жидких продуктов

Установлено, что после 30 минутного воздействия излучения в исследуемых жидкостях наблюдаются заметные химические изменения, в частности, у обрабатываемых бензинов повышается октановое число.

Таблица 1.
Изменение химического состава бензина в процессе обработки.

№ пп	Углеводороды	Количество углеводорода, % масс.	
		В исходном бензине	В обработанном бензине
	Ароматические в т.ч.:	10,2	15,5
1	Бензол	1,2	0,7
2	Толуол	2,5	2,6
3	Ксилол	3,7	6,8
4	C ₉	2,8	5,4
	Парафины в т.ч.:	27,9	20,3
5	C ₅	8,1	1,1
6	C ₆	6,4	1,7
7	C ₇	5,2	3,5
1	2	3	4
8	C ₈	4,0	4,3
9	C ₉	2,3	5,0
10	C ₁₀	1,3	3,4
11	C ₁₁	0,6	1,3
12	Кислородсодержащие углеводороды	0,0	5,3

Как видно из приведенных в табл.1 данных, в процессе обработки бензина происходит увеличение количества ароматических и уменьшение нормальных парафиновых углеводородов, т.е. облучение прямогонного бензина с одновременной импульсной обработкой приводит, вероятно, к протеканию процессов циклизации (пп.3,4), изомеризации (пп. 8-11) и окисления (п.12), что, в итоге, и вызывает повышение октанового числа бензинов (табл.2).

Стабильность обработанных бензинов изучалась в течение 9 месяцев, полученные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2.
Влияние времени хранения бензина на октанового число

Метод испытаний.	Исходный бензин	Сразу после обработки	Время выдержки обработанного бензина, сутки							
			1	3	4	7	12	37	217	275
Моторный	65,5	77,2	76,9	77,0	77,1	77,0	75,6	78,3	78,1	78,1
Исследовательский	68,9	81,4	-	-	-	-	-	-	-	84,7

Как видно из приведенных данных, стабильность обработанных бензинов достаточно высока, но с точки зрения технологического применения достаточной является обработка в течение 30 минут.

Бензиновая фракция прямогонного бензина в основном состоит из нормальных алканов C₅-C₁₀, октановые числа которых не высоки. Например, компонент бензина н-пентан имеет октановое число 62 пункта. Основными же высокооктановыми компонентами являются изомеры C₈-C₁₀, а также ароматические углеводороды.

Известно, что при схлопывании кавитационных пузырьков их стенки за счет разности давлений утончаются и в момент замыкания пузырьков возникает ударная волна с давлением 100 МПа и более, а также температура 1000°C и более. Выделяемая энергия значительно превышает энергию разрыва связи C-C и C-H.

Избирательное воздействие на углеводороды достигается ступенчатым изменением частоты и соответственным изменением плотности энергии и интенсивности колебаний. Предлагаемая ступенчатая кавитация обеспечит возможность управления разрывом связей в молекулах углеводородов в нужном направлении.

Экспериментально подтверждена возможность выделения кавитационной энергии в количестве, превышающем энергию, необходимую для гомолиза углеводорода на радикалы и их участие в реакциях изомеризации и ароматизации. Несмотря на короткое время воздействия и малое количество реагирующих в отдельном пузырьке веществ, при определенных условиях суммарный выход продуктов кавитационной обработки может достигать десятков процентов, а необходимое время обработки углеводородной смеси в кавитаторе составит 10-15 минут[4].

Технологическая схема фотокавитационной обработки низкооктановых бензинов представлена на рис.2

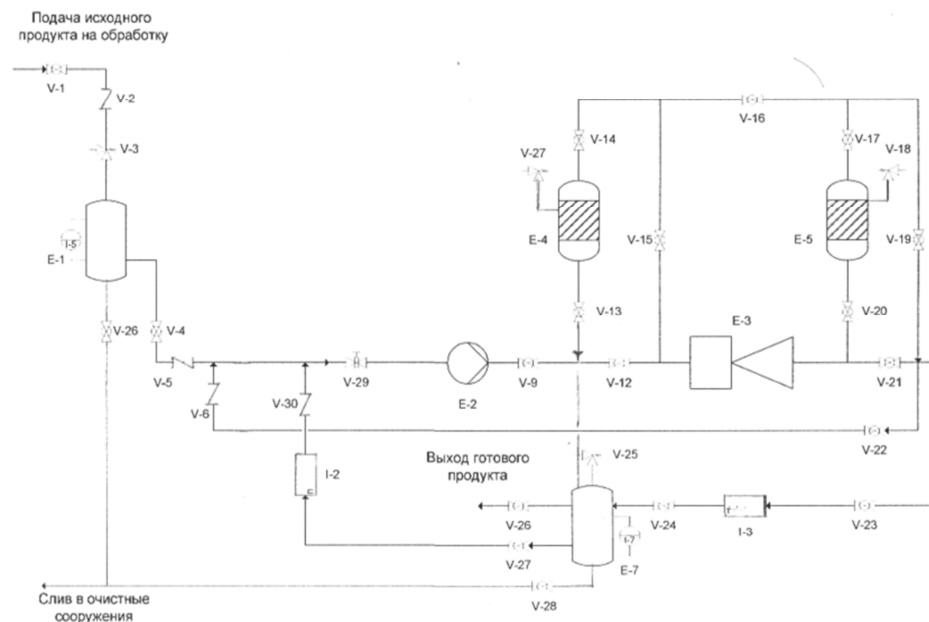


Рис.2 Технологическая схема фотокавитационной обработки низкооктановых бензинов. E-1- Емкость-накопитель исходного продукта; E-2-Агрегат электронасосный; E-3- Кавитационная установка; E-4, E-5- Фотохимический реактор; E-7- Емкость-накопитель готового продукта; 12- Измеритель рас хода; 13- Измеритель температуры; 15-17- Измеритель уровня.

Регулируя соотношение реагирующих веществ и режим работы кавитатора можно прогнозировать структуру получаемых продуктов.

Так как изопарафины термически менее устойчивы, чем n-парафины, нами сделана попытка увеличить цетановое число вышеуказанными методами.

На базе многоступенчатого кавитатора, путем совместной переработки дизельного топлива (цетановое число 40) и воды (несколько мл), достигнуто повышение цетанового числа до 60 пунктов.

Опыты, проведенные авторами в июне 2011 г на оборудовании "Міжнародної корпорації виробників альтернативного палива" (г.Киев), подтвердили достоверность полученных результатов.

Список литературы

1. Кравцов А. В. Компьютерное прогнозирование и оптимизация производства бензинов. Физико-химические и технологические основы / А. В.Кравцов, Э. Д.Иванчина. -Томск: STT, 2000. - 192 с.
2. Назимок В. Ф. Жидкофазное окисление алкилароматических углеводородов / Назимок В. Ф., Овчинников В. И., Потехин В. М. - М. : Химия, 1987. - 240 с.
3. Магарил Р. З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти / Р.З.Магарил. - Л. : Химия,1985. - С. 45-52.
4. Патент 63034 Україна, МПК(2011.01) С 10G 15/00. Спосіб підвищення октанового числа газоконденсатних і нафтових прямогонних бензинів/ Мілоцький В.В., Мілоцький Р.В.; заявник та патентовласник Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля. № u 2011 02329; заявл. 28.02.11; опубл. 26.09.11, Бюл. № 18.

УДК 66.01.002.2.661.51

В.Ю. Тарасов, Е.И. Зубцов, Р.Г. Заика, Ю.А. Шовкопляс

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИДКОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Проанализированы физико-химические свойства жидких высокотемпературных теплоносителей, используемых при проведении химических процессов в высокотемпературной среде. Показана индифферентность расплава хлорида натрия в условиях процессов окисления и пиролиза, установлен факт его взаимодействия с водой, что может внести коррективы в материальные балансы процессов конверсии. Рис.1. Табл.6. Ист. 7.

В качестве высокотемпературной среды при моделировании химических процессов, протекающих в жидком теплоносителе, большинство исследователей [1, 2] рекомендуют хлорид натрия, который характеризуется индифферентностью к реагентам, используемым и образующимся в результате реакций.

Целью данной работы является изучение взаимодействия теплоносителя с сырьем и продуктами реакции.

Особенностью реакций, протекающих в жидком высокотемпературном теплоносителе, является высокая энергонапряженность реакционного объема с постоянно обновляющейся рабочей поверхностью контакта. Химическая стабильность теплоносителя - основа процесса. В высокотемпературных средах рекомендуется проводить следующие процессы: окисление кислородом воздуха,

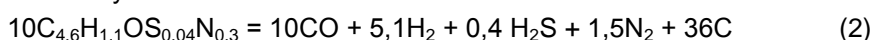
пиролиз, конверсию органических и других углеродсодержащих соединений (твердых горючих ископаемых) [3]. Согласно термодинамических расчетов, расплав хлорида натрия стабилен в температурном диапазоне от 1070 до 1760 К. В работе украинских ученых [3] упоминается о его химическом взаимодействии с исходными соединениями и продуктами паро-воздушной газификации соленого угля в псевдооживленном слое. При этом соотношение H_2/CO в полученном синтез-газе составило от 2 до 10 в зависимости от соотношения H_2O/O_2 в дутье, хотя в классическом процессе Lurgi - до 2. Авторы объясняют это катализом хлоридами щелочных и щелочноземельных металлов, содержащихся в зольности соленого угля, доля которых в составе не превышает 1,8 % [3]. Таким образом, использование расплава хлорида натрия в качестве теплоносителя при проведении различных химических процессов может привести к изменениям в материальном балансе за счет его взаимодействия с сырьем и продуктами реакции.

В [4 - 7] в расплаве хлорида натрия проведены следующие исследования:

пиролиз природного газа:



пиролиз каменного угля:



окисление углерода кислородом воздуха:



конверсия водяным паром:



Термодинамический анализ показывает, что в интервале температур стабильности расплава хлорида натрия константы равновесия реакций (1-5) значительно выше единицы. Поэтому расплав хлорида натрия может взаимодействовать с восстановителями - CH_4 , C , H_2 , CO и окислителями - O_2 , CO_2 , H_2O . Однако проведенные в [5] расчеты показали, что теплоноситель может вступить во взаимодействие лишь с водой.

При температуре теплоносителя от 1110 до 1360К изучено влияние сырья и продуктов на процесс пиролиза природного газа (табл. 1). Природный газ (ПГ) подавали через кварцевую трубку диаметром 2,5 мм. Расход ПГ изменялся от 4,7 до 34,9 л/ч.

Таблица 1

Условия проведения пиролиза природного газа
(высота расплава 80 мм, глубина точки ввода природного газа в расплав 50 мм)

Температура, К	Расход природного газа,	Состав продуктов реакции, % об.		
		H_2	CH_4	N_2
1	2	3	4	5
1113	4,7	19,5	79,4	1,1
	10,7	13,8	85,1	1,1
	21,5	9,0	89,9	1,1
	34,9	6,1	92,9	1
1153	4,7	25,2	73,7	1,1
	10,7	18,9	80,0	1,1

1	2	3	4	5
	21,5	14,9	84,0	1,1
	34,9	12,3	86,7	1
1213	4,7	36,2	62,7	1,1
	10,7	27,2	71,8	1
	21,5	25,2	73,8	1
	34,9	21,2	77,8	1
1263	4,7	48,0	50,9	1,1
	10,7	44,6	54,3	1,1
	21,5	32,2	65,7	2,1
	34,9	29,8	69,0	1,2
1353	4,7	79,4	19,5	1,1
	10,7	74,8	24,1	1,1
	21,5	65,0	33,9	1,1
	34,9	58,0	40,9	1,1

Условия проведения процесса пиролиза, время контакта и температура определяют направление и скорость взаимодействия теплоносителя с сырьем и продуктами: метаном, водородом и углеродом. При условиях, когда основным компонентом отходящих газов из реактора пиролиза природного газа в расплаве хлорида натрия является метан, взаимодействие его с хлоридом натрия, хлор- и натрий содержащими соединениями не зафиксированы в системе охлаждения. Аналогичные результаты получены также, когда в реакционном объеме находился избыток водорода и углерода.

Повышение давления с 49 до 6867 Па приводит к снижению содержания водорода в газах пиролиза в 2,2 раза [3], что характерно для газофазных равновесных процессов. Продукты взаимодействия расплава хлорида натрия с восстановителями в этих условиях не обнаружены.

Проведены исследования влияния теплоносителя на состав продуктов пиролиза соленого угля. Основные характеристики угля представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2.

Состав соленого угля Новомосковского месторождения (Украина) [3]

Технический анализ, % _{масс.}				Элементный состав, % _{масс.}				
Влаж-	Зольность	Орг.	Летучие	С	Н	S	O	N
6,3	22,4	27,6	43,7	77,8	4,5	5,8	6,3	5,6

Термодинамический анализ [5] показал, что органическая и неорганическая составляющая угля претерпевает существенные химические превращения в условиях процесса пиролиза.

Таблица 3.

Химический состав золы (%_{масс.}±0,05) соленого угля Новомосковского месторождения [3]

SiO ₂	Fe ₂ O	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O
29,8	31,8	4,45	1,52	3,14	21,06	0,55	0,17	1,25	6,5

В табл. 4 приведен состав экспериментально полученного газа, который не содержит элементы теплоносителя. Минеральная часть соленого угля

растворяется в теплоносителе, а углерод равномерно распределяется по всему объему расплава.

Таблица 4.
Состав газа пиролиза соленого угля Новомосковского месторождения при 1250K
(фракция менее 0,3 мм)

Состав, %об			
H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
68,9	8,0	22,1	1,1

При окислении углерода кислородом наблюдаются ярко выраженные границы перехода химического процесса из кинетической области в диффузионную при концентрации углерода в ЖВТ 10 мг/г_{ЖВТ} (рис. 1). При этом отмечено протекание вторичного процесса – углекислотной конверсии.

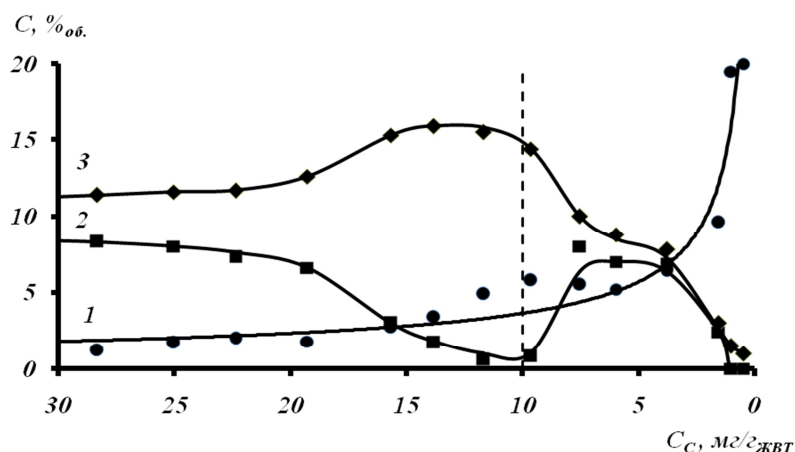


Рис. 1. Влияние расхода углерода на состав продуктов его окисления кислородом при 1250K и расходе воздуха 10 л/ч: 1 – O₂; 2 – CO; 3 – CO₂.

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии блокировки минеральными компонентами и теплоносителем доступа газообразных реагентов к поверхности углерода, находящегося в расплаве. При этом взаимодействие углерода с теплоносителем не проявляется.

Исследования процесса паровой газификации угля в расплаве хлорида натрия [7] при температуре от 1110 до 1350K показали, что с увеличением расхода воды в 22 раза высота расплава над точкой ввода увеличивается до 2-х раз. Поэтому можно было ожидать, что должно пропорционально возрасти время пребывания пузырьков пара в расплаве и, естественно, выход водорода и оксидов углерода. Однако время пребывания пузырьков водяного пара в теплоносителе уменьшается. Это, по-видимому, происходит, прежде всего, за счет роста частоты отрыва и сокращения времени формирования пузырька во время отрыва от сопла, что может приводить к их слиянию и увеличению объема. Для пузырька большего размера удельная поверхность (S/V) снижается. Однако количество пузырьков в объеме реактора увеличивается. И все же скорость реакции конверсии по воде с ростом ее расхода снижается. При этом наблюдается незначительное увеличение содержания водорода (табл. 5) в

продуктах реакции, что связано с преобладанием процесса деструкции воды (6) над паровой конверсией угля (4, 5).

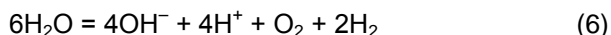


Таблица 5.

Влияние расхода воды на состав синтез-газа паровой конверсии угля Новомосковского месторождения при 1250K (фракция менее 0,3 мм)

Расход воды мл/ч	Состав синтез-газа, %				
	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	CO+CO ₂
	%об				
3,0	71,9	23,4	1,2	3,4	26,8
6,6	73,9	19,5	1,4	5,2	24,7
9,0	74,5	17,2	1,0	7,3	24,5
20,0	76,8	13,5	1,0	8,7	22,2
27,0	77,8	11,6	0,4	10,2	21,8
66,0	77,9	9,2	0,3	12,7	21,9

Экспериментально зафиксированное взаимодействие хлорида натрия с водой подтвердило термодинамические расчеты и результаты, полученные в Институте физико-органической химии и углехимии им. В.И. Литвиненко НАН Украины при паровоздушной конверсии соленого угля [4], но не показало лимитирующего влияния реакционной системы, содержащей расплав хлорида натрия и кокс соленого угля Новомосковского месторождения.

В табл. 6 приведены экспериментальные результаты исследования взаимодействия расплава NaCl и воды.

Таблица 6.

Гидратация расплава хлорида натрия

(T=1250K, высота расплава 80 мм, глубина точки ввода воды в расплав 50 мм)

Расход H ₂ O г/мин	Состав газов				pH		NaOH в расп- лаве	Выход газа л/ч	X _{H₂O} %
	H ₂	O ₂	Cl	HCl*	конден- сата	расп- лава**			
	% об.								
0,10	90,0	1,	0,	+	1	13	+	0,23	2,8
0,10	80,0	0,	0,	+	2	12	+	0,26	3,1
0,11	54,7	6,	0,	+	1	13	+	0,28	1,8
0,14	75,0	0,	0,	+	1	13	+	0,39	4,0
0,14	78,0	0,	0,	+	1	13	+	0,37	3,8

* – присутствует в конденсате газовой фазы;

** – водный раствор охлажденного расплава NaCl.

Газообразные продукты реакции непрерывно выводились из реакционной зоны. Если считать, что в реакторе проходит реакция (6), то постоянный отвод HCl исключал установление химического равновесия:



Результаты однозначно указывают на химическое взаимодействие хлорида натрия с газифицирующим агентом – водой. Полученный конденсат газовой фазы имеет pH 1÷2 и содержит ионов Cl⁻ 3,7 мг/мл; а растворенная в воде часть охлажденного расплава имеет pH 13 и содержание ионов OH⁻ около 1,5 мг/г расплава. Cl₂ в газах отсутствовал. Эти данные согласуются с приведенными выше результатами конверсии коксового остатка соленого угля

(табл.5). При взаємодії розплава хлориду натрія з водою (температура 1230К) вихід водороду (80–90% об.) склав 0,23–0,39 л/ч. Таким чином, експериментально встановлено факт хімічного взаємодіяння NaCl з водою при підвищеній температурі, існуючі представлення про хімічну стійкість розплава NaCl при проведенні процесів конверсії в присутстві водяного пару не відповідають дійсності.

Список литературы

1. Печуро Н. С. Технология органических веществ. Т. 9. Пиролиз углеводородного сырья в расплавленных средах / Н. С. Печуро, О. Ю. Песин, В. Н. Конохов. – М. : Химия, 1984. – 145 с.
2. Миреев В. А. Неорганические солевые расплавы в технологии синтеза органических веществ [Электрон. ресурс] / В. А. Миреев, В. В. Сафонов // Расплавы. – Режим доступа: <http://www.chemmarket.info> 2002.
3. Шендрик Т. Г. Соленые угли / Т. Г. Шендрик, В. И. Саранчук. – Донецк : Східн. видав. дім, 2003. – 296 с.
4. Глікін М. А. Нова енергозберігаюча технологія виробництва водню / М. А. Глікін, В. Ю. Тарасов, І. М. Глікіна [и др.] // Вісник Нац. ун-ту „Львівська політехніка”. Сер. хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2006. – № 553. – С. 144 – 149.
5. Газификация соленых углей. Термодинамический анализ / М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, И. М. Гликина, [та ін.] // Хім. пром-сть України. – 2008. – № 1. – С. 12–22.
6. Окисление углерода кислородом воздуха в жидком высокотемпературном теплоносителе / В. Ю. Тарасов, М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, [та ін.] // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2007. – Ч. 2, № 5. – С. 149–152.
7. Газификация соленых углей в расплаве. Кинетика и технология / М. А. Гликин, Е. И. Зубцов, И. М. Гликина, В. Ю. Тарасов // Хім. пром-сть України. – 2008. – № 3. – С. 24–32.

УДК 539.192 +546.175.323

К.О. Тюльпінов, О.Д. Тюльпінов

ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ У ВИРОБНИЦТВІ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ

Досліджено перетворення NO у HNO_3 у присутності пероксиду гідрогену. Встановлено, що при наявності в реакційному середовищі пероксиду гідрогену збільшується ступінь перетворення NO в 5–10 разів ніж в його відсутності. Рис. 2, Дж. 3.

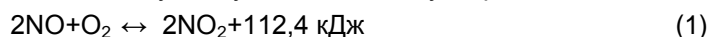
Вступ

У промислових масштабах нітратну кислоту одержують окисленням аміаку, охолодженням нітрозних газів з утворенням конденсату кислоти і послідовною подачею нітрозних газів і конденсату на стадію абсорбції [1].

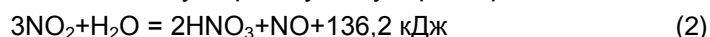
Недоліком способу є необхідність каталітичного очищення вихлопних газів (вміст оксидів азоту в газах, що відходять, на виході з абсорбційної колони близько 0,1 % об.), що обмежує можливість підвищення економічності процесу.

Більш екологічним є спосіб виробництва нітратної кислоти, що включає каталітичне окиснення аміаку киснем повітря до оксиду нітрогену (II) з утворенням нітрозного газу, охолодження нітрозного газу до температури не більше 290°C, гомогенне окиснення оксиду азоту (II) нітрозного газу до оксиду азоту (IV), охолодження нітрозного газу до температури не більше 200°C, охолодження нітрозного газу в холодильниках-конденсаторах до температури не більше 65°C з конденсацією водяної пари і з утворенням нітратної кислоти та абсорбцію оксидів нітрогену водою з одержанням продукційної нітратної кислоти в тарілчастій абсорбційній колоні в присутності нітратної кислоти, утвореної в результаті конденсації водяної пари в холодильниках-конденсаторах [2].

В процесі охолодження та доокиснювання нітрозного газу здійснюється безперервне окиснювання монооксиду азоту в діоксид азоту за реакцією:



В абсорбційній колоні діоксид азоту реагує з водою з утворенням продукційної нітратної кислоти та оксиду нітрогену за сумарною реакцією:



Монооксид азоту, що утворюється за реакцією діоксиду азоту з водою, потребує додаткового окислювання і, як наслідок, додаткового реакційного об'єму. Процес окиснення оксиду нітрогену протікає в основному в міжтарілчаному просторі колони в гомогенних умовах. По мірі зниження концентрації оксидів нітрогену швидкість окиснення оксиду азоту знижується і лімітує весь процес кислотоутворення й обумовлює високий вміст оксидів азоту в газі, що відходить.

З метою оптимізації використання об'єму абсорбційної колони розроблено новий метод одержання нітратної кислоти. Метод відрізняється тим, що воду додатково подають в середню частину колони, а додатковий потік повітря подають в середню частину колони нижче вводу другого потоку води [3].

У всіх відомих методах виробництва нітратної кислоти ні практично, ні теоретично неможливо виключити викиди оксидів нітрогену з відхідними газами в наслідок перебігання процесу за реакцією (2).

З метою зниження вмісту NO в газах, що виходять з абсорбційної колони, необхідно виключити із заключної стадії процесу перетворення NO_x в HNO₃ за реакцією (2).

Метою роботи було дослідження перетворення NO в HNO₃ у присутності розчину пероксиду гідрогену.

Експериментальна частина

Експериментальні дослідження проводили на лабораторній установці (рис.1). Основними частинами установки є генератор NO (1) і барботер-окиснювач (2). Природний газ і повітря подаються в генератор (1), де відбувається спалювання природного газу. Спеціально розроблена конструкція генератора дозволяє змінювати концентрацію NO в широкому інтервалі. Одержаний газ аналізується на зміст NO і NO₂ і прямує в барботер-окиснювач. Газ, що виходить з барботера-окислювача, аналізується на зміст NO і NO₂.

Для генерації оксидів азоту застосований термічний метод. Реактор має три патрубки: один патрубок для входу природного газу або вторинного повітря, другий - для виходу продуктів окиснення, а третій - для пальника. Особливістю пальника є те, що трубки введення пального і окиснювача розташовані

коаксіально, а потоки природного газу і повітря можуть залежно від вимог по складу газу подаватися по центру або по периферії.

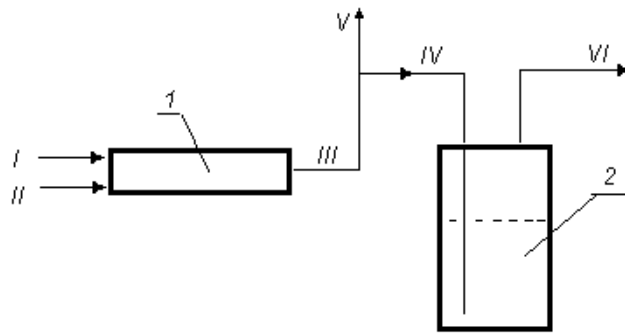


Рис. 1. Схема лабораторної установки для дослідження впливу пероксиду гідрогена на процес утворення HNO_3 : 1-генератор NO, 2- барботер-окиснювач. Потоки: I-природний газ, II- повітря, III- NO з генератора, IV- газ на окислення H_2O_2 , V- газ на аналіз NO і NO_2 , VI- окислений газ на аналіз NO і NO_2 .

В умовах полум'яного окиснення природного газу утворюються оксиди азоту на 95% що складаються з NO і 5% з NO_2 . В умовах виконаних досліджень концентрація NO_x складала до 1000 ppm.

Для оцінки ефективності процесу склад початковий газ аналізувався до реактора на зміст аміаку у рідині та оксидів нітрогену і очищений газ - на залишковий зміст аміаку, наявність оксидівнітрогену. Крім того, газ, що поступає на очищення і очищений, аналізувалися на зміст кисню. Для аналізу оксидів нітрогену і аміаку використовувався фотоколориметричний метод. На підставі результатів аналізу газу до і після реактора розраховувався ступінь перетворення аміаку. Оксиди нітрогену аналізувалися за допомогою комп'ютерів-газоаналізаторів Riken keiki.

Результати експериментів.

В результаті проведених досліджень встановлено, що наявність в реакційному середовищі пероксиду гідрогену приводить до прискорення процесу перетворення NO в HNO_3 (рис. 2).

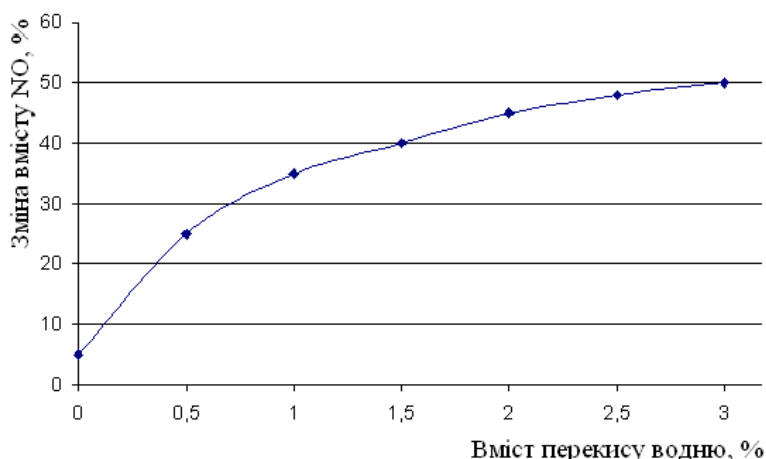


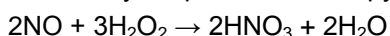
Рис. 2. Вплив вмісту перекису гідрогену в реакційному середовищі на концентрацію NO в газі, що відходить з барботера-окиснювача.

Обговорення результатів експериментів

Наявність в реакційному середовищі перекису водню приводить до збільшення ступеня окислення NO в газі в умовах проведених дослідів від 5 разів (при концентрації H_2O_2 рівної 0,5 %) до 10 разів (при концентрації H_2O_2 рівної 3,0 %). Збільшення концентрації H_2O_2 вище за величину 3 – 3,5% не приводить до збільшення ступеня окислення NO.

Висновки

У виробництві нітратної кислоти хвостові гази, що виходять з абсорбції колони мають в своєму складі не більше 0,15 % об. оксидів нітрогену. Застосування водного розчину перекису гідрогену не приведе до забруднення реакційної середовища побічними продуктами. Взаємодія перекису водню з оксидом нітрогену в загальному вигляді може бути представлена брутто – рівнянням



Запропонований спосіб також забезпечує можливість інтенсифікації процесу абсорбції шляхом підвищення ступеня переробки оксидів нітрогену та концентрації продукційної нітратної кислоти, зниження вмісту оксидів нітрогену в нітрозному газі на виході з колони. Здійснення процесу у виробничих умовах дозволить майже повністю переробляти оксиди нітрогену в нітратну кислоту і, таким чином, зменшити витрати основної сировини, аміаку, який використовується для одержання нітратної кислоти. Витрати на перекисид гідрогену, ціна якого приблизно дорівнює ціни на нітратну кислоту, покритись прибутком за рахунок додатково отриманої нітратної кислоти. Подача водного розчину перекису водню на верхню тарілку колони абсорбції, дозволить понизити концентрацію NO_x в неочищених хвостових газах до 0,01 % об. і нижче, що дозволить понизити витрати аміаку на очищення газів з 80 м³/год до 8 м³/год і нижче або повністю виключити з виробництва стадію очищення хвостових газів.

Список літератури

1. Атрощенко В. И. Технология азотной кислоты / В. И. Атрощенко, С. И. Каргин – М. : Химия. - 1970. – 494 с.

2. Мухленов И. П. Общая химическая технология. Ч. 2 / И. П. Мухленов, А. Я. Авербух, Е. С. Тумаркина, И. Э. Фурмер ; под ред. И. П. Мухленова. - М. : Высшая школа, 1977. - 288 с.
3. Пат. України № 63483, МПК С01В 21/40 (2006.01). Спосіб виробництва азотної кислоти / [О. П. Кунченко, В. П. Ляхов, О. Я. Лобойко, М. І. Ворожбіян, І. В. Волохов, В. В. Казаков, О. М. Федоров, В. В. Голубев, О. В. Роменський, С. О. Саломашіна, С. Д. Монаков, В. В. Кравченко, С. П. Твердохліб, В. В. Старченко, В. А. Курганов, О. В. Кобзев] (Україна); заявник та власник патенту Закрите акціонерне товариство "Северодонецьке об'єднання Азот" - № 2003043773; Заявл. 24.04.2003; Опубл. 15.12.2006; Бюл. № 12, 2006 р.

УДК 628.35

С.П. Бикова

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ГІДРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД

Приведені результати визначення технологічних і гідробіологічних показників активного мулу в процесі аерації і відстоювання. Показано, що безкисневі умови дещо знижують кількісний склад гідробіонтів і їх рухливість, а також дегідрогеназну активність бактеріального асоціату. Табл. 2, дж. 5.

Теоретичні аспекти. Активний мул – це сукупність різних груп мікроорганізмів: бактерій, найпростіших, актиноміцетів, водних грибів і ін. Відомо, що кожна група виконує певні функції в процесі біологічної очистки стічних вод. Склад мікроорганізмів, їх кількість та фізіологічні властивості залежать від багатьох факторів, таких як види і об'єми стічних вод, температури, вмісту розчиненого кисню, величини рН, складу та концентрації мінеральних солей, органічних речовин у воді [1, 2]. В теорії біологічної очистки стічних вод довго велись дискусії, яка група мікроорганізмів активного мулу має найвищу цінність і які групи повинні враховуватися при контролі роботи очисних споруд. З мікробіологічної точки зору, безперечно, основну роль в деструкції речовин відіграють бактерії, перш за все завдяки великому набору екзо- і ендoferментів, яких дуже мало у інших груп. Крім того, бактерії мають дуже високу швидкість розмноження і живлення, добуваючи із стічних вод всі необхідні їм поживні речовини. Найпростішим відводиться вторинна роль, так званих організмів, які «пасуться». Вони живляться бактеріями, що інтенсифікує розвиток молодих клітин бактерій, які біохімічно дуже активні, найпростіші сприяють освітленню води і збагаченню мікрозон в активному мулі розчиненим киснем внаслідок постійного перемішування пластівців мулу. Проте досить часто активний мул бідний найпростішими, а ефект очистки високий, що підтверджується основною здібністю бактерій – розщеплювати забруднюючі речовини. Але з точки зору контролю очистки стічних вод є необхідним визначення не тільки технологічних показників активного мулу (суха вага, вологість, зольність, динаміка осідання, муловий індекс), але і гідробіологічних показників - кількості і видів найпростіших та їх фізіологічної активності [3].

Метод гідробіологічного контролю роботи очисних споруд дозволяє швидко оцінити ефективність очистки і, що особливо цінно, замітити вплив по реакції живих організмів будь-яких забруднень, які не вловлюються типовими хімічними аналізами. При біологічній очистці води в аеротенку задача гідробіологічного аналізу полягає в тому, щоб за видовим складом і чисельності індикаторних організмів і їх фізіологічному стані в короткий період зробити висновок про ефективність очистки води і про якість активного мулу. За ступенем відносного розвитку різних груп найпростіших активний мул оцінюється порівнювано. Задовільно працюючий такий мул, який характеризується великим різноманіттям найпростіших, які рухомі. Перегружений мул не справляється з поступаючими забрудненнями. Мул при низьких навантаженнях формується при пониженому рівні органічного живлення і надлишку мінеральних речовин. Крім того, при дуже низьких концентраціях органічних речовин формується голодаючий мул, пластівці якого поступово стають тонкішими, прозорими і розпадаються. При хорошій нітрифікації в активному мулі переважають коловратки і кругло вийчасті інфузорії. При очистці стічних вод, які мають різноманітний склад компонентів та певні властивості, формуються різні взаємозв'язки між окремими показниками біологічної очистки.

Метою роботи було визначення технологічних і гідробіологічних показників активного мулу в аеротенку і вторинному відстійнику та ферментативної активності бактерій в процесі біологічної очистки стічних вод.

Експериментальна частина. Технологічні показники і гідробіологічний аналіз активного мулу визначали в лабораторних умовах за загальноприйнятими методиками. Гідробіологічний контроль проводили методом мікроскопії, оцінку кількості найпростіших давали за п'ятибальною шкалою: при наявності в полі зору мікроскопа одного екземпляра певного виду організму – одинично, два – мало, три - достатньо, чотири – багато, п'ять – маса [4]. Відмічається також стан організмів, їх рухливість, робота вийчастого апарату. Ферментативну активність бактерій визначали за методикою [5]. Для експериментів використовували активний мул із діючих аеротенків і вторинних відстійників очисних споруд азотних виробництв і нафтопереробного заводу.

Результати експериментальних досліджень і їх обговорення. Визначення технологічних показників активного мулу із очисних споруд показали наступні результати (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльні дані технологічних показників активного мулу

Показники, одиниці виміру	Активний мул очисних споруд			
	азотних виробництв		нафтопереробного заводу	
	аеротенк	відстійник	аеротенк	відстійник
Суха вага, г/л	3,5	12,11	7,63	14,5
Зольність, %	1,7	1,8	12,0	13,0
Муловий індекс, мл/г	101,3	98,1	68,7	70,1

Із результатів, наведених в таблиці 1 видно, що активний мул очисних споруд азотних виробництв має середню дозу в аеротенку – 3,5, а при очистці стічних вод нафтопереробного заводу високу – 7,63 г/л. Це пояснюється більш складними компонентами стічних вод, для очистки яких потрібна більша кількість бактеріального асоціату (доза). Зольність мулу очисних споруд азотних виробництв досить низька, що свідчить про його високу біологічну активність.

Зольність мулу трохи вища в процесі очистки нафтовмісних стічних вод, але мінералізація не перевищує норму. Муловий індекс на двох очисних спорудах різний: при очистці нафтовмісних стічних вод він на 32,2 % менший в аеротенку і на 28,6 % у вторинному відстійнику.

Муловий індекс в обох мулах не перевищує верхній допустимий рівень – 130 мг/г, це, свідчить, що мул не має здатності вспливати, по – другому «вспухати». Явище «вспухання» активного мулу дуже небажане, так як при цьому він виноситься із вторинного відстійника. В таких випадках потрібно розробляти ряд заходів для боротьби зі «вспуханням». В таких випадках доцільно визначати осідання активного мулу.

Багаторазове визначення динаміки осідання активного мулу із вказаних вище очисних споруд показало такі результати (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка осідання активного мулу

Період осідання, хвилин	Ефект осідання в спорудах, %			
	азотних виробництв		нафтопереробного заводу	
	аеротенк	відстійник	аеротенк	відстійник
0	0	0	0	0
1	2	3	4	5
30	44	32	10	8
45	54	45	18	16
60	60	54	26	25
90	68	63	43	41
120	68	67	50	48
150	69	69	58	57

Враховуючи, що ефективність осідання мулу в аеротенку і вторинному відстійнику не відрізнялася, доцільно було визначити концентрацію фермента дегідрогенази, наявність якої свідчить про перші етапи розщеплення органічних речовин, що дає змогу подальшій їх деструкції. Результати аналізів показали, що в активному мулі аеротенка очисних споруд азотних виробництв концентрація ферменту склала 133,2 мг/л, а у вторинному відстійнику - 107,6 мг/л. Значить, активний мул повертається в аеротенк, згідно технології очистки, практично активним, це добре корелюється з теорією. В мулі споруд з очистки нафтовмісних стічних вод концентрація дегідрогенази була на рівні 85,23 мг/л в аеротенку і 78,3 мг/л у вторинному відстійнику.

Нафтовмісні стічні води в порівнянні з азотовмісними проявляють деяку токсичність для бактерій і їх здібності синтезувати фермент дегідрогеназу.

Однчасне визначення найпростіших показало, що в активному мулі аеротенка з азотовмісними стічними водами знаходилися найпростіші різних груп класу війчастих інфузорій: черевноїчасті в масовій кількості, мало круглоїчастих, багато було коловерток. Всі вони фізіологічно активні, рухомі, з добре працюючими війками, а через певні періоди осідання мулу результати суттєво не змінилися по кількості екземплярів, але війчастий апарат круглоїчастих інфузорій поступово втрачав рухливість. Через 2,5 години перебування мулу в статичних умовах (без кисню) появилися цисти круглоїчастих, із черевноїчастих була рухомою аспідіска в кількості «4» за п'ятибальною шкалою, а в аеротенку її кількість була масовою (5). В активному мулі із вторинного відстійника найпростіші всіх груп були в меншій кількості, мало

рухомі, крім аспідіска. В мулі обох споруд ниткових бактерій не виявлено, пластівці компактні, світло-коричневого забарвлення.

Мікроскопування активного мулу із діючого аеротенка очисних споруд нафтопереробного заводу показало, що його пластівці середніх розмірів, досить компактні. З найпростіших за п'ятибальною шкалою виявлено: мушльові амеби – мало, аспідіска – багато, кругловічасті – одинично, джгутикові – одинично, коловертки – мало. Перелічені найпростіші організми були досить рухливі, проте найбільш активною була аспідіска. Вона має здатність розвиватися у воді з досить високим ступенем її забруднення. В активному мулі вторинного відстійника із найпростіших були аспідіска (3) і джгутикові (2), які мали невелику рухливість та цисти кругловічастих інфузорій. В цих спорудах активний мул теж не містив ниткових бактерій, тобто не «вспухав».

Слід відмітити, що активний мул нафтоочисних споруд має різкий специфічний запах нафтопродуктів, чорне забарвлення, чим відрізняється від мулу в аеротенку з азотвмісними стічними водами.

Висновки:

1. Динаміка осідання активного мулу відібраного із аеротенку і вторинного відстійника, ідентична.

2. Відстоювання активного мулу у вторинному відстійнику приводить до деякого зниження видового і кількісного складу найпростіших та, особливо, їх активності.

3. Враховуючи, що найпростіші більш чутливіші до концентрації кисню, зміни технологічного режиму очистки, ніж бактерії, то їх зменшення в активному мулі не означає, що він не здатний «працювати». Найбільш достовірним показником ефективності роботи активного мулу і процесу очистки є визначення ферментів-дегідрогеназ, завдяки яким проходить деструкція складних молекул забруднюючих речовин.

4. Технологічні і гідробіологічні показники активного мулу залежать від складу та властивостей стічних вод.

Список літератури

1. Роговская Ц. И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод / Роговская Ц. И., ВНИИВОДГЕО. - М. : Стройиздат, 1967. - 140 с.
2. Очистка производственных сточных вод / [Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В.]; под ред. Яковлева С. В. - [2-е изд.]. - М. : Стройиздат, 1985. - 335 с.
3. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды. - М. : Высшая школа, 1978. – 272 с.
4. Рекомендации по методам производства анализов на сооружениях биохимической очистки промышленных сточных вод / [сост.: Ц. И. Роговская, Л .М. Костина]. – М. : Стройиздат, 1970. - 104 с.
5. Горбань Н. С. Экспресс - методы определения токсичности сточных вод для микроорганизмов активного ила / Н. С. Горбань // Химия и технология воды. - 1987. - т. 9. - №4. – С. 359 - 361.

УДК 661.872.224

І. А. Василенко, І.В. Ковтуник

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ ТА
ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОРНОГО ЗАЛІЗОКИСНОГО ПІГМЕНТУ,
МОДИФІКОВАНОГО КАРБАМІДОФОРМАЛЬДЕГІДНИМИ
ПОЛІМЕРАМИ**

Визначені залежності ступеня вилучення іонів заліза з розчинів солей заліза від параметрів ведення процесу осадження. Проведена ідентифікація продуктів осадження і досліджені основні властивості отриманих модифікованих осадів. Визначені області використання отриманих зразків. Рис.5, табл.2, джер.11.

Вступ. У наш час оксиди та оксигідроксиди заліза є одними з найпоширеніших порошкових матеріалів, широко використовуваних при виробництві неорганічних пігментів і наповнювачів, магнітних носіїв інформації, каталізаторів і сорбентів [1,2]. Їхнє застосування розширюється, а світовий обсяг споживання найпоширеніших синтетичних залізоокисних пігментів досяг 1,1 млн т. у рік [2]. Їх виробництво, яке постійно збільшується, вимагає від промисловості розширення сировинної бази шляхом переробки залізозмісних відходів виробництва і підвищення експлуатаційних характеристик пігментів.

Одним з напрямків підвищення якості пігментів є модифікування їх полімерами і не тільки поверхневе [3], але й структурне, шляхом осадження неорганічного матеріалу з полімером [4]. Попередні дослідження, на прикладі осадження ряду гідроксидів металів, у тому числі і заліза, показали можливість такої схеми модифікування [4].

Літературні дані і проведені дослідження показали перспективність використання як вихідної сировини відходів металургії, а саме відпрацьованих травильних розчинів [1, 5, 6].

У зв'язку із цим були проведені дослідження з метою визначення умов осадження оксиду заліза (Fe_3O_4) з карбамідоформальдегідними полімерами (КФП) для одержання модифікованих чорних залізоокисних пігментів з використанням у якості вихідної сировини відпрацьованих травильних розчинів металургійних і машинобудівних виробництв із рН середовища 1,0-2,0.

Вибір карбамідоформальдегідного полімеру обумовлений тим, що його осадження у вигляді порошкоподібного матеріалу (поліметиленсечовини), протікає в кислому середовищі при $pH < 4$ [7], причому, чим нижче рН розчину, тим більш повно осаджується полімер без утворення стічних вод забруднених формальдегідом.

Експериментальна частина. У якості реагентів використовували розчин сульфату заліза(II) (ДСТУ 6881-94), аміак водний (ДСТУ 3760-79), карбамід (ДСТУ 6691-77) і формальдегід у вигляді 37%-го розчину формаліну (ДСТУ 1625-89).

Осадження Fe_3O_4 з карбамідоформальдегідними полімерами проводили у водному розчині при термостатичних умовах шляхом послідовного введення реагуючих компонентів у попередньо нагріту до заданої температури воду і витримуванні реагуючу суміш при постійній температурі. Перед осадженням

Fe_3O_4 у розчин залізовмісних відходів з $\text{pH}=1,0-2,0$ вводили розчини карбаміду та формальдегіду, суміш нагрівали до заданої температури та інтенсивно перемішували до повного осадження полімеру. Осадження пігменту на частинки полімеру проводили у лужному середовищі з послідовним обезводненням твердої фази фільтрацією, промиванням, сушінням та подрібненням.

У завдання досліджень входило визначення залежностей ступені осадження (вилучення) іонів заліза з розчинів солей заліза від параметрів ведення процесу осадження, ідентифікація продуктів осадження і дослідження основних властивостей отриманого продукту. Досліджували вплив співвідношення реагентів і тривалості процесу в діапазонах близьких до промислових умов одержання чорного залізоокисного пігменту. Ступінь вилучення визначали по зміні в розчині концентрації іонів заліза методом перманганатометричного титрування. Ідентифікацію продуктів осадження проводили візуальними порівняннями кольору продуктів осадження із промисловими аналогами, а також інструментальними методами рентгеноструктурного і спектрофотометричного аналізу. Неорганічну складову продуктів осадження аналізували за допомогою рентгенівського дифрактоміру ДРОН-3, а полімерну складову – методом ІЧ-спектроскопії, аналогічно дослідженням подібних продуктів [8]. Дослідження властивостей одержаних зразків проводили відповідно до [9]. Концентрація сульфату заліза(II) була прийнята виходячи із середньої концентрації солей заліза, яка застосовується у виробництві залізоокисного пігменту.

Обговорення результатів. У результаті досліджень було встановлено, що в процесі осадження утворюються дрібнодисперсні осади різних відтінків від світло-сірого до чорного, близькі по дисперсності і кольору до промислового зразка чорного залізоокисного пігменту. За допомогу рентгеноструктурного та ІЧ-спектрофотометричного аналізів було встановлено, що порошкоподібні осади включають як оксид заліза (Fe_3O_4) характерний для чорного залізоокисного пігменту так і поліметиленсечовину.

Потім був досліджений вплив вихідних концентрацій сульфату заліза(II) і часу осадження на ступінь вилучення іонів заліза з розчинів солей, який представлений на рис. 1.

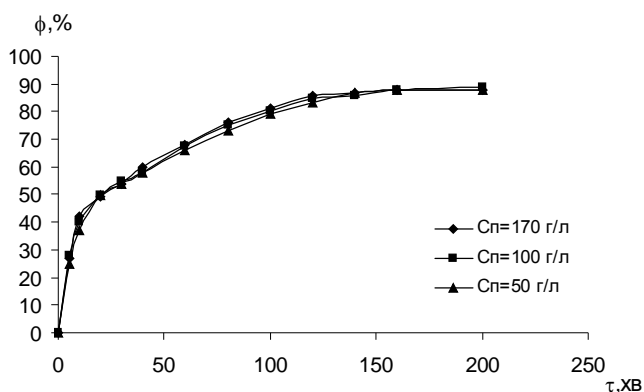


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення іонів заліза з розчину сульфату заліза(II) від часу проведення процесу при різних концентраціях: $n_{\phi} : n_{\kappa} = 1,5$; $\text{КФП} = 10\%$ у перерахуванні на суху масу; $\text{pH} = 9,0$; $t = 100^{\circ}\text{C}$.

Графічна залежність свідчить, що ступінь вилучення іонів заліза досягає досить високих значень і не залежить від вихідної концентрації солі заліза, а часові характеристики протікання процесу дуже близькі, тому основні дослідження проведено при початковій концентрації 100 г/л, близької до концентрації солей заліза, що використовується у виробництві залізоокисних пігментів. Неповне осадження іонів заліза з розчину можна пояснити наявністю яких-небудь домішок у відпрацьованих травильних розчинах.

На рис. 2 представлена залежність зміни ступеню вилучення іонів заліза з розчину сульфату заліза(II) від кількості твердої фази карбамідоформальдегідного полімеру (по масі), що утворився. У раніше проведених дослідженнях [10] було визначено оптимальне мольне співвідношення компонентів карбамідоформальдегідного полімеру (карбаміду і формальдегіду) $n_{\text{ф}} : n_{\text{к}} = 1,1-1,5$. Кількість полімеру брали в надлишку з поступовим зменшенням його кількості для з'ясування його впливу на ступінь і якість осадженого продукту.

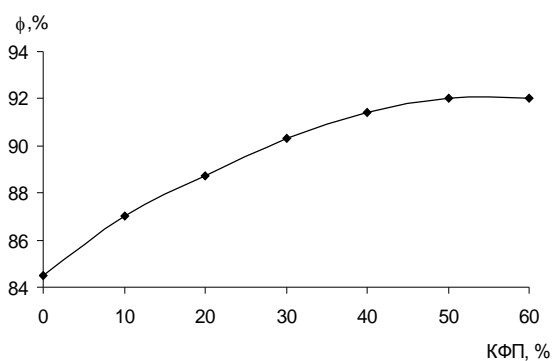


Рис. 2. Залежність ступені вилучення іонів заліза з розчину сульфату заліза(II) від кількості полімеру (по масі): $C_{\text{п}} = 100$ г/л; $n_{\text{ф}} : n_{\text{к}} = 1,5$; $\tau = 200$ хв; $\text{pH} = 9,0$; $t = 100$ °С.

З наведеної залежності можна зробити висновок, що ступінь вилучення іонів заліза з розчинів солей несуттєво залежить від кількості полімеру, що утворювався у розчині залізовмісної сировини. Однак кількість модифікатора суттєво впливає на швидкість фільтрування осадів і візуальні характеристики продукту. Усі отримані модифіковані осади легко фільтруються, а константа фільтрування зростає в кілька разів. Осади, модифіковані карбамідоформальдегідними полімерами у кількості 40-60%, мають більш світлий колір і укрупнені частки. У той же час осади з полімером у кількості 10-30% мають більш насичений чорний колір високодисперсних часток. Наведені результати і їх пояснення докладніше викладені в праці [11].

На другому етапі досліджень були визначені основні властивості одержаних продуктів і область їх застосування відповідно до [9].

На рис. 3 і 4 наведено графічні залежності основних технічних показників пігментів і наповнювачів, безпосередньо пов'язаних з їхнім змочуванням гідрофобними рідинами – маслосмієність та гідрофільність, від процентного вмісту полімеру в зразку.

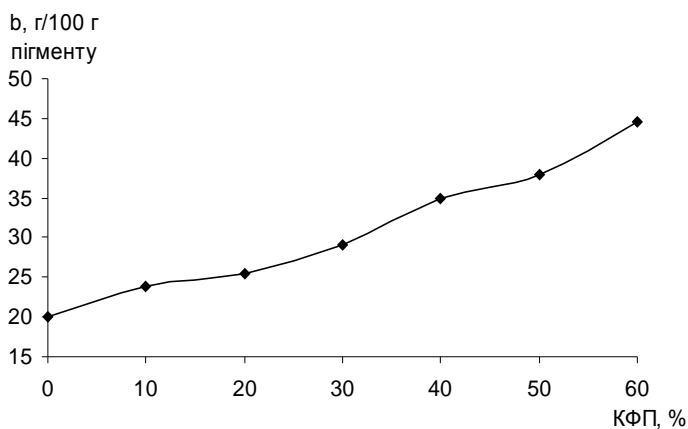


Рис. 3. Залежність маслоємності зразків від кількості модифікатора.

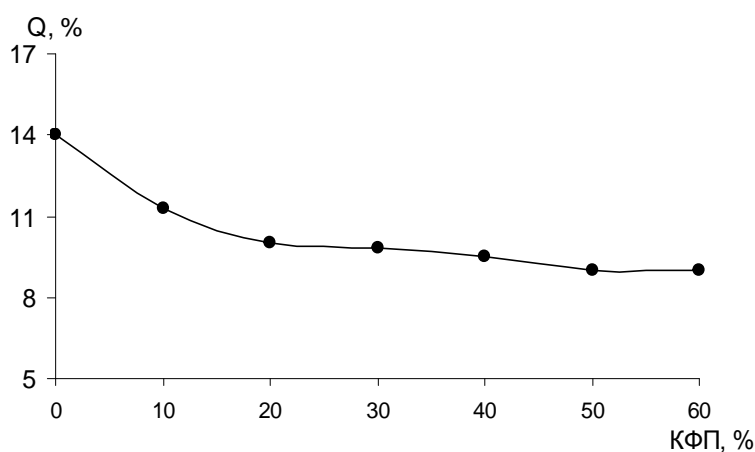


Рис. 4. Залежність гідрофільності зразків від кількості модифікатора.

Ці два взаємовиключні параметри свідчать, що зі збільшенням змісту полімеру відбувається збільшення показника маслоємності і зменшення відсотка поглиненої вологи з навколишнього середовища. Таким чином, наявність полімеру збільшує спорідненість продукту до органічних сполук, що може бути враховане при використанні зразків у виготовленні лакофарбових матеріалів.

Вивчення покривності зразків (рис. 5) від змісту карбамідоформальдегідного полімеру показало можливість одержання напівпрозорих покриттів, які широко застосовуються для виготовлення декоративних емалей і художніх фарб.

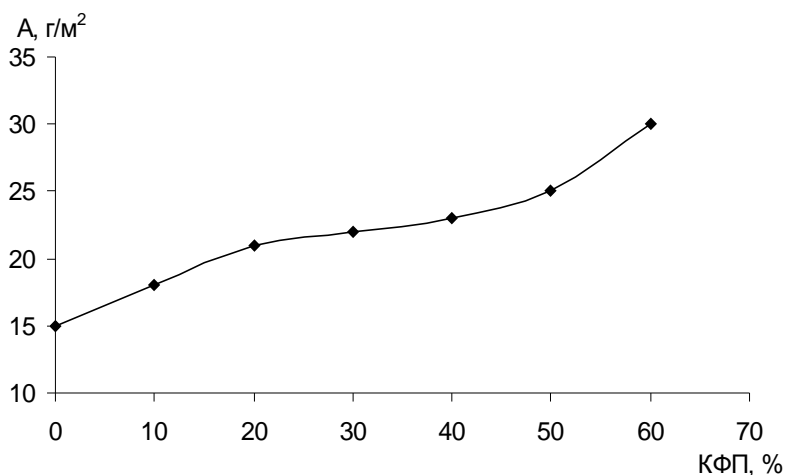


Рис. 5. Залежність покривності зразків від кількості модифікатора.

З метою визначення можливої області застосування одержаних модифікованих продуктів, був здійснений порівняльний аналіз порошків промислового та одержаного зразку, модифікованого полімером у кількості 20 % (табл.1).

Таблиця 1

Порівняльна таблиця фізико-хімічних властивостей пігментів

Властивості	Допустима норма	Пігмент чорний марки В-610	Пігмент модифікований (20%) лабораторного зразку
Колір (візуальний метод)	Однорідний порошок чорного кольору		
рН водної суспензії	5-8	6,0	6,4
Диспергованість за 30 хвилин, мкм	15-25	15,0	18,0
Маслоємність, г/100г пігменту	20-35	20,0	25,4
Покривність, г/м ² , не більше	20	15,0	21,0
Гідрофільність, %, не більше	15	14,0	10,0
Константа фільтрування, м ³ /год	–	1,5	4,8

Результати аналізу одержаного зразка у виробництві лакофарбового матеріалу показали, що таке покриття має значно більшу твердість, що є позитивною експлуатаційною характеристикою. Проаналізувавши декоративні властивості покриття, а саме блиск, було встановлено, що одержані зразки можуть бути використані для виготовлення матових покриттів без застосування спеціальних технологій (табл. 2).

Результати аналізу лакофарбового матеріалу

Показник	Пігмент чорний марки В-610	Пігмент модифікований (20%) лабораторного зразку
Тип фарби	ПФ-060Н	
Зовнішній вид фарби	Однорідна рідина без механічних домішок	
Умовна в'язкість по віскозиметру ВЗ-246 з діаметром сопла 4 мм, %	60-80	
Масова доля летких речовин, %	30	
Зміст пігменту, %	50	
Зовнішній вид плівки	Однорідна без розшаровування, патьоків, зморшок і сторонніх включень	
Твердість плівки по маятниковому пристрою ТМЛ (маятник А), ум. од.	0,10	0,22
Блиск плівки по фотоелектричному блискоміру, %	28,00	4,00

Висновки. Із одержаних даних можна зробити висновок, що для синтезу якісного чорного залізоокисного пігменту, модифікованого карбамідоформальдегідними полімерами, необхідно дотримуватися наступних умов: перед осадженням окису заліза в розчин залізовмісних відходів вводять розчини карбаміду та формальдегіду при мольному співвідношенні компонентів 1:(1,1-1,5) в кількості 10-30% від маси пігменту в перерахунку на суху масу, суміш нагрівають та інтенсивно перемішують до повного осадження полімеру, осадження пігменту на частинки полімеру проводять за температури 100⁰С з послідовним обезводненням твердої фази фільтрацією, промиванням, сушінням та її диспергуванням. В якості залізовмісних відходів використовують відпрацьовані травильні розчини металургійних заводів з рН = 1,0-2,0. При цьому ступінь очищення відходів досягає 87%. Одержаний продукт може використовуватись в лакофарбовій та будівельній промисловості.

Список літератури

1. Шабанова Н.А. Химия и технология нанодисперсных оксидов: Учебное пособие / Шабанова Н.А., Попов В.В., Саркисов П.Д. – М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. – 309 с.
2. Фолкер Шнайдер. Железоокисные пигменты компании Lanxess / Фолкер Шнайдер // The Chemical Journal. – 2009. – № 3. с. 44-47.
3. Индейкин Е.А. Пигментирование лакокрасочных материалов / Индейкин Е.А., Лейбензон Л.Н., Толмачев И.А. – Л.: Химия, 1986. – 160 с.
4. Мельников Б.И. Технология получения новых неорганических материалов, структурно связанных с полимерами, и области ее применения / Мельников Б.И. // Вопросы химии и химической технологии. – 2000. – № 2. – с.63-66.
5. Вайнштейн И.А. Очистка и использование сточных вод травильных отделений / Вайнштейн И.А. – М.: Металлургия, 1986. – 110 с.
6. Василенко И.А. Очистка отработанных травильных растворов термическим методом с получением гетита / Василенко И.А., Довгаль Т.М., Мельников Б.И. // Екологічний інтелект: V Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, 8-9 квітня 20010 р.: тези доп. – Дніпропетровськ, 2010. – с. 65-67.
7. Вишпа З. Амнопласты / Вишпа З., Бжезинский Я. – М.: Химия, 1974. – 343 с.

8. Василенко І.А. Дослідження продуктів взаємодії карбаміду з формальдегідом у присутності солей заліза методом ІЧ-спектроскопії / Василенко І.А., Мельников Б.І., Герасименко К.О. // Вопросы химии и химической технологии.– 2009. – №3. – с.146-148.
9. ГОСТ 18172-80. Пигмент желтый железоокисный. Технические условия. – Взамен ГОСТ 181772-72. Введ. 01.01.81. – М.: издательство стандартов, 1987. – 12 с.
10. Василенко І.А. Исследование условий соосаждения оксигидроксида железа(III) с карбамидоформальдегидными полимерами / Василенко И. А., Мельников Б. И. // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. – №1. – с.119-123.
11. Василенко І.А. Дослідження процесу поліконденсації карбаміду та формальдегіду у відпрацьованих травильних розчинах / Василенко І.А. // Збірник наукових праць ДДТУ. – 2012. – №1. – с. 175-180.

УДК 66.097.3

О.Л. Овсієнко

РОЗМІРНИЙ ФАКТОР ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ОСАДЖЕНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ: РОЛЬ І ТЕРМІНОЛОГІЯ

Розглянуто правомірність віднесення співосаджених каталізаторів та технологій їх виготовлення до класу *нано*. Визначено роль фактора розміру кристалітів активного компонента мідь-цинк-алюмінієвих осаджених каталізаторів як другого за значенням після хімічної природи попередника.

Наукові дослідження у будь-якій спеціалізованій галузі технічного напрямку сьогодні зараховують до найпередовіших, якщо їх предмет - об'єкти або процеси «нанорівня». Стосовно правомірності віднесення конкретної наукової розробки до класу нанотехнологій або наноматеріалів ведуться дискусії. Більшість науковців в якості основних ознак розробок «нанорівня» вважають: 1) нанорозмір об'єкту дослідження, 2) можливість спрямованої технології керування об'єктом на молекулярному (атомному) рівні [1–3]. Це стосується і галузі каталізу.

Мета досліджень: 1) чітке визначення термінів, які використовуються дослідниками для характеристики структурної будови порошкових речовин; 2) визначення ролі розмірного фактора для осаджених каталітичних систем, зокрема мідь-цинк-алюмінієвих каталізаторів конверсії СО, синтезу диметилового етеру та метанолу.

Термінологія структурного аналізу

Каталізаторні маси, отримані методами осадження компонентів, як правило, є високодисперсними порошками. У товарному виді співосаджені каталізатори, у більшості випадків, являють собою таблетки ($d=3\div 9$ мм, $h=3\div 7$ мм), спресовані із каталізаторної маси. Кожна частинка (порошинка) каталізаторної маси складається з міцно зв'язаних фрагментів, які одержали первісну назву *області когерентного розсіювання* (ОКР) [4–6]. Фрагментарна структура частинок була встановлена методами порошкової рентгенографії та електронної мікроскопії. У межах кожної області когерентного розсіювання

52

кристалічну структуру речовини можна вважати близькою до ідеальної. А от відносно одна одної ОКР разорієнтовані (рис. 1). Тобто, кристалічні атомні площини різних ОКР не є паралельними. У місцях стикування областей когерентного розсіювання зосереджені дефекти кристалічної структури різних типів (порожнечі, включення, дислокації, роздвоєння площин тощо). Порожнечі, які виникли під час пресування частинок (порошинок) каталізаторної маси в таблетку, являють собою макропори, а порожнечі між областями когерентного розсіювання – мікропори каталізатора.

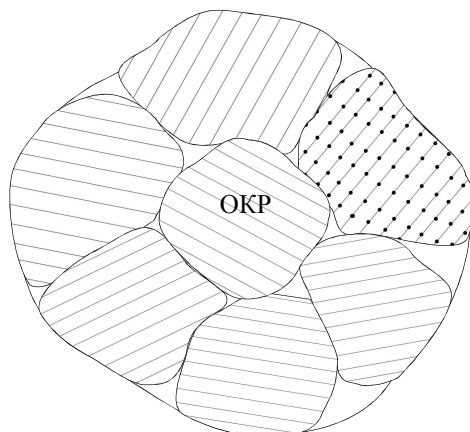


Рис. 1. Схематична структура частинок осаджених каталізаторних мас.

При вивченні фізичних характеристик каталізаторів методами рентгеноструктурного аналізу визначають середній розмір саме областей когерентного розсіювання, які зараз називають *кристалітами*. Терміном *кристаліти* області когерентного розсіювання відрізняють від *монокристалів*.

Для більшості осаджених і нанесених на носій каталізаторів розмір кристалітів становить від десяти до тисячі ангстрем ($1 \div 100$ нм). Тобто, кристаліти гетерогенних каталізаторів відповідно до сучасної популярної термінології є *наночастинками*. Але це не нові відкриті об'єкти, їх існування й розміри були встановлені в першій половині ХХ століття, невдовзі після відкриття рентгенівських променів та розробки методів рентгеноструктурного аналізу. Речовини, розмір кристалітів яких менший від $\sim 1,5$ нм, вважаються рентгеноаморфними (їх рентгенівські спектри не містять помітних дифракційних відбиттів від систем атомних площин).

Роль розмірного фактора для осаджених мідь-цинк-алюмінієвих каталізаторів

Для мідь-цинк-алюмінієвих співосаджених каталізаторів, зокрема каталізаторів низькотемпературної конверсії оксиду вуглецю водяною парою, каталізаторів низькотемпературного синтезу метанолу, біфункціонального каталізатора прямого одержання диметилового етеру із синтез-газ, встановлено, що за умови близького хімічного складу їх каталітична активність корелює з дисперсністю кристалітів активного мідного компонента: чим менший розмір кристалітів міді, тем вище активність [7,8]. В табл. 1, 2 наведені фізико-хімічні характеристики та активність нового модифікованого мідь-цинк-алюмінієвого

каталізатора конверсії оксиду вуглецю, що забезпечує низький вихід побічного метанолу, та каталізаторів конверсії оксиду вуглецю різних марок.

Таблиця 1
Характеристики лабораторних зразків промотованого лужним металом мідь-цинк-алюмінієвого каталізатора конверсії CO

Вміст промотору (Cs), %	Середній розмір кристалітів міді, Å	Питома площа поверхні міді, м ² /г	Ступінь конверсії CO, %
0	22	31	93-94
0,5	24	24-26	88-95
1,0	27	21-24	74-88
2,0	34	18-19	71-77
3,0	38	17-18	65-70

Таблиця 2
Характеристики каталізаторів низькотемпературної конверсії CO

Марка каталізатора	Середній розмір кристалітів міді, Å	Ступінь конверсії CO, %
СНК-2	26	98,6
К-СО	53	97,2
К 1	28	98,1
К 2	41	96,3

К 1, К 2 – аналоги європейського виробництва, що експлуатуються на підприємствах України.

З наведених даних є очевидним вплив розмірного фактора кристалітів. Аналогічний вплив фактора розмірів кристалітів встановлено і для мідь-магнієвих каталізаторів дегідрування циклогексанолу [9].

В міру дезактивації каталізаторів розміри їх кристалітів збільшуються. На кінець експлуатаційної кампанії таке збільшення становить >300%. Для каталізатора низькотемпературної конверсії СНК-2 середній розмір кристалітів міді збільшується з 25-35 Å (у щойно відновленому стані) до 120-160 Å (після вивантаження з промислових реакторів) [10].

Установлено, що саме рекристалізація (перекристалізація дрібних кристалітів у більші за розміром) є основною причиною зниження активності співосаджених мідь-цинк-алюмінієвих каталізаторів [10]. Це ілюструє рис. 2. Зміни рентгенівських дифракційних спектрів каталізаторів за їх експлуатації, що супроводжується поступовою втратою активності, полягають у звуженні дифракційних ліній. Більш вузькі за шириною відбитки рентгенівських променів дають більші за розмірами кристаліти.

Залежність каталітичної активності осаджених систем від розмірів кристалітів частинок пояснюється тим, що сумарна доступна для молекул-реагентів поверхня у випадку дрібних кристалітів є більшою (табл. 1), отже, більшим є й число активних центрів поверхні.

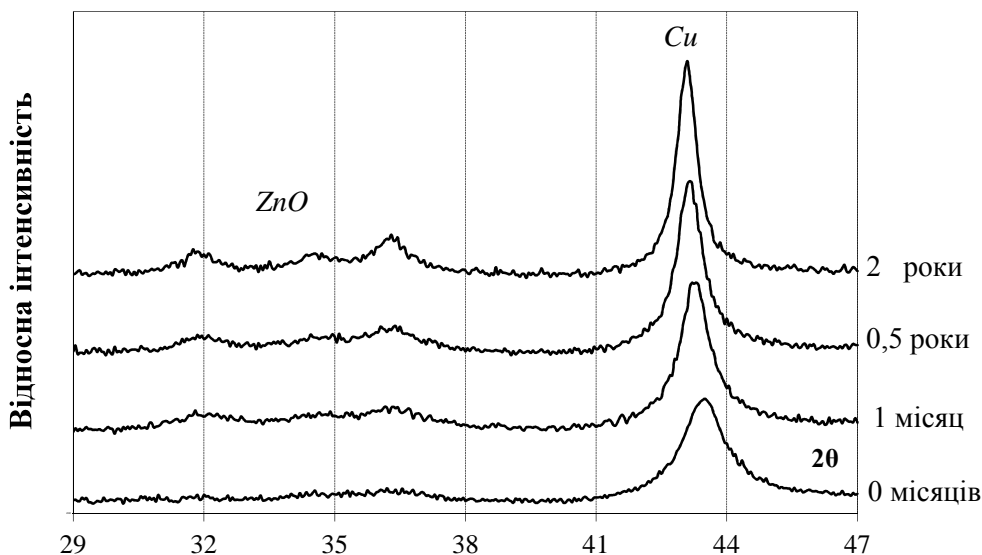


Рис. 2. Дифракційні спектри каталізаторів CHM-1, різного терміну експлуатації

Розмір кристалітів осаджених каталізаторів можна регулювати, насамперед, за допомогою технологічних параметрів стадії осадження попередника каталізатора (на наступних стадіях при відхиленнях від оптимальних режимів можна тільки погіршити якість напівпродуктів через отримання більш крупнокристалічної структури в порівнянні з теоретично можливою).

Так, за співосадження нітратних мідь-цинк-алюмінієвих розчинів з переважним вмістом міді розчином карбонату натрію шляхом вар'ювання рН, температури, тривалості процесу можуть бути отримані осади різного атомарного складу: на основі гідроксонітрату, гідроксиду, гідроксокарбонату та оксиду міді [11]. Утворені з різних попередників каталізатори відрізняються за каталітичними властивостями (табл. 3).

Таблиця 3

Активність $2CuO \cdot 1ZnO \cdot 0,16Al_2O_3$ каталізатора в синтезі метанолу

Попередник Cu	Гідроксо-нітрат	Гідроксид	Гідроксокар-бонат деформ	Гідроксо-карбонат	Осаджений оксид
Активність, см ³ метанолу / (г кат-ра · год)	0,57	0,65	1,31	0,97	0,21
Розмір кристалітів CuO, Å	~70	~50	~30	~35	<15
Питома площа поверхні міді, м ² /г	~25	~30	~60	~55	~80

Найвища активність спостерігається за гідроксокарбонатного попередника мідь-цинк-алюмінієвої каталітичної системи. А серед однотипних гідроксокарбонатних попередників переважним є осад з найвищим ступенем

викривленості кристалічної структури – деформований гідроксокарбонат міді з максимальною кількістю розчинених атомів цинку та алюмінію [11]. Саме з такого попередника утворюється високоактивний каталізатор з найдрібнішими кристалітами і самою високою площею поверхні активного мідного компонента.

Але найголовнішим чинником є хімічна природа попередника осаджених каталізаторів, тобто природа каталітичних центрів. Зразок каталізатора, попередником якого є осаджений безпосередньо у реакторі-осаджувачі оксид міді, незважаючи на практично рентгеноаморфний розмір кристалітів (<15 Å) і дуже велику площу поверхні міді (~80 м²/г), має наднизьку активність (табл. 3).

Висновок

Фактор розміру кристалітів активного мідного компонента мідь-цинк-алюмінієвих осаджених каталізаторів є другим за значенням (після хімічної природи попередника), що визначає їх якість (активність) як товарних продуктів.

Післямова. За формальними ознаками розміру об'єкту і можливостями спрямованого керування об'єктом, осаджені мідь-цинк-алюмінієві каталізатори підпадають під наноструктуровані матеріали. Але, з огляду на історію розвитку каталізаторної науки, автор вважає неправомірним віднесення технологій виготовлення дрібнодисперсних каталітичних систем до класу нанотехнологій.

Список літератури

1. Український сайт нанотехнологій [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://nano.com.ua>
2. ISO–Technical committees – TC 299 – Nanotechnologies [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee
3. Пул Ч. –мл. Нанотехнологии / Ч. Пул – мл., Ф. Оуэнс. – М.: Техносфера, 2006. – 366 с.
4. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматиз, 1961. – 863 с.
5. Китайгородский А.И. Рентгеноструктурный анализ. – М.: ГИТ–ТЛ, 1950. – 651 с.
6. Горелик С.С. Рентгенографический и электроннооптический анализ. - М.:Металлургия, 1970. – 366с.
7. Овсиенко О.Л. Роль стадий сушки и прокалки в ресурсосберегающем производстве Cu-Zn-Al каталиторов / О.Л. Овсиенко // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету: технічні науки. Тематичний випуск "Сучасні проблеми технології неорганічних речовин". – 2008. – С. 63–67.
8. Овсієнко О.Л. Вплив гідротермальної обробки на властивості каталізатора низько-температурної конверсії оксиду вуглецю, промотованого лужним металом / О.Л. Овсієнко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 6(148), Ч. 2. – С. 170–175.
9. Овсиенко О.Л. Методики тестирования и их использование для исследования медьсодержащих катализаторов / О.Л. Овсиенко, Л.М. Родин, Л.П. Сидоренко // Катализ в промышленности. – 2004. – № 2. – С. 27–34.
10. Овсиенко О.Л. Исследование медьсодержащих катализаторов конверсии оксида углерода, длительно эксплуатировавшихся в промышленных условиях / О.Л. Овсиенко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010. – № 7(149), Ч. 2. – С. 73–80.
11. Овсиенко О.Л. Медь-цинк-алюминиевые катализаторы синтеза метанола / О.Л. Овсиенко, Л.М. Родин, Л.П. Сидоренко // Украинский химический журнал – 1998. – № 7–8. – С. 97–102.

Ожередова М. А.

ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ НІКЕЛЬВІСНИХ РОЗЧИНІВ

Розроблена маловідходна ресурсозберігаюча технологія утилізації відпрацьованих нікельвмісних розчинів методом реагентного осадження. Технологія дозволяє виділяти нікель у вигляді індивідуальних солей з низьким вмістом домішок. Рис. 2, табл. 1, дж. 7.

В даний час Україна відчуває гострий дефіцит у нікельвмісній сировині, що викликає необхідність у створенні технологій по вилученню нікелю з відходів виробництв і оборотному використанні його в промисловості. Джерелами утворення рідких нікельвмісних відходів є виробництва каталізаторів, надтвердих матеріалів, неорганічних пігментів, а також підприємства металургійного комплексу. Одним з видів відпрацьованих розчинів цих виробництв є нікельвмісні розчини, що містять від 150 мг/л до 100 г/л солей нікелю (II).

Розроблені та відомі технології переробки подібних відходів не забезпечують отримання продуктів, що легко утилізуються, і тому найчастіше їх збирають в шламонакопичувачах. Це призводить з одного боку до щорічних втрат нікелю до 1650 т [1-3], а з іншого - до забруднення навколишнього середовища високотоксичними відходами.

Рішення даної проблеми має бути пов'язане з розробкою локальної технології утилізації нікельвмісних відпрацьованих розчинів з отриманням продуктів, що мають попит, зокрема гідроксикарбонату нікелю.

Експериментальна частина. Утилізація стічних вод здійснювалася на безперервно працюючій локальній установці на виробничому майданчику ТОВ "Укрвторсировина" (м. Луганськ). Для знешкодження відпрацьованих концентрованих розчинів використовувалася періодична установка з виносними реактором-осаджувачем і фільтром.

Робота установки заснована на методі реагентного осадження гідроксикарбонату металу з наступним поділом суспензії фільтрацією.

Схема установки утилізації відпрацьованих висококонцентрованих розчинів наведена на рис. 1.

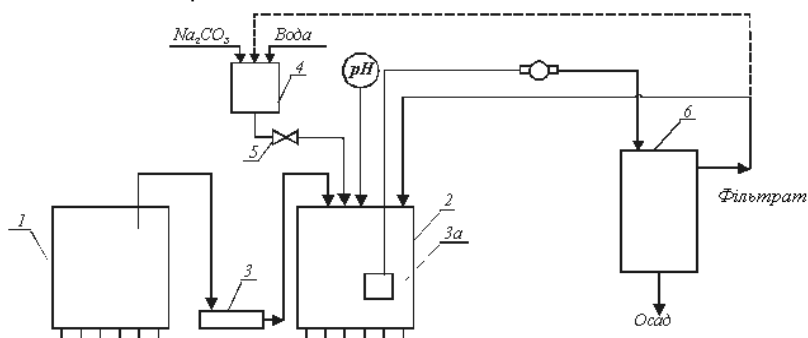


Рис. 1. Схема дослідно - промислової установки одержання гідроксикарбонату нікелю із відпрацьованих висококонцентрованих розчинів:

1 – реактор з відпрацьованим розчином; 2 – реактор; 3, 3а – насоси; 4 – бак для розчину осаджувача; 5 – електромагнітний клапан; 6 – блок-фільтр.

Нікельвмісний відпрацьований розчин з ємності 1 самопливом або насосом 3 подавали в реактор-осаджувач 2 (аналогічний ємності 1). У реактор-осаджувач 2 подавали насичений при 20⁰С розчин кальцинованої соди з напірного бака-розчинника 4.

При змішуванні відпрацьованого розчину і осаджувача відбуваються хімічні реакції утворення осаду гідроксикарбонату нікелю (II). Отриману суспензію заглибним насосом подавали в блок-фільтр 6, що складається з трьох паралельних фільтрів. Відфільтрований розчин через переливний пристрій і штуцер фільтрувального блоку частково прямував в напірний бак 4 для приготування розчину-осаджувача, а частково - повертався в реактор. Відфільтровані осадки по закінченні операції утилізації завантажували в контейнери.

Для регулювання швидкості подачі суспензії солей нікелю (II) і збільшення інтенсивності перемішування в зоні осадження була встановлена лінія продувки суспензії повітрям після заглибного насоса подачі суспензії в блок-фільтр.

При проведенні випробувань встановлено, що тривалість повного циклу утилізації відпрацьованого висококонцентрованого розчину складала близько 2 годин, ступінь осадження Ni²⁺ складала більше 99,5%. Середня швидкість виділення іонів нікелю (II) з відпрацьованих концентрованих розчинів оцінювалася за зменшенням його концентрації і складала близько 6,5 моль/(м³год.).

Фільтрати після виділення Ni²⁺ з відпрацьованих концентрованих розчинів мають склад (г/л):

- з сульфатного розчину: NiSO₄ – 0,195; Na₂SO₄ - 130; pH – 9,8;
- з хлоридного розчину: NiCl₂ – 0,167; NaCl – 130; pH – 10,5.

Принципова схема дослідно - промислової установки для утилізації низькоконцентрованих розчинів представлена на рис. 2.

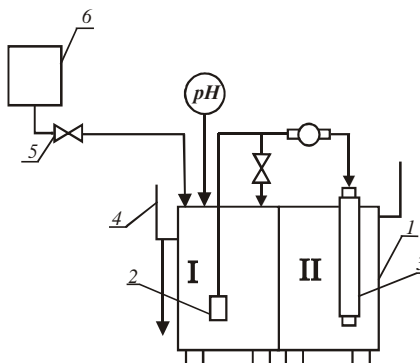


Рис. 2. Принципова схема дослідно-промислової установки одержання гідроксикарбонату нікелю при утилізації низькоконцентрованих розчинів

1 – ванна каскадного промивання (I, II – секції ванни); 2 – заглиблений насос; 3 – блок-фільтр; 4 – переливний пристрій; 5 – електромагнітний клапан; 6 – бак для розчину-осаджувача.

Обговорення результатів. При проведенні дослідно-промислових випробувань в першу секцію каскадної ємності подавався насичений при 20⁰С розчин кальцинованої соди, що надходить з бака для розчину-осаджувача. Дозування розчину-осаджувача здійснювалася автоматично за допомогою електромагнітного клапана залежно від величини pH суспензії в першій секції

промивної ємкості. Регульована величина рН була в інтервалі 9,0 ÷ 9,5. У першій секції каскадної ємності змішувалися потоки промивної води і осаджувача з утворенням гідроксикарбонату нікелю (II).

Отримувана суспензія насосом 2 подавалася у фільтр 3. Відфільтрована вода через переливний штуцер блоку подавалася в другу секцію каскадної ємності промивання. Надлишок води зливався через переливний пристрій 4 і прямував в каналізаційний колектор.

Фактична швидкість виділення Ni^{2+} з розчину в середньому складала $1,8 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{год}}$, тоді як розрахункова – $2 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{год}}$. Цикл повного очищення стічної води в ємності, за спадом концентрації Ni^{2+} , складав 40 ÷ 45 хвилин, розчини очищаються до залишкового вмісту іонів нікелю (II) не більше 0,07 мг/л.

Відповідно до одного з принципів створення поєднаних процесів - проведення декількох технологічних операцій в одному апараті одночасно [4-7] – в умовах дослідно-промислових випробувань для скорочення загальної ємності необхідного устаткування, а також підвищення інтенсивності його роботи і ступеня використання сировини, реагентну утилізацію нікельвмісних низькоконцентрованих розчинів проводили безпосередньо в ємності для промивання.

Поєднання процесу осадження і фільтрації в одному апараті дозволяє майже у 2 рази збільшити швидкість утворення гідроксикарбонату нікелю (II), в 1,5 рази збільшити швидкість фільтрації суспензії. Крім того, розрахунок сумарної кількості осаджувача показав, що його загальна кількість в 1,2 раз менше ніж при випробуваннях на укрупненій установці при близьких складах вихідних розчинів.

Склад осадів, отриманих при утилізації відпрацьованих розчинів, наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Склад осадів

Відпрацьований розчин	Результати хімічного аналізу, % ваг.				
	Ni^{2+}	Fe^{3+}	CO_3^{2-}	Cl	SO_4^{2-}
Сульфатний висококонцентрований розчин	47,5	0,12	29,3	0,05	0,95
Хлоридний висококонцентрований розчин	45,2	0,19	22,3	1,2	0,1
Сульфатний низькоконцентрований розчин	47,8	0,05	23,5	0,01	0,95
Хлоридний низькоконцентрований розчин	45,8	0,03	23,4	0,1	0,05
Державний стандарт 4466-78 «Нікель вуглекислий основний»	42-48	0,02	Не регл.	0,01	0,05

Висновки. Порівняльний аналіз осадів показав, що за основними показниками вони відповідають чинному ДСТУ 4466-78 «Нікель (II) вуглекислий основний водний». Осади можуть бути використані як добавки до шихти в металургійному виробництві, як сировина при приготуванні розчину нітрату нікелю (II) в технології каталізаторів нанесеного типу, а також як основна вихідна

сировина в технології каталізаторів змішаного типу після додаткової відмивання для зниження вмісту домішок.

Дослідно-промисловими випробуваннями показано, що для промивної ванни 1 м^3 і годинному навантаженню по покриттях $5 \text{ м}^2/\text{годину}$ витрата додаткової води може бути скорочена з 1,8 до 0,38 $\text{м}^3/\text{годину}$, що на 70 % менше витрати до проведення випробувань без погіршення якості промивання. Подача промивної води, як і раніше, здійснювалася лише при промиванні виробів.

Таким чином, пропонується технологія дозволяє повернути у виробництво дорогий нікель у вигляді хімічної продукції, що має попит, скоротити витрату промивної води й кількість стічних вод до 70%, значно поліпшити екологію в промислових районах.

Список літератури

1. Грищенко С. Г. Проблемы использования техногенных отходов промышленного комплекса Украины / С. Г. Грищенко, А. В. Ноговицын, В. Ф. Макагон // Новые, технологические и экономические аспекты использования отходов: тезисы докл. - Киев, 1998. - С. 3 - 5.
2. Галецкий Л. А. Перспективы получения цветных и редких металлов из технических отходов в Украине / Л. А. Галецкий, О. И. Бент. – Киев: Знание, 1994. – 30 с.
3. Белецкий В. М. Перспективы использования отходов гальванического производства / В. М. Белецкий // Новые, технологические и экономические аспекты использования отходов: тезисы докл. - Киев, 1998. - С. 44 - 45.
4. Зайцев В. А. Безотходные и малоотходные процессы сегодня и завтра / В. А. Зайцев. - М.: Знание, 1987. – 32 с.
5. Задорский В. М. Системная экологизация техники / В. М. Задорский // Экология химических производств: междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докл. - Северодонецк, 1994.- С. 22 - 23.
6. Суворин В. А. Совмещение процессов как методологический принцип экологизации химических производств / В. А. Суворин // Экология химических производств: междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докл. - Северодонецк, 1994.- С. 245 - 247.
7. Суворин В. А. Место совмещения процессов среди режимно-технологических приемов экологизации химических производств / В. А. Суворин // Экологическое образование специалистов технического профиля: I Украинская науч.-метод. конф.: тезисы докл. – Днепропетровск, 1995. – С. 39.

УДК 621.315.592

Р.Л.Салов, Р.В.Мілоцький.

МЕТОД ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ ХЛОРОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Запропоновано метод оцінки ефективності світло- і термостабілізаторів для хлорвмісних високомолекулярних сполук. Попередні досліди показали, що описаний метод може бути застосований і для інших хлорвмісних сполук, наприклад для пестицидів. Рис. 3, джерел 2.

Одним з критеріїв стійкості полівінілхлориду (ПВХ) до УФ-опромінення є швидкість виділення хлористого водню безпосередньо при опроміненні

полімеру[1]. Остання може бути визначена по збільшенню тиску газу HCl, що виділяється з полімеру, або шляхом його уловлювання лужним поглиначем і подальшого кількісного визначення [1].

Проте спостереження за дегідрохлоруванням ПВХ по збільшенню тиску HCl в замкнутій системі дозволяє визначити лише індукційний період дегідрохлорування, оскільки зміна тиску HCl може здійснювати істотний вплив на подальший хід процесу. Вимірювати ж швидкість утворення HCl шляхом його уловлювання і подальшого кількісного визначення досить важко внаслідок незначної кількості хлорогідрогену, що виділяється з ПВХ [1]. Тому вказані способи не набули широкого поширення при оцінці ефективності світлостабілізаторів.

У роботі [1] були використані дані про швидкість виділення HCl при Уф-опроміненні не стабілізованого ПВХ, але методика її визначення не приводиться.

При дослідженні термічної дії на ПВХ і оцінці ефективності світло стабілізаторів, HCl, що виділяється з мономеру зазвичай поглинають водою, а потім визначають його кількісно алкалі- або аргентометрично. При використанні аргентометрії кінець титрування найчастіше визначають потенціометрично [1]. Вказані способи кількісного визначення HCl мають ряд незручностей, що пов'язані з роздільним поглинанням HCl і подальшим титруванням, яке вимагає порівняно великої витрати часу.

Для порівняно швидкої оцінки ефективності світло стабілізаторів ПВХ по індукційному періоду до початку виділення HCl і за швидкістю виділення HCl після закінчення індукційного періоду ми використовували спеціальну установку і методику, об'єднавши поглинання HCl і титрування в один процес.

Для дослідження було використано суспензійний ПВХ. Схема установки для визначення швидкості виділення HCl безпосередньо при Уф-опроміненні ПВХ наведена на рис. 1.

Нестабілізований порошок ПВХ або його композицію з випробовуваним світло стабілізатором (0,01 моль/кг) поміщали в спеціальний човник з кварцового скла (розміром 150x16мм), а поверхню порошку зрівнювали з краями човники. Човник з полімером вставляли в кварцову трубку.

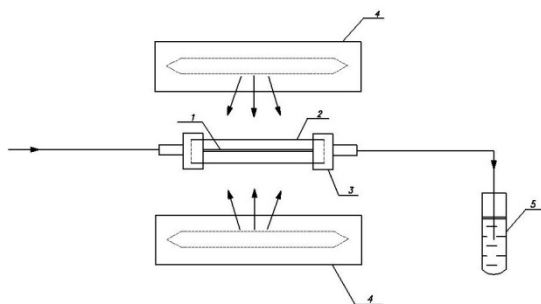


Рис. 1. Схема установки для визначення швидкості виділення HCl з хлорорганічної сполуки при Уф-опроміненні:
1 - човник для розміщення сполуки; 2 - кварцова трубка; 3 - рамка;
4 - лампи ДРТ-125; 5 - поглинач.

Кварцову трубку з човником вставляли в спеціальну рамку, в якій вони затискалися з торців, і герметизували за допомогою гумових прокладок. У рамці були зроблені відведення для пропускання повітря, що розташовані напроти торцевих частин трубки. У відведення після трубок поміщали індикаторний папірець конго-червоний для визначення початку виділення HCl. Рамку з трубкою

сполучали з системою воздухопроводів і поміщали між двома лампами ДРТ-125 на відстані 20 см від кожної.

Через 15 хв. після включення ламп і досягнення стаціонарного режиму роботи починали опромінення зразків. Кварцові трубки охолоджували обдуванням за допомогою вентилятора. Повітря, що пропускатися через трубки зі швидкістю 150 мл/хв, виносило HCl, що виділявся при опроміненні ПВХ, який уловлювали поглинювальними розчинами. Опромінення проводили при різних температурах на поверхні кварцової трубки. За цією методою, досягається ефективне УФ-опромінювання всієї поверхні зразка (верхню і нижню частини), що збільшує загальну кількість HCl, що виділяється, і забезпечує визначення його з більшою точністю.

Описана установка допускає варіювання умов дослідів. Так, наприклад, в кварцову трубку може бути поміщений не лише полівінілхлорид, але і зразки хлорвмісних пестицидів (ДДТ та інш.). Залежно від мети експерименту в трубку можуть бути подані повітря, кисень, інертний або будь-який інший газ. Зразки можуть бути піддані або лише світловій дії, або одночасній дії світла і тепла. Швидкість виділення HCl може визначатися алкалі- або аргентометрично.

Швидкість виділення HCl з ПВХ визначали безперервним титруванням водних розчинів лугу або нітрату срібла відомої концентрації, хлорогідрогеном, що безпосередньо виділяється з полімеру, і фіксували час титрування.

Таким чином, якщо зазвичай визначають кількість HCl, що виділяється, відповідну заданому проміжку часу, то в даному випадку, навпаки, визначається час, відповідний виділенню заданих кількостей HCl. Цей прийом, не міняючи суті методу, дозволяє набагато спростити визначення.

Алкаліметричний спосіб. У скляні пробірки поміщали по 2,5 мл 0,01 N розчину NaOH, 2-3 краплі індикатора фенолового червоного і додавали дистильовану воду, до об'єму 25 мл.

При проходженні повітря з HCl, що виділяється, через розчин лугу останній нейтралізувався і концентрація його в поглинювальному розчині безперервно знижувалася. Вживання фенолового червоного обумовлено необхідністю колірного переходу індикатору при рН=7. Закінчення нейтралізації всієї луги свідчило про виділення з ПВХ еквівалентної кількості HCl. Відмічали час, що пройшов від початку дослідів до зміни кольору індикатора.

Після закінчення дослідів будують криву дегідрохлорування ПВХ в координатах: кількість HCl, що виділився, - час. При цьому виходять з того, що нейтралізація 1 мл точно 0,01N розчину лугу відповідає виділенню з полімеру 0,01 ммоль HCl.

Слід мати на увазі, що використовуване повітря має бути вільним від CO₂ і інших газів, щоб уникнути нейтралізації ними лужного розчину поглинача, для чого повітря пропускають через колонку з аскаритом. З цієї ж причини воду, що використовують для приготування лужних розчинів, і самі розчини слід оберігати від контакту з кислотними газами.

Аргентометричний спосіб. При його використанні в пробірку замість лугу з індикатором заливали по 2,5 мл 0,01 N розчину нітрату аргентума. Момент витрачення катіонів аргентума і появу хлорид йонів визначали за допомогою потенціометра з ртутним і срібним електродами, опущеними безпосередньо в поглинювальний розчин. Як потенціометр використовували рН-метр ЛП-58.

Порівняння швидкостей термічного дегідрохлорування ПВХ, визначених алкалі- і аргентометрично, показало, що результати в обох випадках практично однакові.

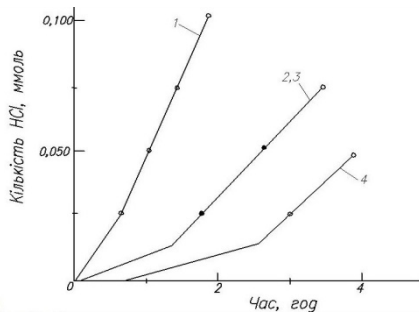


Рис. 2. Залежність кількості виділення HCl з хлорорганічних сполук від часу УФ-опромінення:

- 1 - полівінілхлорид;
- 2 - дихлордифенілтрихлоретан;
- 3 - гексахлорбензол;
- 4 – трихлорфенілвініл-диметилфосфат

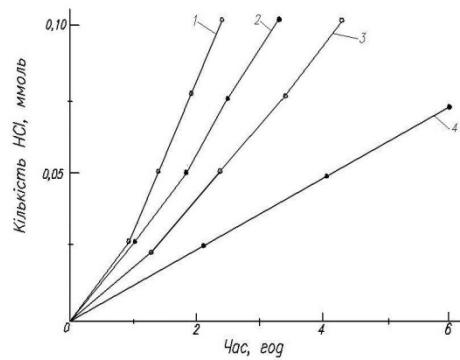


Рис. 3. Залежність кількості виділення HCl з хлорорганічних сполук від часу при термічній дії (175°C):

- 1 - полівінілхлорид;
- 2 - дихлордифенілтрихлоретан;
- 3 - гексахлорбензол;
- 4 – трихлорфенілвініл-диметилфосфат.

На рис.2 і 3 наведені кінетичні криві виділення HCl з ПВХ та деяких хлорвмісних сполук в струмі повітря (150мл/хв) при температурах 175⁰С та 35⁰С та УФ- опроміненні.

Як видно із рис.2 і 3, розклад речовин збільшується при УФ-опроміненні, що добре узгоджується з відомими даними[1].

Проведені дослідження показали, що описаний метод можна використовувати для оцінки ефективності термо- або світлостабілізаторів, а також для розкладання хлорвмісних сполук, зокрема для пестицидів[2].

Список літератури

1. Нейман М.Б. Старение и стабилизация полимеров/Нейман М.Б. -М.:Наука, 1964. - 345с.
2. Пат.74760 Україна, МПК(2006)В 09В 3/00.Спосіб знешкодження високотоксичних речовин/ Мілоцький В.В., Ільїна С.Е.; заявник і патентовласник Мілоцький В.В., Ільїна С.Е. -№а2005 08849; заявл.19.09.05;опубл.16.01.06, Бюл. № 1.

Р.В. Мілоцький, Р.Л. Салов

ВИКОРИСТАННЯ ПІНОМАТЕРІАЛІВ - КРОК ДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Розглядаються проблеми створення полімерної композиції, призначеної для виготовлення конструкційних виробів з пінопласту, заливальним методом. (Табл.2, джерел 3.)

Пінопласти є композиційні матеріали, що складаються з полімерної матриці, наповненої газовими, рідкими і твердими включеннями. Широке використання пінопластів, зокрема, твердих, обумовлено їхніми специфічними властивостями: малою питомою вагою, високою міцністю й ефективними тепло- і звукоізоляційними властивостями.

Відома велика кількість способів одержання спінених матеріалів на основі поліестерів, полістиролу, карбамідо-формальдегідних смол та інших полімерів[1]. Найбільш дешевою і доступною є піна на основі карбамідо-формальдегідних смол. Піну можна одержувати простим змішуванням цих смол з затверджувачем і цільовими домішками, що надають можливість отримання хімічно газонаповненого матеріалу. Компоненти таких композицій змішуються безпосередньо перед заповненням необхідних об'ємів у яких відбувається спінення і твердіння композиції [2].

В цій роботі задача полягала в одержанні пінопласту і виготовленні з нього твердих конструкцій різної конфігурації з заданими властивостями.

Раніш [3] нами було розроблено полімерну композицію для отримання пінопласту на основі карбамідо-формальдегідної смоли або суміші карбамідних смол, що зберігає текучість протягом технологічно доцільного часу, необхідного для виготовлення виробів методом залиття композиції в спеціальні форми і забезпечує отримання конструкційних виробів складної конфігурації, стійких до впливу високих температур (до +220⁰С), з підвищеними міцнісними і теплоізоляційними властивостями, а також що не виділяє токсичні гази при її спінюванні.

Особливість цього методу полягає в тому, що спінювачем є композиція, яка містить доломіт, як стабілізатор піни – поверхнево-активну речовину, з ряду алкілфенолів або алкілсульфонатів, у якості наповнювачів – алебастр і каолін (у співвідношенні 1: 0,5), а також містить кислотний отверджувач – адукт резорцину та ортофосфорної кислоти.

Дослідження конструкційних виробів з пінопласту з розробленої композиції показали, що міцнісні характеристики та ізоляційні властивості обумовлені складом полімерної матриці і залежать від властивостей і характеру взаємодії компонентів, що входять у композицію. Як полімерну матрицю обрано карбамідоформальдегідну смолу або суміш карбамідних смол, що добре піддається спіненню, у кількості 45 – 55 відсотків за масою, і яку підбирають у залежності від властивостей і якості смоли, що значно відрізняються у різних марок.

Агентом, що спінює, обрано - доломіт, гідрокарбонати кальцію і магнію(10 – 15 відсотків за масою), що забезпечує постійне виділення диоксида карбона і повільний ріст піни, що відбувається у замкнутому просторі (формі), і обумовлює зростання тиску при твердінні композиції.

Для зменшення крихкості пінопласту й підвищення його теплоізоляційних властивостей в композицію вводять адукт резорцину та ортофосфорної кислоти, що одночасно поліпшує текучість композиції при заливанні форм і повільність зростання піни, що дуже важливо для отримання дрібнопористої структури пінопласту. Адукт отримують шляхом введення в концентровану ортофосфорну кислоту (72%) резорцину. Співвідношення компонентів в отверджувачі підбирається із значення рН, необхідного для отвердження карбамідо-формальдегідної смоли, котре коливається в межах від 1 до 2. Виходячи із того, що резорцин є слабким лугом, на один моль кислоти необхідно 0,5 моля резорцину.

Резорцин додається порціями при перемішуванні, тому що, при цьому, перебігає екзотермічна реакція. Найбільш важливою умовою при отриманні стійких адуктів резорцину та ортофосфорної кислоти є температура, яка складає 20-25⁰С, тому що при підвищеній температурі (до 200⁰С), при реакції резорцину з фосфорною кислотою, утворюються сполуки нездатні для отвердження карбамідо-формальдегідних смол.

Для збільшення міцності утвореної піни у вологому стані і збереження її об'єму до остаточної полімерізації карбамідо-формальдегідної смоли, яка відбувається за 24 години, в композицію вводять наповнювачі алебастр в каолін. Алебастр на першому етапі швидко утворює кристалогідрат при взаємодії з водою, що міститься в карбамідо-формальдегідній смолі, підвищуючи стійкість піни у вологому стані в необхідних межах, а надалі після твердіння пінопласту, каолін робить матеріал більш еластичним, зміцнює пори пінопласту за рахунок утворення алюмофосфатних сполук, підтримуючи і зберігаючи пористість виробів у процесі експлуатації при підвищених температурах. Кількість і співвідношення алебастру і каоліну підбрано також експериментальним шляхом і складає 6,5 – 8,5 відсотків за масою. Вміст наповнювачів нижче наведених значень, призводить до зниження стійкості піни при формуванні виробів і зниженню їхньої міцності у вологому стані; збільшення - ускладнює спінення полімерної матриці та підвищує щільність і питому вагу виробів, при цьому знижуються ізоляційні властивості пінопласту.

Текучість композиції протягом технологічно доцільного часу, необхідного для заливання форм (15-20 хвилин), забезпечує суміш агента, що спінює і отверджувача, що одночасно є каталізатором.

Характер дії застосованих у композиції для отримання пінопласту компонентів окремо відомий, однак нами проведена експериментальна і дослідницька робота по підборі сполучення компонентів, їхньому взаємному впливу один на одного в конкретній композиції і кількісному вмісту для досягнення необхідної міцності, стійкості до дії високих (до 220⁰С) температур, пористості, тобто ізоляційних властивостей, текучості – здатності формуватися у заданій формі в заданий, оптимальний, з погляду технологічності час, що ілюструється прикладами, наведеними в таблиці 1.

Композицію для отримання пінопласту готують шляхом послідовного додавання в карбамідо-формальдегідну смолу (або суміш карбамідних смол у розрахунковому співвідношенні) доломіту, стабілізатора піни з ряду алкілфенолів або алкілсульфанатів і наповнювачів-алебастру і каоліну. Спінення композиції починається в ємності для заливання форм, об'єм якої повинен не менш ніж у три рази перевищувати об'єм композиції, що заливається, причому, для виготовлення виробу беруть кількість композиції з розрахунку, наприклад, 1/15 об'єму готового виробу і при перемішуванні додають у ємність кислотний отверджувач (35 відсотковий водяний розчин адукта резорцину та

ортофосфорної кислоти); компоненти перемішують мішалкою зі швидкістю обертання не менш 700 об/хв.

Таблиця 1.

Склад композиції для пінопласту

	Найменування компоненту	Приклади						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Смола КФМТ-50	60,0	55,5	52,0	47,8	45,0	55,5	47,8
2	Доломіт (натуральна подвійна сіль карбонатів кальцію і магнію)	13,0	13,7	15,2	16,5	17,0	13,7	16,5
3	Поверхнево-активна речовина: - ОП-10 - сульфанол НП-3	0,6 -	0,7 -	0,9 -	1,2 -	1,5 -	- 0,7	- 1,2
4	Суміш алебастру та каоліну у співвідношенні 1:0,5	6,0	6,3	7,4	8,5	9,0	6,3	8,5
5	Кислотний отверджувач 35% водний розчин адукта резорцину та ортофосфорної кислоти	23,0	23,8	25,9	26,0	26,5	23,8	26,0

Композицію для пінопласту вливають у форму необхідної конфігурації і закривають її. На протязі 10-15 хвилин відбувається самочинне спінення композиції в закритій формі з виділенням газу і збільшенням тиску; протягом наступних 10-15 хвилин пінопласт зтверджується. Форму розкривають, виймають вироби, що мають достатню міцність для їх переміщення, і укладають на стелажі до повного твердіння на 24 години, потім вироби сушать при температурі 40-60⁰С до необхідної вологості.

Отримані термоізоляційні вироби з пінопласту являють собою тверді конструкції з газонаповненого матеріалу від білого до жовтого кольору з пористою поверхнею із заданими міцнісними, технологічними і тепло-звукоізоляційними властивостями, що характеризуються фізико-механічними показниками, наведеними в таблиці 2.

Таблиця 2.

Фізико-механічні показники пінопласту

	Показник	Приклади						
		1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Кратність спінення, рази	8	10	15	20	20	10	20
2	Щільність, кг/м ³	150	120	90	70	110	110	70

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Міцність на стиск при 10-відсотковій деформації, МПа	2,3	6,7	6,5	6,0	3,5	6,6	6,2
4	Теплопровідність, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	0,055	0,045	0,040	0,035	0,050	0,045	0,035
5	Сорбційна вологість, %	15	2	3	4	10	2,5	3,5
6	Технологічна усадка, %	5	2	2	3	5	2	3

Пінопласт має щільність 70-120 $кг/м^3$, міцність на стиск при 10 відсотковій деформації –6,5- 6,7 МПа, теплопровідність 0,035-0,045 $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, сорбційну вологість – 2-4 %, технологічну усадку – 2-3 %.

Перевага пінопласту й композиції для його отримання полягає в тому, що він призначений для виготовлення термоізоляційних виробів з підвищеною стійкістю до високих температур, які можуть використовуватися для теплоізоляції технологічних трубопроводів, устаткування й огороження стін холодильних приміщень в діапазоні температур – 70⁰С -- + 220⁰С, а також паропроводів. Враховуючи, що спінування композиції відбувається нешкідливим газом, її можна використовувати в цивільному будівництві для перегородок і утеплення стін.

Вироби з пінопласту отримують заливальним методом, що не потребує складного устаткування і додаткових енерговитрат, а склад композиції для отримання пінопласту забезпечує необхідну текучість при заповненні форм для виробів будь якої конфігурації (плит, циліндрів, шкарлуп і сегментів) у залежності від потреб споживача. Вироби отримані з пінопласту характеризуються низькою теплопровідністю (не більш 0,045 $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$), низькою сорбційною вологістю (не більш 4%) і високою міцністю (не менш 6,0 МПа).

Список літератури

1. Берлин А.А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров/ А.А.Берлин, Ф.А.Шустов. - Москва: Химия, 1987. -324с.
2. Тараканов О.Г. Наполненные пенопласты/ Тараканов О.Г., Шамотов И.В., Алоперн В.Д. -Москва: Химия, 1989. -256с.
3. Патент 62919 Україна, МПК (2011.01) С 08L 61/00. Композиція для отримання пінопласту/ Мілоцький В.В.; заявник та патентовласник Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. -№ u201100770; заявл.24.01.11; Опубл. 26.09.11, Бюл. № 18.

О.В. Любимова-Зінченко, О.Г. Архипов, Р.Г. Заїка,
Д.О. Ковальов

ЗМІНА ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ ФЕРИТНОГО ТА МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ ПІСЛЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Значна частина обладнання хімічних і нафтохімічних підприємств вже вичерпала свій запланований ресурс. Сьогодні майже всі підприємства не мають можливості значних капітальних витрат. Тому основний напрямок залишається за використанням діючого обладнання і моніторингом його стану.

В даній роботі дослідження були спрямовані на порівнянні електрохімічних характеристик (потенціалу корозії $E_{кор}$, струму розчинення, потенціалу пітінгоутворення $E_{пу}$) сталей феритного та мартенситного класу в стані поставки і після тривалої експлуатації в умовах промислових виробництв.

Аналіз тенденцій змін структури металів і механічних характеристик, спонукає очікувати зміни їх електрохімічних характеристик після тривалої експлуатації в агресивних середовищах на підприємствах хімічної і нафтопереробної галузі. Виявлені зміни можуть бути причиною відповідних змін швидкості і характеру корозійних процесів. Окремі питання, пов'язані зі зміною електрохімічних характеристик внаслідок пластичного деформування і на початковій стадії корозійно-втомного руйнування вивчено в роботах [1, 2]. Тому подальші дослідження були спрямовані на порівняння електрохімічних характеристик експлуатованих сталей і тих же сталей в стані поставки. Коли така залежність між деградацією структури металу, механічних характеристик і зміною електрохімічних властивостей має місце, необхідно визначити, які саме електрохімічні характеристики здатні адекватно відслідковувати деградаційні процеси, що протікають в сталях, та, по можливості, знайти певну кореляцію між зміною деяких механічних і електрохімічних характеристик.

Було досліджено нержавіючі сталі різних класів: мартенситну сталь 20X13 після експлуатації протягом 32 років в середовищі оборотної води за температури близько 50 °С, феритну 08X13, в стані поставки і після тривалої експлуатації в умовах промислових виробництв.

Корозійну тривкість експлуатованих та вихідних сталей визначали в 3%-му водному розчині NaCl за температури 20±2 °С. Робочий розчин готували з водопровідної води, щоб забезпечити умови близькі до промислових. Зразки із сталі для досліджень готували за загально прийнятою методикою [3].

Електрохімічні дослідження проводили шляхом зняття поляризаційних кривих на потенціостаті марки ПІ-2М, застосовуючи стандартну трьохелектродну комірку. Робочий обсяг комірки - 100 мл. Корегування значень потенціалу на дифузійний потенціал не вносили [4,5]. Зняття поляризаційних кривих проводили згідно методики [5,6].

В ході електрохімічних досліджень встановлено, що сталь 20X13 після експлуатації в хлоридвмісному середовищі пасивується, відбувається гальмування анодної реакції окиснення металу. Потенціали корозії сталі у стані поставки та після експлуатації дорівнюють відповідно -0,300 та -0,230 В (рис. 1).

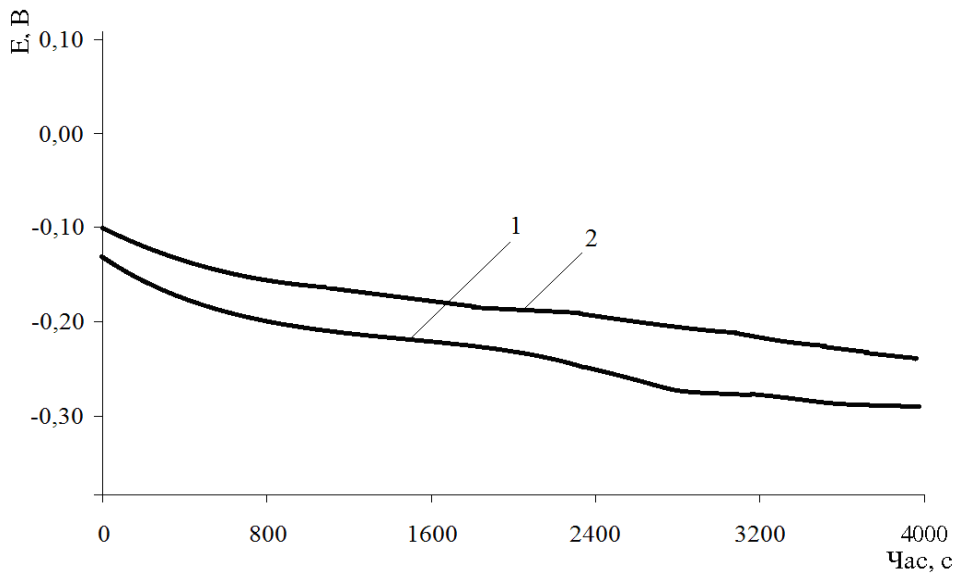


Рис. 1. Характер зміни потенціалу в часі сталі 20X13 в 3% розчині NaCl.

Струми анодного розчинення у пасивному стані, які переважно визначають швидкість корозійних процесів на нержавіючих сталях, за потенціалу корозії (i_n) у вихідній сталі в $\sim 2,4$ рази більші, ніж у експлуатованій. Потенціал пітінгоутворення ($E_{пг}$) сталі, що була в експлуатації, на 0,170 В, а потенціал репасивації ($E_{рп}$) – на 0,075 В додатніші, ніж у вихідній (рис. 2).

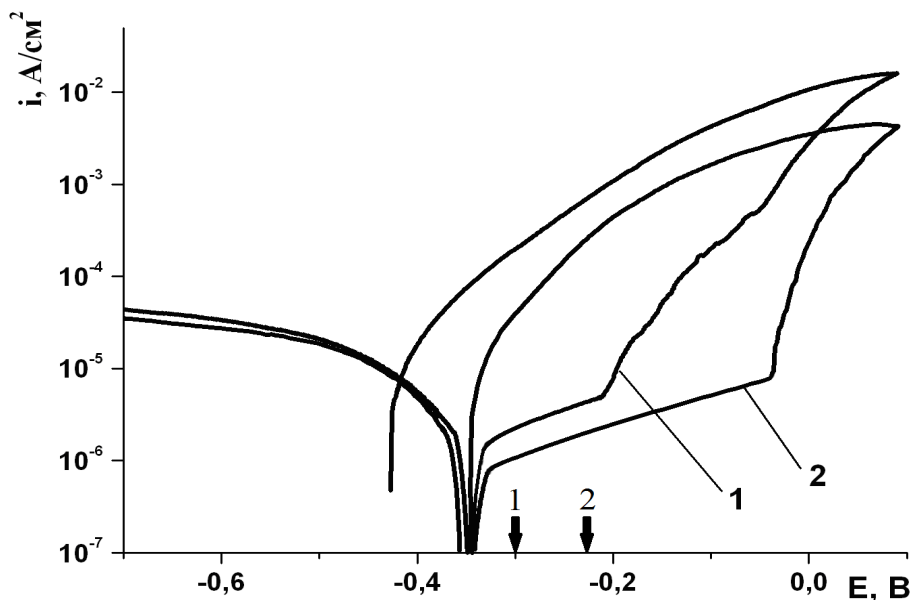


Рис. 2. Поляризаційні криві вихідної (1) і експлуатованої (2) сталей 20X13 в 3%-му розчині NaCl.

Для оцінки схильності сталей до пітингоутворення використовували ΔE -критерій: $\Delta E_{\text{пу}} = E_{\text{пу}} - E_{\text{кор}}$ та $\Delta E_{\text{рп}} = E_{\text{рп}} - E_{\text{кор}}$ (на всіх рисунках стрілками 1 і 2 показані потенціали корозії відповідно вихідної і експлуатованої сталей). Значення $\Delta E_{\text{пу}}$ для сталі, що експлуатувалась, на 0,100 В додатніше, ніж у сталі в стані поставки, а $\Delta E_{\text{рп}}$ у них практично не відрізняються.

Отже, внаслідок експлуатації сталі в оборотній воді її корозійна тривкість підвищилась, про що свідчить зміщення потенціалу в бік додатніших потенціалів та зниження струму розчинення в пасивному стані. Це можна пов'язати із стабілізацією структури металу в часі і можливим його селективним розчиненням впродовж експлуатації, внаслідок чого може зрости поверхнева концентрація пасивувальних елементів, в даному випадку хрому [7]. Співвідношення їх ΔE -критеріїв показує, що схильність до пітингоутворення у відпрацьованій сталі теж менша: пітинги на ній будуть зароджуватись важче, а репасивуватись за однакових потенціалів із сталю, що не була в експлуатації. Потенціали корозії обох сталей знаходяться між $E_{\text{пу}}$ та $E_{\text{рп}}$, тому якщо під час експлуатації цієї сталі створяться навіть короточасні умови для зародження пітингів, то вони можуть і не репасивуватись.

Досліджувалась сталь 08X13 з колонної апаратури після 21 року експлуатації на Лисичанському нафтопереробному заводі ТОВ „Линос” в середовищі бензинових фракцій за температури близько 100 °С. Вивчалась зміна в часі потенціалу.

Встановлено, що потенціал корозії експлуатованої сталі 08X13 ($E_{\text{кор}} = -0,180$ В) та в стані поставки ($E_{\text{кор}} = -0,190$ В) відрізняються незначно (рис. 3).

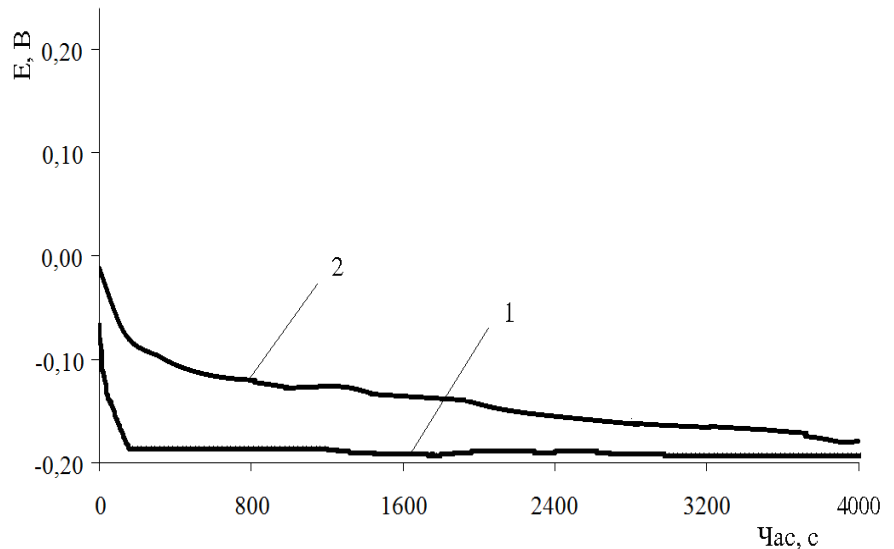


Рис. 3. Характер зміни потенціалу в часі сталі 08X13 в 3%-му розчині NaCl.

Струм розчинення в пасивному стані у сталі в стані поставки у ~8 разів більший, а потенціали пітингоутворення та репасивації додатніші відповідно на 0,040 та 0,027 В (рис. 4).

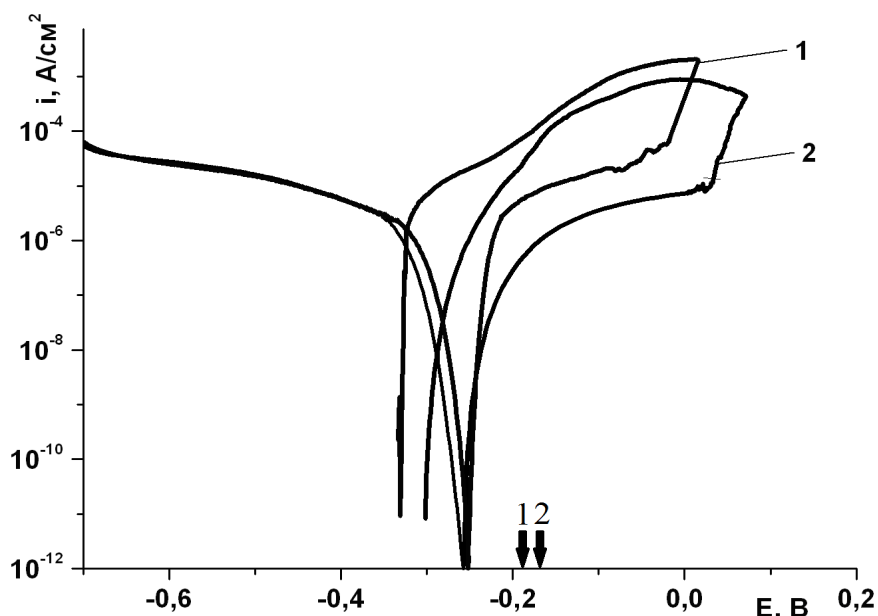


Рис. 4. Поляризаційні криві вихідної (1) і експлуатованої (2) сталей 08X13 в 3%-му розчині NaCl.

Внаслідок цього значення $\Delta E_{пу}$ та $\Delta E_{рп}$ експлуатованої сталі відповідно на 0,030 В та 0,017 В більші. Отже, можна стверджувати, що внаслідок експлуатації корозійна тривкість сталі 08X13 значно зросла, а схильність до пітингоутворення хоча і зменшилась, але не істотно.

Таблиця 1

Корозійно-електрохімічні властивості нержавіючих сталей у стані поставки та після експлуатації

Сталь		$E_{кор}$, В	$*i_n \cdot 10^6$ А/см ²	$E_{пу}$, В	$E_{рп}$, В	** $\Delta E_{пу}$, В	*** $\Delta E_{рп}$, В
20X13	Вихідна	-0,300	3,1	-0,210	-0,430	0,090	-0,130
	Експлуат.	-0,230	1,3	-0,040	-0,355	0,190	-0,125
08X13	Вихідна	-0,190	9,1	-0,020	-0,327	0,170	-0,137
	Експлуат.	-0,180	1,1	0,020	-0,300	0,200	-0,120

* i_n – анодний струм за $E_{кор}$;

** $\Delta E_{пу} = E_{пу} - E_{кор}$;

*** $\Delta E_{рп} = E_{рп} - E_{кор}$.

ВИСНОВКИ

1. Для експлуатованих сталей, що розчиняються в електрохімічно-активному стані характерним є зміщення потенціалу корозії у бік від'ємніших значень та зростання струму корозії за рахунок збільшення швидкості анодних процесів.

2. Для деяких нержавіючих сталей, яким характерна пасивація, тривала експлуатація приводить до зміщення потенціалу корозії у бік додатніших значень та зниження струму розчинення в пасивному стані. При цьому значення потенціалу пітінгоутворення стають додатнішими. Потенціал репасивації експлуатованих сталей змінюється в меншій мірі або взагалі не змінюється.

Список літератури

1. Колотыркин Я. М. Металл и коррозия / Я. М. Колотыркин. – М. : Металлургия, 1985. – 88 с.
2. Карпенко Г. В. Прочность стали в коррозионной среде / Г. В. Карпенко. – М. : Машгиз, 1963. – 185 с.
3. Томашов Н. Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы / Н. Д. Томашов, Г. П. Чернова. – М. : Металлургия, 1993. – 416 с.
4. Хома М. С. Вплив поверхневого пластичного деформування на електрохімічні характеристики і опір корозійно – втомному руйнуванню нержавіючих сталей // Фіз.– хім. механіка матеріалів. – 1994. - №1. – С. 125 – 127.
5. Похмурський В. І. Корозійна втома металів і сплавів / В. І. Похмурський, М. С. Хома. – Львів : Сполом, 2008. – 301 с.
6. Кузюков А. Н. Теория и практика коррозии и защиты металлов и оборудования химических и нефтехимических производств. – Луганск : Изд-во [Восточнoукр. нац. ун.-т им. В. Даля], 2004. – 184 с.
7. Архипов О. Г., Зінченко О. В., Ковальов Д. О., Заїка Р. Г. Оцінка деградації сталей обладнання нафтопереробних і хімічних виробництв // Металеві конструкції. Т. 15, № 2. - 2009. — С. 115-122.

УДК 620.197

Г.О. Татарченко

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОДБОРА КОНСТРУКЦИОННЫХ МЕТАЛЛОВ

Рассмотрено электрохимическое поведение нержавеющей сталей в кислых средах. Показано, что основным электрохимическим критерием склонности конструкционной стали к межкристаллитной коррозии является наличие на поляризационной кривой «катодной петли». Рис.2, Ист.8.

Межкристаллитная коррозия (МКК) является наиболее опасной для оборудования химических и нефтехимических производств [1]. Практика эксплуатации показывает, что до 40% оборудования, изготовленного из аустенитных нержавеющей сталей, подвержено этому виду коррозии. В большинстве агрессивных сред межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей протекает при потенциалах активно-пассивного перехода [2]. Известно [3], что МКК вызывается не только истощением хрома, а осаждением фосфатов или других соединений, которые контролируют коррозию. Появление склонности к низкопотенциальной, межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей чаще всего связывают с обеднением твердого раствора по хрому в участках, примыкающих к границам зерен, в результате образования богатых хромом фаз

72

вдоль этих границ [2,4]. Коррозионное разрушение возникает, когда зоны обеднения сливаются в практически сплошные узкие дорожки. Межкристаллитная коррозия нержавеющей стали может происходить в транспассивной области, по крайней мере, в некоторых растворах, которые содержат, например, CrO_4^{2-} , MnO_4^- , Fe^{3+} в азотной кислоте [3]. Авторы [5] выявили, что в сернокислых средах основной причиной межкристаллитного коррозионного растрескивания (МКР) оборудования, изготовленного из аустенитных сталей, служит проявление стали склонности к межкристаллитной коррозии.

Основным способом подбора конструкционного металла для оборудования химических и нефтехимических производств является определение общей или сплошной коррозии по изменению массы образцов, выдержанных в течение определенного времени в среде, для которой подбирается материал. Однако имеется целый ряд сред для различных металлов, в которых разброс полученных данных весьма велик и не позволяет однозначно ответить – можно ли применять данный металл в этих условиях [6].

Цель работы – электрохимическое исследование склонности нержавеющей стали к межкристаллитной коррозии.

Методика эксперимента. Исследования проводились на образцах стали 12X18H10T при температуре 25°C , которая поддерживалась при помощи термостата с точностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Потенциодинамические и потенциостатические поляризационные кривые снимали при помощи потенциостата П-5848 при скорости развертки 1,44 В/ч. Образцы обрабатывали по стандартной методике и перед снятием поляризационных кривых их катодно поляризовали 3 мин током плотностью $i = 10\text{A}/\text{m}^2$. Рабочие растворы –30%, 40% H_2SO_4 , их озонировали, пропуская озono-воздушную смесь со скоростью 40 л/ч. Концентрация озона в газовой фазе составляла 10^{-4} моль/л. Значения потенциалов пересчитаны относительно н.в.э. Скорость коррозии сталей определяли по потере массы образцов в рабочих растворах за $\tau=100$ часов.

Металлографические анализы и анализ на склонность металлов к межкристаллитной коррозии проводили с использованием стационарного микроскопа «Неофот-21». Исследовали нетравленную поверхность микрошлифа, наличие и глубину МКК устанавливали на протравленных шлифах при увеличении $\times 100$, $\times 500$, $\times 1000$, $\times 2000$, травление проводили до слабого выявления границ зерен. Максимальную глубину разрушения определяли в шести полях зрения, в которые включались участки с наибольшей глубиной МКК. Признаком стойкости против межкристаллитной коррозии при металлографическом контроле считается разрушение границ зерен на максимальную глубину не более 30 мкм.

Результаты и обсуждение. Гравиметрические испытания одинаковых образцов из стали 12X18H10T в озонируемом 30% растворе серной кислоты выявили, что четыре образца растворяются со скоростью коррозии $K_m \sim 0,9 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, а один - $4,0 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$. Если на электроде стали 12X18H10T снять поляризационные кривые в 30%-ном растворе серной кислоты (рис.1), то видно, что на анодной кривой имеется «катодная петля», которая указывает, что в данной среде сталь 12X18H10T имеет три потенциала коррозии: в области активного растворения, области пассивирования и в пассивной области анодной кривой. Это указывает на то, что в данных условиях сталь 12X18H10T находится в состоянии неустойчивой пассивности.

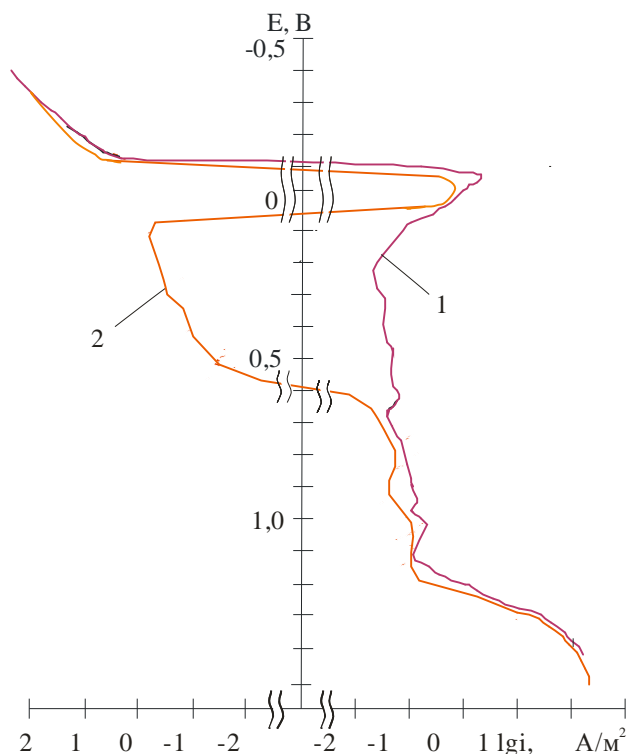


Рис. 1. Поляризационные кривые стали 12X18H10T в 30 %H₂SO₄, при t=20⁰C в условиях естественной аэрации -1 озонирования- 2.

Кроме общей коррозии для сталей, склонных и несклонных к межкристаллитной коррозии, по величине катодной петли можно определить скорость межкристаллитной коррозии нержавеющей стали. По характеру катодной петли с различной степенью достоверности можно судить о скорости коррозии металла в области активного растворения. Следует отметить, что вышеуказанное является верным только в том случае, если анодные и катодные процессы, протекающие в данной среде, связаны только с коррозией металла. В том случае, если в среде протекают еще процессы окисления-восстановления составляющих среды, то ошибка может быть весьма значительной. Однако с помощью платинового электрода можно определить наличие окислительно-восстановительных процессов в среде и их долю в сравнении с коррозией металла.

В качестве объектов исследования использовали образцы закаленной стали 12X18H10T и образцы той же стали, подвергшейся провоцирующему нагреву при 650⁰C в течение 2 часов (сенсibilизации). В случае сенсibilизированной стали по границам зерен выпадают хромсодержащие карбиды и появляется приграничная к карбидам область, обедненная хромом (рис.2а) [7,8]. Концентрация хрома в этой области меньше 12,5% масс, то есть ниже первого порога Таммана. Сталь после такого нагрева становится склонной к МКК, но зерна ее остаются практически такими же как у закаленной стали. Изменение характера анодной кривой зависит от изменений на границах между

кристаллами. На приведенной схеме (на рис.2б) видно, что катодная кривая пересекает анодную кривую в пассивной области. Потенциал коррозии E_1 находится в пассивной области и соответствует низким значениям плотности токов растворения.

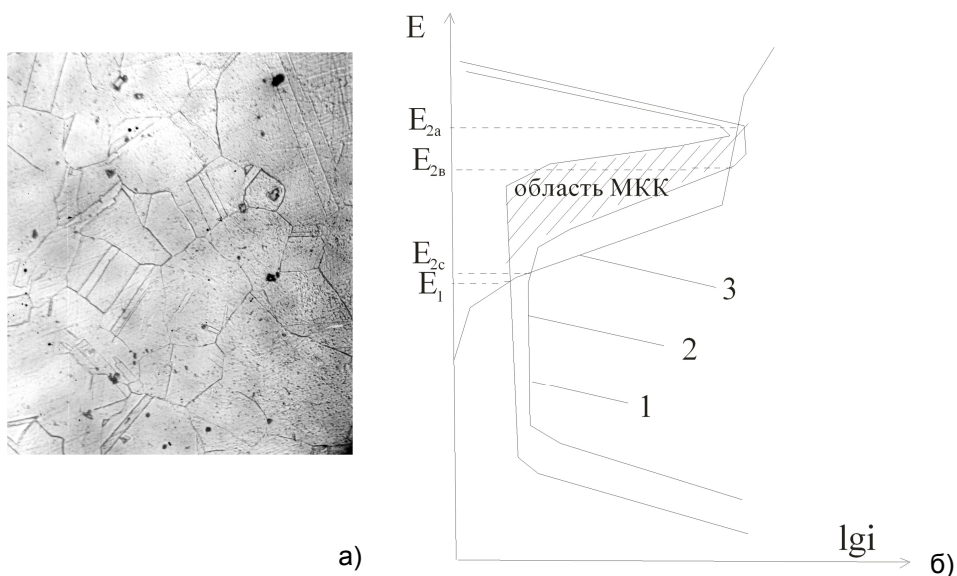


Рис.2. а) Микроструктура сенсбилизированной стали 12X18N10T; б) схема поляризационных кривых: 1 - анодная закаленной стали, 2 -анодная отпущенной стали (склонной к МКК); 3 – катодная.

Эта же катодная кривая пересекает анодную кривую отпущенной стали на значениях потенциалах E_{2a} , E_{2b} , которые находятся в области критической плотности тока, а также на потенциале E_{2c} - в пассивной области. Увеличение плотности анодного тока связано только с состоянием границ зерен, поскольку потенциал коррозии зерна остается в пассивном состоянии при E_{2c} . Разность между плотностями токов зерна и границ зерен характеризует величину плотности тока МКК. Графически эту величину можно определить по реальным поляризационным кривым (рис.1), Образование катодной петли для нержавеющей сталей есть критерий склонности ее к МКК.

Для расчета скорости МКК, согласно [2] следует учесть, что растворение сосредоточено в основном на границах зерен, что существенно меняет площадь поверхности, а, следовательно, и плотность тока. Если принять ширину границы, приходящейся на кристаллит, равной по многочисленным исследованиям $2R_{Me+}$, где R_{Me} - радиус тока металла, для железа он равен $1,27 \text{ \AA}$, а величину зерна 90 мкм при балле зерна равным четырем, то отношение площади границ ко всей поверхности составит примерно $1:10^5$. Следовательно, фактически плотность тока, при которой протекает МКК, существенно возрастает, что соответствует рис.1.

На основании проведенных исследований нержавеющей стали в кислых средах средних концентраций кислоты установлена возможность использования процесса озонирования кислых сред как способа защиты от коррозии для концентраций до 30%.

Нержавеющая сталь в присутствии озона в 30%-40% серной кислоте растворяется равномерно, МКК не подвергается, т.е. стали типа «18-10» в присутствии озона являются достаточно коррозионностойкими, что автор связывает с образованием стойких и прочных оксидных пленок на поверхности.

Выводы. При подборе коррозионно-стойких конструкционных сталей и сплавов, подверженных МКК, необходимо проведение электрохимических исследований, т.к. основным критерием склонности конструкционной стали к МКК является наличие на поляризационной кривой «катодной петли».

Список литературы.

1. Пономаренко Т.Т. К вопросу о причинах межкристаллитной коррозии нержавеющей сталей / Т. Т.Пономаренко // Защита металлов. - 1977. - №7. - С.-574-576.
2. Туфанов Д. Г. Коррозионная стойкость нержавеющей сталей, сплавов и чистых металлов : справочник. - М. : Metallurgia, 1990. - С. 276-307.
3. Пласкеев А. В. О роли хрома в процессе пассивации сплавов на основе железа / А. В.Пласкеев, В. М.Княжева // Защита металлов. – 1994. – Т.30, №6. – С. 565-569.
4. Бейн Е. С. Справочная книга по нержавеющей стали : сборник / Е. С. Бейн, К. Х. Аборн, И. К. Резерфорд ; под ред. Е. Тума. - М. : Metallurgizdat, 1940. – 305с.
5. Кузюков А. Н. Некоторые особенности коррозионного растрескивания оборудования в сернокислых средах / А. Н. Кузюков, В. П. Крикун, Ю. Я. Нишаенко // Защита металлов. - 1999. – Т. 35, № 3. - С. 321-323.
6. Татарченко Г. О. Влияние озона на коррозионное поведение стали 12Х18Н10Т, 08Х22Н6Т, 06ХН28МДТ в процессах синтеза азолдикарбоновых кислот / Г. О. Татарченко, Н. Ф. Тюпало, Гру Б. А. [и др] // Журнал прикладной химии. – 1991. - № 5. – С. 1085-1087.
7. Татарченко Г. О. Влияние озона на коррозионно-электрохимическое поведение сталей в процессах органического синтеза : дис. канд. техн. наук : 05.17.14 / Галина Олеговна Татарченко. – Северодонецк, 1993. – 156 с.
8. Кузюков А. Н. Защита аустенитной стали 12Х18Н10Т от межкристаллитной коррозии озонированием сред / А. Н. Кузюков, Г. О.Татарченко // Физико-химическая механика материалов.- 1995.- №3.-С. 114-116.

УДК 621. 65.004.6:622.323

В.А. Борисенко, А.Е.Резниченко, Н.И.Галабурда, Л.В.Карпюк,
Э.М.Кравцова

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЙ В ОСНОВНЫХ УЗЛАХ КОМПРЕССОРНОГО И НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье исследованы процессы, приводящие к образованию трещин и других повреждений в системе «кривошип-вал» компрессорного и насосного оборудования, которое работает в условиях повышенной коррозионной опасности. Даны рекомендации по срокам и месту проведения анализа деталей оборудования методами неразрушающего контроля. Рис.4. Ист. 4.

В химической и нефтехимической промышленности, наряду с основным, к которому могут быть отнесены колонны, реакторы и прочее аналогичное оборудование, важнейшую функцию выполняет компрессорное и насосное оборудование. Предназначенное для подачи, транспортировки и отвода различных газов и жидкостей, оно фактически отвечает за поэтапное ведение химико-технологического процесса.

В связи с этим очень важно обеспечить его стабильную, а главное, прогнозируемую бесперебойную работу. Большинство оборудования проработало на производствах химии и нефтехимии 20-30 лет и продолжает эксплуатироваться. Потому работа по анализу произошедших разрушений и рекомендации по мероприятиям, которые призваны устанить возможность разрушения, считается в настоящее время особо актуальной.

Во время работы детали компрессоров и насосов испытывают влияние циклических нагрузок, что приводит к появлению усталостных разрушений. Контроль за развитием разрушений выполняется методами металлодиагностики [1].

К П-образным унифицированным компрессорам относятся компрессор типа ИГ-266/320 (производство СССР), типа 2ШЛК-1420 (производитель ЧССР), а также немецких фирм "Эссинген", "Шварцкопф", "Хальберг" и др. Производительность этих машин при 125 об/мин. кривошипного вала равна 16000 м³/час. Они предназначены для сжатия водорода, окиси углерода или азотоводородной смеси от атмосферного давления до конечного 32 МПа. Мощность привода таких машин равна 3000 кВт.

Типичным представителем насосов может быть циркуляционный насос (ЦН) типа 5Г-6/285-320, которым комплектуются метанольные или аммиачные производства. Эти насосы предназначены для создания давления рабочей среды 29 МПа до 32 МПа. Мощность привода таких машин 900 кВт. Кинематические схемы циркуляционного насоса и компрессора типа ИГ-266-320 аналогичные. Мощность привода, которую получает кривошип любой из машин, передается кривошипно-ползунному механизму через соединения с натягом кривошипа с валом. В узле "кривошип-вал" разрушаются палец кривошипа и вал под посадкой. Разрушение пальцев и валов приводят к большим потерям на производстве и даже к авариям.

В связи с этим возникает большой практический интерес к причинам и характеру разрушения узла "кривошип-вал", а также к разработке схем эффективного неразрушающего контроля как средства обеспечения высокого качества изготовления и безаварийной эксплуатации.

На этих машинах устанавливают кривошипы двух видов, которые друг от друга отличаются только тем, что у одного из них палец выкован вместе со щекой, а у другого - посажен с гарантированным натягом. Кривошип, у которого палец выкован вместе со щекой, является узким местом этой конструкции, потому что там идет излом по галтели пальца. Палец кривошипа нагружается сосредоточенной силой, которая изменяется как по величине, так и по направлению нагрузки по пульсирующему циклу. При этом в следствие относительного перемещения шатуна и пальца точка приложения силы реакции шатуна относительно пальца будет передвигаться по дуге окружности в пределах 150° по или против часовой стрелки в зависимости от того, в какую сторону вращается вал кривошипа. Перемещение точки приложения силы будет противоположным относительно вращению вала. Дальнейший анализ загрузки [2] показывает, что нагружается одна и та же зона галтели пальца, которая начинается у отверстия щеки для посадки на вал и заканчивается на галтели

боковой поверхности пальца, после чего точка приложения силы возвращается в исходное положение. Это действие носит циклический характер и приводит к разрушению (Рисунок 1).

В то же время это место является также концентратором напряжений, что тоже уменьшает долговечность детали. Радиус галтели пальца кривошипа компрессора 20 мм, а в ЦН - 3-12 мм. По справочным данным [4] галтели, имеющих радиус 2-3 мм, дают коэффициент концентрации напряжений $K_\sigma=1,8-1,9$, галтели с радиусом более 7 мм имеют $K_\sigma=1,4$. Кривошпы на валы насаживаются по горячей посадке. Давление от посадки в таких соединениях колеблется в пределах 70-130 МПа.



Рисунок 1 - Общий вид усталостного разрушения вала компрессора (вид со стороны щеки)

У кривошпов компрессоров указанного типа есть еще одно отличие от кривошпов насосов типа ЦН. Расстояние между пальцем и отверстием в щеке для посадки ее на вал для первых равно 135-155 мм, а для вторых - 17 мм. Такое малое расстояние приводит к тому, что напряжение от посадки на вал влияет на напряжение галтели пальца. Такая картина распределения напряжений в узле палец-щека ЦН определяет место зарождения усталостных трещин. Во всех известных случаях разрушения пальцев кривошпов ЦН усталостные трещины зарождались на поверхности отверстия под посадку щеки на вал около галтели (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Общий вид зоны фреттинг-процесса на валу компрессора

Следует отметить также, что не было зарегистрировано ни одного случая разрушения вставленного пальца. В связи с этим кривошпы можно разделить

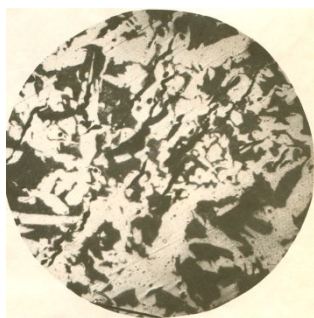
на две группы. К первой отнести кривошипы со значительной концентрацией напряжений (выкованные вместе), ко второй - со вставленными пальцами.

Было установлено также, что место зарождения усталостной трещины в кривошипах компрессоров в целом зависит от дефектов как концентраторов напряжений. Исследования качества материала [3] аварийно разрушенных кривошипов (Рисунок 3,а) показали, что они имеют общую пористость, горячие ковочные трещины, дендритную ликвацию, остатки усадочных раковин. Все материалы исследованных кривошипов были загрязнены неметаллическими включениями (Рисунок 3,б). В металлах кривошипов неметаллические включения состоят из силикатов, сульфидов, оксидов и оксисульфидов. Наиболее часто встречаются сульфиды. Изучение особенностей усталостного разрушения кривошипов указывает на то, что усталостные трещины обычно развиваются от одного неметаллического включения к другому, от одного дефекта ко второму. Если на пути развития трещины встречается группа включений или дефектов, то путь ее определяют те из них, которые дают более высокую концентрацию напряжений.

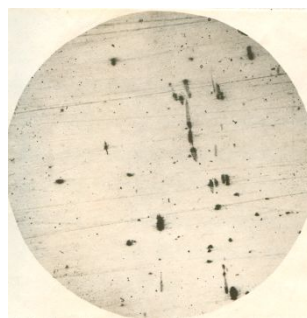
На многих химических производствах с целью увеличения производительности компрессоры, которые по паспорту работают на 125 об/мин, перевели без значительных затрат на 150 об/мин. Как результат, значительно уменьшилась долговечность узла. Это было вызвано резким ростом величины инерционных усилий от масс, которые двигались поступательно во время движения на холостом ходу. Анализ наработанных в НИИХИММАШе данных говорит, что долговечность валов находится в интервале $(88-1050) \times 10^6$ циклов работы.

Экспериментальные данные показывают, что компрессоры, работающие при 125 об/мин, имеют долговечность 65000 часов, а при 150 об/мин. - 15000-25000 часов.

Таким образом, долговечность первых в 2,6-4,3 раз ниже долговечности вторых. Консоль коренного вала испытывает нагрузки от одновременного действия переменных по времени крутящих моментов и изгибающих моментов, возникающих от составляющих поршневых сил и инерционной нагрузки. Моменты меняются по пульсирующему и асимметричному законам соответственно. Суммарное действие этих моментов на протяжении значительного времени работы вызывает напряжение растяжения в поверхностных слоях вала.



а



б

Рисунок 3 - Микроструктура металла вала:
а – общая структура; б – неметаллические включения

Анализ особенностей разрушения узла показывает, что они имеют ряд закономерностей. Характер разрушения усталостный. Трещины образуются, как правило, на консоли вала в зоне тепловой посадки кривошипа на вал на расстоянии 225-295 мм от торца консоли при ее общей длине 320 мм. Зона зарождения трещины расположена по оси симметрии узла, или со стороны пальца, или со стороны противовеса, с преимущественным развитием в направлении противоположном вращению. Строение трещин пилообразное. Усталостные трещины образовывались как в компрессорах ряда высокого давления (РВД), так и низкого (РНД). В зонах тепловых посадок кривошипов имели место коррозионные разрушения. Опытным путем было установлено, что на место зарождения трещины влияет конструктивное исполнение кривошипов. В узлах с кривошипами, которые имеют пальцы, выкованные вместе со щекой, трещины образовались на валах только со стороны пальцев. Там же, где у кривошипа были вставлены пальцы, разрушения была как со стороны пальцев, так и со стороны противовеса. Наблюдалась остановка в развитии трещин как в валах компрессоров, которые работали со скоростью 125 об/мин, так и 150 об/мин. Но для валов, работавших со скоростью 125 об/мин, характерным является то, что усталостные трещины имели свойство консервироваться на длительный срок. Некоторые трещины, наоборот, непрерывно развивались и довольно быстро приводили к разрушению вала.

На протяжении четырех месяцев наблюдали состояние трещин на валу компрессора на СПО "Азот" с помощью ультразвуковой дефектоскопии. Трещина имела глубину 35 мм и длину 133 мм по кругу. Во время наблюдения дальнейшего развития трещины не происходило.

На Черкасском ПО "Азот" наметилась трещина усталости в вале, которая наблюдалась на протяжении двух месяцев. Трещина имела максимальную глубину около 60 мм и длину по окружности в противоположную сторону вращению около 160 мм, а в сторону вращения - примерно 120 мм. За время наблюдения трещина также не развивалась.

Аналогичное наблюдение проводилось сотрудниками НИИХИММАШа и на Невинномысском ПО "Азот". Там трещина образовалась на валу компрессора, который работал с частотой вращения 150 об/мин. Наблюдения проводились на протяжении шести месяцев. Предварительно трещина была обнаружена, когда ее глубина была 40-50 мм и длина - около 227 мм. По результатам ультразвукового контроля за состоянием трещины была определена скорость ее развития. В отличие от валов, которые работали со скоростью 125 об/мин., остановки в развитии трещины были невелики.

Выводом из всего сказанного может быть рекомендация проведения ультразвуковой дефектоскопии не реже, чем 1 раз в 3-4 месяца, для гарантии своевременного обнаружения трещины и безаварийной работы компрессоров и насосов.

Следует также отметить, что какими бы не были остановки в развитии трещины, она продолжает развиваться и в целом это приводит к разрушению вала. Было установлено, что дальнейшее развитие трещины после консервации возникает при каждом запуске машины и работе ее на режиме холостого хода. Также это явление возникает при резком росте нагрузок при эксплуатации, которое может быть вызвано рядом причин, таких, например, как резкий рост давления на нагнетании.

Какие причины приводят к образованию трещин? На усталостную прочность влияет большое количество факторов. В этом случае наиболее существенным можно считать влияние на долговечность узла конструктивных

особенностей, давления, посадки, характера нагрузки, фреттинг-коррозии (Рисунок 4,а). Конструкция узла образует пик концентрации напряжений на расстоянии 290 мм от торца вала.

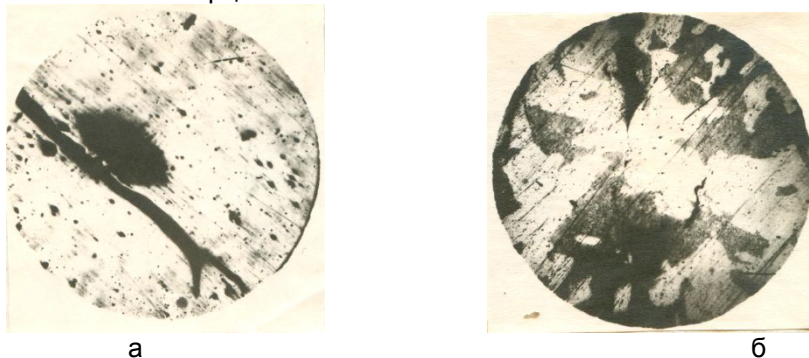


Рисунок 4 - Характер трещины на поверхности вала
в зоне фреттинг-коррозии – а и соединение язв микротрещинами – б

Для анализа влияния фреттинг-коррозии при исследовании трещины на анализ были взяты продукты из зоны коррозионных повреждений. Они имели темно-коричневый цвет и плотно покрывали зону коррозионных повреждений.

Химическим анализом было установлено, что в составе продукта 48,5% железа и 0,106 % серы. Другие составляющие - это минеральные масла и продукты их превращений при работе. После удаления продуктов коррозии и тщательной очистки зоны было найдено, что трещина покрыта язвами 2-3-мм глубиной до 1 мм (Рисунок 4,б). Язвы располагались группами. По характеру язвы отличались от коррозионных. В зоне был подготовлен шлиф и проведено металлографическое исследование с помощью переносного микроскопа. При микроисследовании были обнаружены трещины длиной более 50 мм, которые были расположены под углом 45° к продольной оси. Трещины шли по участкам с язвами. Оттиск на серу по методу Баумана указывал на равномерное распределение сульфидных примесей преимущественно продолговатой формы. Анализ проведенных исследований показывает, что фреттинг-процессы могут быть первопричиной образования усталостных трещин.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Наиболее напряженными зонами консоли вала являются поверхностные слои металла со стороны пальца. Большую часть цикла слои металла со стороны противовеса растянуты, а со стороны пальца - сжаты. Вероятным местом образования трещин усталости, с точки зрения величины напряжений от действия суммарных инерционных сил и крутящего момента, являются поверхностные слои металла со стороны противовеса.

В случае кривошипа, у которого палец выполнен вместе со щекой, а также в случае посадки на вал сборочного кривошипа с ранее насаженным пальцем на контактных поверхностях щеки и вала образуется неравномерное поле радиальных и круговых напряжений. На контактной поверхности вала (верхние слои) создается высокая концентрация напряжений.

Конструктивные особенности узла и характер распределения напряжений по длине соединения приводят к тому, что наиболее вероятным местом образования трещин усталости являются поверхностные слои вала на расстоянии 225-290 мм от торца консоли.

От действия циклических нагрузок и наличия микродеформации деталей на поверхности вала как со стороны пальца, так и со стороны противовеса, образуется фреттинг-коррозия, которая влияет на усталостную прочность из-за питтинга вследствие уменьшения поперечного сечения и образования локальных зон концентрации напряжений.

Как следствие совместного действия изгибающих и крутящих моментов, усталостные трещины развиваются под углом 45° . Возможны остановки в развитии трещин в результате перераспределений напряжений на их концах. Поверхность излома имеет ступенчатую форму.

При наличии разрыва и фреттинг-коррозии металла на поверхности вала со стороны пальца из-за аддитивности концентраторов напряжений в этой зоне узла концентрация напряжений является наиболее высокой. Это обстоятельство определяет место образование трещины усталости и долговечность вала в целом. При наличии в этой части узла лишь фреттинг-коррозии высокая концентрация напряжений возникает лишь на поверхности вала со стороны противовеса. Вал в этом случае разрушается в этой зоне.

На основании проведенных исследований установлен характер и причины разрушения узла компрессора «вал-кривошип» и разработана схема эффективного контроля усталостного разрушения методом эхо-импульсной ультразвуковой дефектоскопии.

Список литературы

1. Галеркин Ю. Б., Рекстин И. Ф. Методы исследования центробежных компрессорных машин / Ю. Б. Галеркин, И. Ф. Рекстин – М.: Машиностроение, 1969. – 289 с.
2. Лопин А. В. Причины разрушения компрессоров высокого давления / А. В. Лопин, А. Ф. Соколов, Т. Д. Накорнеева, В. А. Борисенко // Сб. Компрессорное и холодильное машиностроение.- ЦИНТИХимнефтемаш – 1968. - №1. - С. 49-56.
3. Березовский Л. Б., Накорнеева Т. Д. Особенности разрушения поршневых циркуляционных насосов и компрессоров высокого давления / Л. Б. Березовский, Т. Д. Накорнеева // Сб. Химическое и нефтяное машиностроение, - 1969. - №10. - С. 29-31.
4. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов – М.: Высшая школа, 1985. – 360с.

УДК 667.661.13

С.А.Ревенко, Д.А.Кутакова, М.А.Гликин, Л.В.Карпюк

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ПСЕВДО-ОЖИЖЕНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ

Представленный материал направлен на поиск путей повышения эффективности каталитических процессов, протекающих в псевдооживленном слое твердого материала. На примере глубокого окисления раствора уксусной кислоты в условиях аэрозольного катализа показана целесообразность обеспечения однородности кипящего слоя за счет импульсной подачи оживающего агента. Рис.3, Табл.1, Ист.7.

82

Известно, что для повышения технологической эффективности целевых процессов используются нестационарные слои каталитических систем. Из них широко распространено псевдооживление.

Внедрение технологических процессов в кипящем слое связано с необходимостью организации эффективного псевдооживления в аппаратах промышленного масштаба, что достаточно затруднено. Как правило, при этом возникает ряд проблем, которые неизбежно приводят к снижению эффективности целевого процесса [1,2]. Одной из основных проблем псевдооживленного слоя является его неоднородность - неравномерное распределение твердых частиц по объему слоя. При этом через слой движутся газовые пузыри, которые не только оказывают негативное влияние на характер движения газа и твердых частиц, но и существенно влияют на химическую эффективность каталитического процесса, т.к. с пузырями имеет место проскок непрореагировавшей реакционной смеси. Кроме того, наблюдается агломерация (комкование) мелкозернистого катализатора, что снижает равнодоступность его активной поверхности для реагентов, вследствие чего, падает степень конверсии сырья.

Целью настоящей работы является предложение инженерных решений, которые позволят улучшить однородность псевдооживленного слоя зернистого материала независимо от высоты его засыпки, а также снизить удельные расходы оживающего газа и катализатора.

Поставленная цель достигается тем, что газ, поступающий в каталитический реактор на псевдооживление зернистого материала и создание проточного движения катализатора через реактор, подается двумя потоками, один из которых подают импульсно.

Эффективность предлагаемого решения исследовалась в условиях глубокого окисления раствора уксусной кислоты (80 %) в условиях аэрозольного катализа (при псевдооживлении слоя зернистого инертного материала и восходящем движении через этот слой пылевидного катализатора) [3].

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке, принципиальная технологическая схема которой представлена на рисунке 1.

Основным аппаратом являлся реактор аэрозольного катализа (рисунок 2), внутренний диаметр которого составлял 50 мм, а высота – 1500 мм. Температура процесса в зоне катализа поддерживалась на уровне $600 \pm 20^\circ\text{C}$.

В качестве инертного зернистого материала использован кварцевый песок (далее инерт) с эквивалентным диаметром 0,7 мм. Высота слоя инерта составляла 1000 мм. Псевдооживление инерта осуществлялось воздухом, который одновременно являлся и окисляющим реагентом. При этом воздух в реактор поступал двумя потоками, один из которых подавался импульсно с частотой 6 Гц.

Катализатор в реактор (непосредственно в кипящий слой инерта) вводился пневмотранспортом с помощью дозатора эжекционного типа. В качестве катализатора использовался оксид железа III с исходным размером частиц 100-200 мкм.

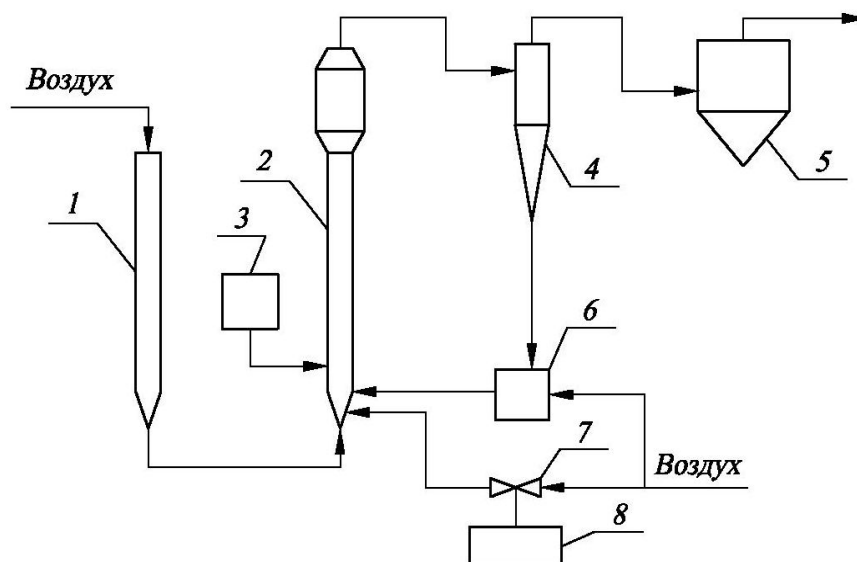


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:
 1 – воздухоподогреватель; 2 - реактор; 3 – дозатор окисляемого вещества;
 4 – циклон; 5 – фильтр; 6 – дозатор мелкодисперсного катализатора;
 7 – электромагнитный клапан; 8 – генератор частоты импульсов.

Реакционные газы с частицами катализатора выводились из реактора, обеспыливались и направлялись далее по технологической линии, а катализатор поступал в рецикл.

Надо подчеркнуть, что катализатор, пройдя псевдооживленный слой более крупного инерта, который выполняет ряд функций (тепло- и массоперенос, измельчение), после реактора имеет размер менее 1 мкм [4].

Известно, что переход от макрочастиц к микро- и наноразмерам приводит к изменению многих важных для катализа физико-химических свойств поверхности [5,6]. При этом повышается химическая активность материалов. Поэтому режим восходящего трассирования катализатора в данном предложении через псевдооживленный слой инерта в значительной степени определяет эффективность химического процесса, т.к. при этом имеют место дефекты поверхности (трещины, сколы и др.), которые генерируют все новые и новые активные центры. Это обеспечивает механохимическую активацию катализатора, за счет которой осуществляется постоянное обновление его активной поверхности непосредственно в процессе синтеза [7].

Для обеспечения оптимизации режима псевдооживления инерта предложен импульсный ввод части охлаждающего агента, который улучшает однородность и равномерность псевдооживленного слоя инерта.

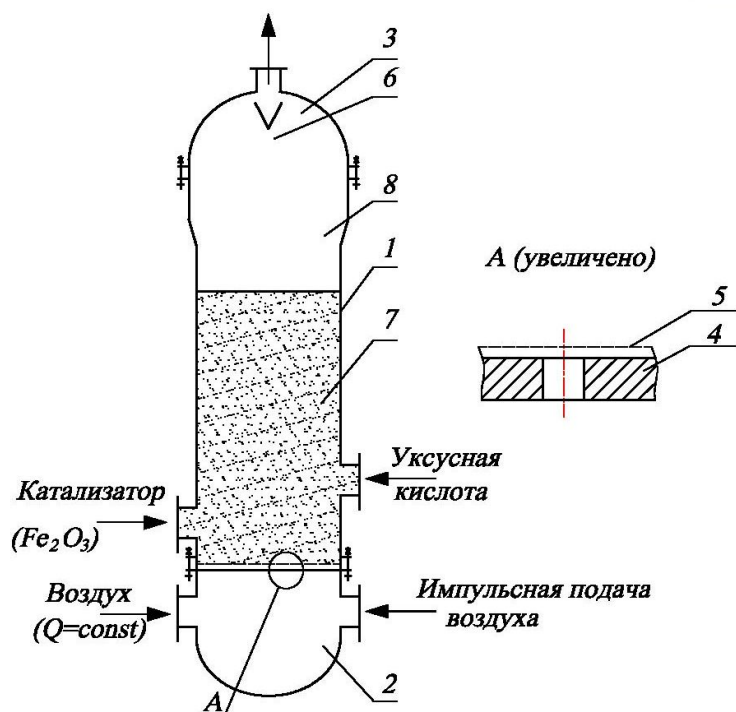


Рисунок 2 – Схема реактора:

1 – реакционная камера; 2 – камера оживающего газа; 3 – крышка; 4 – распределительная решетка; 5 – сетка; 6 – отбойник; 7 – инертный зернистый материал; 8 – надслоевое пространство

Результаты экспериментов приведены ниже в таблице 1 и на графике (рисунок 3). Для сравнения также приведены результаты аналогичных исследований эффективности процесса глубокого окисления раствора уксусной кислоты, но без импульсной подачи воздуха.

Таблица 1.

Результаты исследования эффективности процесса глубокого окисления раствора уксусной кислоты

№ пп	Расход воздуха, $\text{нм}^3/\text{час}$		Расход уксусной кислоты, $\text{г}/\text{час}$	Расход катализатора		Вид процесса	Степень окисления, %	Расход катализатора на ед. окисляемого вещества, $\text{Г}_{\text{кт}}/\text{Г}_{\text{орг}}$	Расход воздуха на ед. окисляемого вещества, $\text{г}/\text{нм}^3$
	общий	импульсно		$\text{г}/\text{час}$	$\text{г}/\text{нм}^3$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	4,38	2,3	195,1	36,9	8,43	$\text{C}_{\text{импульсом}}$	100,0	0,1891	0,0224
2.	4,38	2,3	252,0	36,9	8,43	$\text{C}_{\text{импульсом}}$	100,0	0,1464	0,0174

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.	4,38	2,3	419,7	36,9	8,43	С импульсом	100,0	0,0879	0,0104
4.	4,38	2,3	617,0	36,9	8,43	С импульсом	96,3	0,0598	0,0071
5.	4,38	2,3	700,0	36,9	8,43	С импульсом	90,0	0,0571	0,0063
6.	4,38	2,3	800,0	36,9	8,43	С импульсом	82,0	0,0461	0,0055
7.	4,38	2,3	884,8	36,9	8,43	С импульсом	70,8	0,0417	0,0049
8.	2,63	-	108,3	30	8,27	Без импульса	100,0	0,2770	0,0243
9.	2,76	-	145,0	30	11	Без импульса	98,7	0,2069	0,0190
10.	2,94	-	213,3	30	10,2 2	Без импульса	90,1	0,1406	0,0138
11.	2,73	-	404,7	30	11	Без импульса	84,0	0,0741	0,0068
12.	2,73	-	420,8	30	11	Без импульса	78,0	0,0713	0,0065
13.	2,73	-	535,0	30	11	Без импульса	69,0	0,0561	0,0051
14.	2,73	-	591,0	30	11	Без импульса	64,0	0,0508	0,0046
15.	2,73	-	650,4	30	11	Без импульса	59,6	0,0461	0,0042

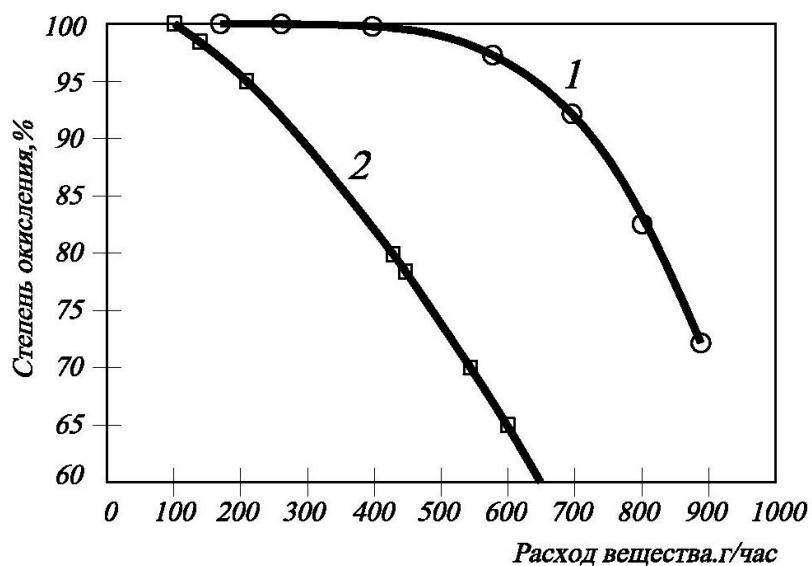


Рисунок 3 – Зависимость степени окисления 80% водного раствора уксусной кислоты от её расхода:
1 – с импульсом; 2 – без импульса.

Как видно из полученных данных, использование импульсной подачи оживающего газа позволяет при 100% окислении уксусной кислоты кислородом воздуха увеличить производительность лабораторной модели каталитического

реактора примерно в 4 раза, и при этом снизить удельные расходы катализатора в 3 раза и оживающего воздуха в 2 раза.

Таким образом, предложенное техническое решение позволяет повысить однородность псевдооживления инертного материала в реакторе, исключить агломерацию мелкодисперсного катализатора, обеспечить его регенерацию непосредственно в зоне катализа за счет механохимической активации, повысить степень конверсии сырья.

Список литературы

1. Кунии Д., Промышленное псевдооживление / Д. Кунии. О. Левеншпиль - М. : Химия, 1976. - 448 с.
2. Катализ в кипящем слое / И. П. Мухленов, В. Н. Анохин, В. А. Проскураков и др. - Л.: Химия, 1978. - 232 с.
3. Гликин М. А. Аэрозольный катализ / М. А. Гликин // Теоретические основы химической технологии. – 1996. - Т. 30, № 4. - С. 430-434.
4. Аэрозольный катализ. Возможности, проблемы, решения / М. А. Гликин, Д. А. Кутакова, Е. М. Принь, Е. В. Фурсов // Химическая промышленность. - Москва. – 1999. - № 3. - С.15 -21.
5. Гетерогенный катализ на пористой структуре и в аэрозоле / М. А. Гликин, Д. А. Кутакова, Е. М. Принь [и др.] // Катализ и нефтехимия – Киев. - 2000, - № 5-6. - С. 92-100.
6. Болдырев В. В. Экспериментальные методы в механохимии твердых неорганических веществ / В. В. Болдырев – Новосибирск : Наука, 1983. – 64 с.
7. Активация минералов при измельчении / [Молчанов В. И. и др.] : - М.: Недра, 1988. – 208 с.

УДК 614.838

Д.А. Тюльпинов, А.Д. Тюльпинов

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПЛАМЕНИ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ С РАЗЛИЧНЫМИ ДИАМЕТРАМИ ОЖИЖАЕМЫХ ЧАСТИЦ

Изучено влияние диаметра частиц псевдооживленного слоя в огнепреградителе на эффективность локализации пламени. Установлено, что вследствие увеличения скорости потока в насадке повышается эффективность локализации пламени. Рис. 2, Лит. ист. 5.

Введение

Локализация пламени в огнепреградителе может быть обеспечена применением псевдооживленного слоя [1, 2]. Исследованы слои с диаметром частиц 0,3 – 2,5 мм. Применение слоёв с большим диаметром частиц не исследовано.

Целью работы являлось выявление особенностей распространения пламени смеси природного газа с воздухом в псевдооживленный слой с малыми и большими диаметрами оживаемых частиц.

Задачей работы было определение глубины распространения пламени смеси природного газа с воздухом в псевдооживленный слой с частицами слоя в интервале 0,5 – 4,0 мм.

Экспериментальная часть

Исследования проводились в реакторе проточного типа на установке, описанной в [3].

Для определения глубины распространения пламени в слой в качестве датчика применялась термопара. Использование термопары, помещаемой на различную глубину слоя, в качестве датчика прохождения пламени, основывалось на резком увеличении температуры в момент прохождения фронта пламени через зону установки термопары (рис. 1). На применении метода не сказываются оптические характеристики слоя, что удобно при сравнении гасящих свойств силикагеля и катализатора. Результат (проскок или гашение пламени) определяется сразу же в момент проведения эксперимента. Более точные результаты получаются при невысоких температурах слоя, что связано, очевидно, с большей разностью температур между термопарой, нагретой продуктами сгорания, и начальной температурой слоя. К недостаткам метода можно отнести инерционность термопары. Это особенно сказывается при установке термопары в зоне, находящейся значительно выше зоны максимального проникновения пламени в слой. В этом случае время контакта зоны горения с термопарой мало для резкого увеличения температуры термопары ввиду различной теплоемкости материала термопары и горючей смеси. В дальнейшем термопара показывает температуру слоя, то есть плавно возрастает. Резкого отклонения стрелки милливольтметра, указывающего на проникновение пламени в зону установки зонда, не наблюдается.

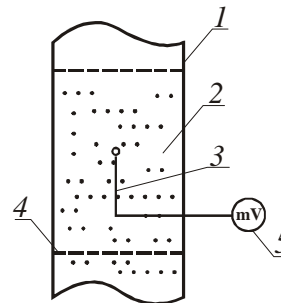


Рис. 1. Принципиальная схема фиксации прохождения пламени с помощью термопары: 1-огнепреградитель; 2 - псевдооживленный слой; 3 - термопара; 4 - газораспределительная решетка; 5 - милливольтметр.

Хороший эффект дает применение термопары при исследовании проникновении пламени через всю высоту слоя. В этом случае термопара устанавливается в слое на небольшом расстоянии от газораспределительной решетки (около 0,01 м). Пламя, проникая через весь слой, устойчиво горит в прирешеточной зоне и инерционность термопары не оказывается на точности фиксации. При использовании термопары в качестве датчика проскока пламени через всю высоту слоя, устанавливали дополнительную термопару в средней части слоя. Это позволяло сопоставлять поведение датчиков и определять температуру слоя.

Показания, воспринимаемые от термопары, установленной в непосредственной близости от газораспределительной решетки, могут существенно отличаться от средней температуры слоя за счет ее охлаждения (нагрева) газом, поступающим из зоны смешения.

Результаты экспериментов.

В зависимости от диаметра ожижаемых частиц наблюдается три характерных режима распространения инициированного в надслоевой области горения в объем слоя (рис. 2): гашение пламени, проникновение пламени в слой и невозможности распространения пламени в слой из-за высоких линейных скоростей потока газов.

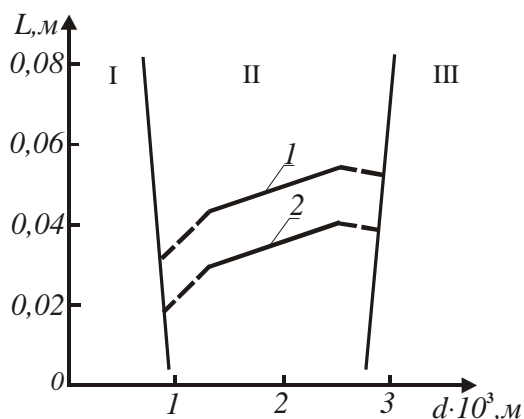


Рис. 2. Изменение глубины проникновения пламени от диаметра частиц для 9% смеси природный газ-воздух. 1 – $\varepsilon = 0,55$; $T = 673K$; 2 – $\varepsilon = 0,55$; $T = 573K$. I- Зона гашения пламени; II- Пламя проникает в слой на некоторую величину; III- Пламя выносится из слоя.

Области характерных режимов проникновения пламени в слой не имеют четких границ, и экспериментальное их определение вызывает значительные затруднения. Но с ростом диаметра частиц глубина проникновения пламени в слой растет.

Обсуждение результатов экспериментов

При применении в псевдооживленном слое частиц более крупного размера для псевдооживления слоя необходима более высокая скорость потока ожижающего газа [4]. При этом можно было ожидать улучшение условий распространения пламени за счёт турбулизации потока газов и ухудшение условий распространения пламени за счёт уноса пламени из слоя. Следствием турбулизации является искривление поверхности пламени. Если сгорающий газ сильно турбулизован и малые элементарные участки холодной горючей среды в значительной степени перемешаны с горячими продуктами сгорания, то пламя уже нельзя рассматривать как поверхность, разделяющую две среды. Возникает размытая турбулентная зона, в которой высока и суммарная скорость химического превращения, что обусловлено чрезвычайно развитой поверхностью пламени [5]. Результаты экспериментальных исследований показали, что влияние уноса пламени проявляется сильнее.

Выводы

Увеличение скорости потока в насадке повышает эффективность локализации пламени псевдооживленным слоем.

Список литературы

1. Гликин М. А. Распространение метановоздушного пламени в псевдооживленном слое твердого материала / М. А. Гликин, Л. М. Савицкая, А. Д. Тюльпинов // Физика горения и взрыва / СО АН СССР - Новосибирск., 1984.- № 5. - С. 43-45.
2. Декл. пат. України № 7664, кл. 7 А62С3/04. Спосіб вибухозахисту при експлуатації систем транспортування газів і пилогазових сумішів / О. Д. Тюльпін, Д. О. Тюльпін, О.Г. Крошкіна (Україна); заявник та власник патенту Держ. ін-т техніки безпеки хім. виробництв - № 20040604840; Заявл. 21.06.2004; Опубл. 15.07.2005; Бюл. №7.
3. Тюльпинов Д. А. Теоретические аспекты определения температуры гашения пламени слоем катализатора / Д. А. Тюльпинов, А. В. Суворин, А. Д. Тюльпинов, Р. Г. Заика // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля. - 2011. - № 10 (2), ч. 2. - С. 113-119.
4. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под. ред. П. Г. Романкова. - 10-е изд., перераб. и доп. – Л. : Химия, 1987. - 576 с.
5. Розловский А. И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами / А. И. Розловский — М. : Химия, - 1980. - 376 с.

УДК 66.01.011

Н.А. Кочергин, Аль Хайят Мохаммед Н.К., Мохаммед Абдуллах Д.М.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВЫХ РАСПЫЛИВАЮЩИХ ПРОТИВОТОЧНЫХ МАССОБМЕННЫХ АППАРАТОВ (ВРПМА).

Рассмотрен подход к экспериментальному исследованию ВРПМА, описан экспериментальный стенд и методика проведения исследований. Получены графические зависимости брызгоуноса и гидравлического сопротивления от скорости ввода газового потока в аппарат.

Вихревые противоточные аппараты являются новым перспективным массообменным оборудованием, исследование которого представляет интерес для химической и нефтехимической промышленности [1]. Недостаточное количество экспериментальных исследований сдерживает их широкое применение и разработку универсальных инженерных методов расчета, поэтому экспериментальное исследование этого вида аппаратов является актуальным.

Одними из вопросов для исследования являются брызгоунос и гидравлическое сопротивление аппарата. Величину брызгоуноса экспериментально определяем как разность между расходами входящего и выходящего потока жидкости:

$$\dots, \quad (1)$$

где $L_{вх}$ – расход жидкости на входе в аппарат, кг/с;
 $L_{вых}$ - расход жидкости на выходе из аппарата, кг/с.

Гидравлическое сопротивление при наличии жидкой фазы определяется согласно зависимости [2]:

$$\dots, \quad (2)$$

где $P_{вх}$ – полное давление на входе в аппарат, Па;
 $P_{вых}$ – полное давление на выходе из аппарата, Па.

Одним из характеристик для определения сопротивления аппарата, является коэффициент сопротивления [3]:

$$\dots, \quad (3)$$

где ρ_g – плотность газа, кг/м³;
 $V_{вх}$ - скорость газа на входе в аппарат, м/с.

Вследствие всего вышеизложенного, необходимо исследовать зависимость гидравлического сопротивления и коэффициента сопротивления на различных режимах работы аппарата.

Для проведения экспериментов спроектирован стенд, который изображен на рисунке 1.

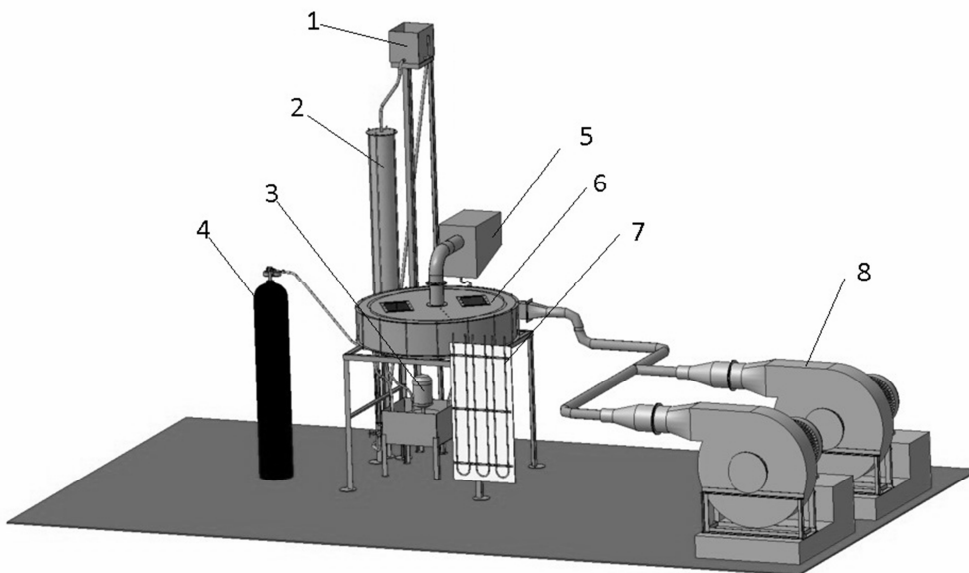


Рис. 1. Схема экспериментального стенда для исследования характеристик ВРГМПА. 1 – напорный бак; 2 – насадочная колонна; 3 – насос; 4 – баллон с CO₂; 5 – брызгоуловитель; 6 – массообменная камера; 7 – блок U образных манометров; 8 – газодувки.

В данных исследованиях для нахождения коэффициента массоотдачи жидкой фазы были проведены опыты по десорбции плохо растворимого в воде газа CO₂. В этом случае можно пренебречь сопротивлением газовой фазы и

считать, что коэффициент массоотдачи, определенный в жидкой фазе, равен коэффициенту массопередачи [4].

В связи с малыми концентрациями CO_2 в газе и высокой константой фазового равновесия в смеси углекислый газ-вода ($m_{yx} = 1440$) влиянием газовой фазы на движущую силу процесса десорбции можно пренебречь.

Вода и диоксид углерода, подается насосом в насадочную колонну, где происходит абсорбция водой диоксида углерода до равновесного состояния при температуре эксперимента. Насыщенная жидкость подается в напорный бак и под действием силы тяжести поступает в массообменную камеру, где распыляется с помощью форсунки. При движении капель в массообменной камере происходит десорбция диоксида углерода в газовую фазу. При выходе из камеры установлен брызгоотделитель, который задерживает капли, которые содержатся в воздухе. Уловленная жидкость из массообменной камеры стекает обратно в исходную емкость.

Для определения гидравлического сопротивления аппарата установлены трубки для замера статического давления на прямолинейных участках одинакового диаметра на входе и выходе из аппарата. Трубки установлены таким образом, чтобы исключить влияние вихревого потока и кривизны трубопроводов на результаты.

Важным параметром характеризующим работоспособность аппарата является брызгоунос жидкой фазы. В связи с этим проведены эксперименты по оценке эффективности работы брызгоотделителя. Для этого проведен замер количества входящей жидкости в аппарат и выходящей из него. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что ВРПМА работает с малым брызгоуносом (до 1%).

При исследовании аппарата изменялся как расход жидкости, так и газа, что обеспечило оценку гидродинамики при различных режимах.

Результаты экспериментальных данных приведены на рисунках 2 и 3.

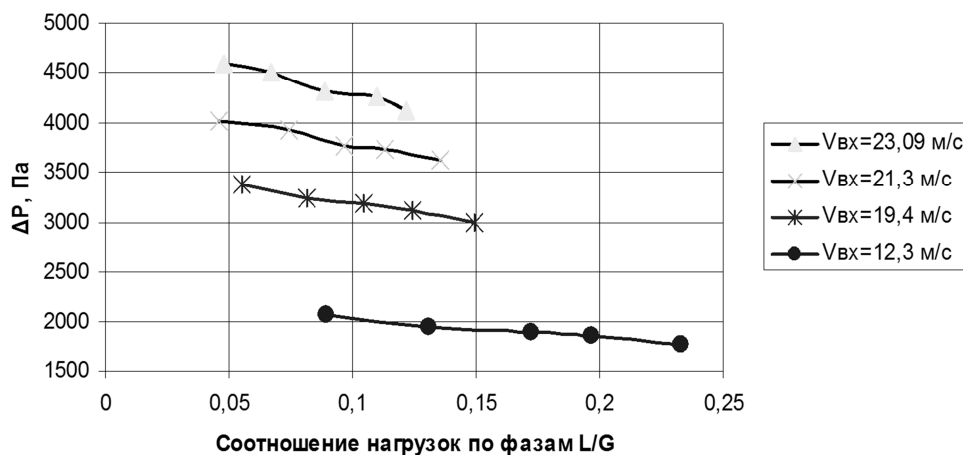


Рис. 2. Влияние соотношения нагрузок по фазам на гидравлическое сопротивление массообменной камеры, при различных начальных скоростях газа V (м/с), $D_k=1100$ мм, L – нагрузка по жидкой фазе (кг/с), G – нагрузка по газовой фазе (кг/с).

Результаты экспериментов свидетельствуют о понижении гидравлического сопротивления при повышении содержания жидкости в газе, что подтверждает высказанные ранее предположения о вовлечении жидкости во вращательное движение за счет энергии газового потока [5].



Рис. 3. Изменение брызгоуноса жидкости, в зависимости от соотношения нагрузок по фазам, при различной начальной скорости газа V (м/с), $D_k=1100$ мм, L – нагрузка по жидкой фазе (кг/с), G – нагрузка по газовой фазе (кг/с).

Увеличение нагрузки по жидкости приводит к увеличению скорости истечения. Как следствие капля жидкой фазы начинает вовлекаться во вращательное движение на большем радиусе. Экстремум функции показывает при каких нагрузках идет наибольшее увлечение капель вихревым потоком. Необходимо выбирать диапазон нагрузок по фазам исходя из конструктивных особенностей распылителя и физических свойств распыляемой жидкости.

Список литературы

1. Склабінський В. І., Вплив бризковиносу на ефективність роботи вихрових розпилювальних протічійних масообмінних апаратів. // Хімічна промисловість України. - 1999. - №6. - С. 60-63.
2. Склабінський В. І., Вплив рідкої фази на гідравлічний опір вихрового розпилювального протічійного масообмінного апарата. // Хімічна промисловість України. - 1998. - №5. - С. 33-36.
3. Овчинников А. А., Николаев Н. А. Определение радиуса вихря в газовых камерах // Труды Казанский химико-технологический институт им. С. М. Кирова. - 1973. - Вып. 52. - С. 9-14.
4. Рамм В. М. Абсорбция газов /В. М. Рамм. - М. : Химия, 1976. - 655 с.
5. Б. Г. Холин, И. А. Ковалев, В. И. Склабинский. Гидродинамика двухфазных потоков в вихревом противоточном массообменном аппарате // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 1982. - Том XXV. - Вып. 7. - С. 894-897.

И.И. Багринцев, В.Б. Модестов, С.А. Ревенко.

СМЕШИВАНИЕ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СМЕСИТЕЛЕ С УГОЛКОВЫМИ И ВИНТОВЫМИ РЕШЕТКАМИ

Изучен процесс смешивания и усреднения гранулированных материалов при использовании для смешивания этих материалов уголковых и винтовых решеток, установленных в корпусе смесителя. Было выявлено, что за один проход высококачественную смесь получить не удастся, поэтому для улучшения приготавливаемой смеси необходимо использовать пневмоциркуляцию этих предварительно смешанных материалов.

В ряде случаев возникает необходимость получения однотипной качественной смеси в больших объемах. Такая необходимость обычно может возникнуть в случае, когда смешивание компонентов происходит в аппаратах периодического действия в сравнительно небольших количествах, а по условию производства требуется применять однородную смесь компонентов. Для примера можно привести многие типы красителей, которые получают обычно в аппаратах небольшого объема. Получаемые партии красителей из-за сложностей строгого соблюдения рабочих условий могут по своим свойствам отличаться друг от друга. Поэтому партии красителя перед их отправкой заказчиком усредняют, т.е. смешивают между собой. Для этих целей требуются смесители больших объемов, основными элементами которых являются корпуса большого размера. Так же должны быть однородны по качеству (к примеру, по индексу расплава) приготавливаемые на производстве и отправляемые заказчиком полученные полимерные материалы.

В настоящее время в усреднителях для ускорения процесса смешивания применяют пересыпные усреднители, снабженные горизонтальными и вертикальными шнеками, подающие смешиваемый материал в бункер. В этих смесителях для получения нужного качества смеси требуется пересыпать в бункере материал свыше 30 раз [1].

Для ускорения процесса смешивания в бункерных усреднителях может применяться центробежный смеситель с вращающимся конусом [1].

Усреднять партии материалов можно так же в пневматических смесителях, в которых гомогенизация сыпучего материала достигается за счет псевдооживления или за счет внутренней циркуляции материала, когда смешиваются материалы в потоке [2]. В пневмосмесителях фирмы Fatherland Werk Herfeeds (Германия) потоки сыпучей массы, транспортируемые газом, направляются навстречу друг другу и в месте их встречи происходит удар, за счет чего частицы энергично перераспределяются [2].

Следовательно, в пневмосмесителях отсутствуют вращающиеся механические устройства и наблюдается малая истираемость гранул за цикл смешивания.

Как показали проведенные исследования, хорошие результаты можно получить по усреднению различных партий гранулированных и других сыпучих материалов в гравитационных и гравитационно-пневматических смесителях [1].

Для проверки эффективности смешивания и усреднения сыпучих материалов была разработана и изготовлена экспериментальная модель смесителя с винтовыми и уголковыми решетками и центральной трубой с сопловым устройством (рис. 1).

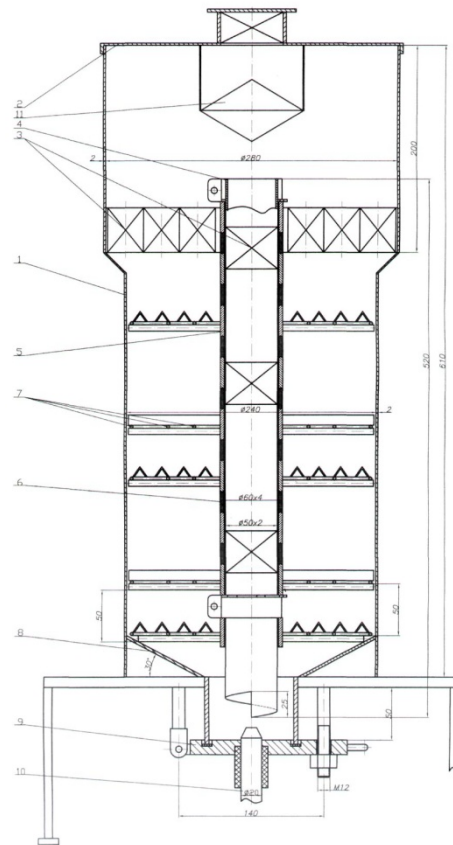


Рис. 1 – Модель усреднителя с уголковыми и винтовыми решетками
 1 – корпус смесителя; 2 – крышка плоская; 3 – винтовая решетка и вставка в трубу;
 4 – центральная пневмоциркуляционная труба; 5 – втулка для крепления решеток;
 6 – опорные втулки; 7 – кольцевая опора уголков; 8 – днище коническое;
 9 – крышка запорная; 10 – устройство сопловое; 11 – конус отбойно-распределительный.

Эта модель смесителя имеет внутри корпуса установленную по его оси вертикальную трубу с соплом для забора и перемещения по ней компонентов смеси при помощи потока воздуха и обеспечения, таким образом, циркуляции смешиваемого материала в корпусе смесителя. Для интенсификации процесса усреднения материалов внутри этой трубы могут быть размещены винтовые вставки с различным направлением навивки.

Начиная с верхнего конца трубы, на ней с определённым шагом размещаются специальные решетки, с помощью которых должно обеспечиваться перемешивание компонентов. Первой от верха трубы размещается решетка, выполненная из кусков винтовых элементов с различным направлением навивки. Ниже на трубе с определенным шагом размещаются решетки, выполненные из уголков, причем каждая решетка повернута вокруг вертикальной оси под углом 90° одна по отношению к другой.

Получаемая смесь компонентов после прохождения через решетки собирается внизу корпуса смесителя. В случае необходимости улучшения качества этой смеси благодаря сопловому циркуляционному устройству

материал в трубе за счет потока воздуха поднимается к верху корпуса и выбрасывается на отражательный конус, расположенный напротив отверстия циркуляционной трубы, благодаря которому он распределяется по всему сечению корпуса.

При необходимости для лучшего усреднения компонентов смеси внутри циркуляционной трубы могут размещаться по ее длине винтовые вставки с различным направлением навивки.

Отработанный воздух удаляется из смесителя через отверстие на верхней крышке смесителя.

Таким образом, можно обеспечить циркуляцию смешиваемых компонентов, находящихся в корпусе смесителя, необходимое количество раз, до получения смеси нужного качества.

При проведении экспериментальных работ на описанной ранее модели смесителя оценивалась работа смесителя при непрерывном режиме работы за один проход, а затем проверялась эффективность приготовления смесей при использовании дополнительной пневмоциркуляции; устанавливалось качество получаемой смеси при проходе смешиваемых материалов через решетки смесителя за один и несколько проходов; определялось качество приготавливаемой смеси, состоящей из двух компонентов при соотношении их 95:5 и 90:10; делалась оценка работы смесителя при одновременном использовании для смешивания решеток и пневмоциркуляции смешиваемых материалов.

Для выполнения этих работ были подобраны и использовались следующие материалы: полиэтилен гранулированный насыпной плотностью 532 кг/м³ (синий) и полиэтилен гранулированный насыпной плотностью 470 кг/м³ (красный). Эти материалы были выбраны в качестве основного компонента смеси. В качестве ключевого компонента использовался карбамид насыпной плотностью 716 кг/м³.

Для оценки качества приготавливаемой смеси отбирались пробы смеси в количестве 15 шт. В каждой пробе определяли содержание ключевого компонента. Качество приготовленной смеси оценивалось с помощью следующей формулы:

$$V_c = \frac{100}{C} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_i - \bar{C})^2}, \quad (1)$$

где V_c – коэффициент неоднородности смеси, %;
 c_i – значение концентрации ключевого компонента в i -ой пробе;
 \bar{C} – среднее арифметическое значение концентрации ключевого компонента;
 n – число проб.

При проведении экспериментов на модели смесителя вначале устанавливалось качество полученной смеси за один проход смешиваемых материалов через решетки смесителя. Эта оценка показала, что получаемая смесь оказалась некачественной.

Так смесь, состоящая из двух компонентов при их соотношении 95:5, получилась с $V(c) = 41,17$ %. Эта же смесь при повторной загрузке в смеситель имела коэффициент неоднородности $V(c) = 26,27$ %.

Смесь, состоящую из компонентов в соотношении 90:10, удалось получить с $V(c) = 25,2\%$ за один проход, за второй проход $V(c) = 20,69\%$, а за третий проход качество смеси было $V(c) = 17,59\%$.

Для проверки эффективности работы смесителя в периодическом режиме использовалась циркуляционная труба с сопловым устройством. Для этого в эту трубу подавали сжатый воздух под небольшим давлением с расходом $Q = 0,034 \text{ м}^3/\text{с}$. Динамика изменения качества смеси в зависимости от числа циклов, т.е. от числа оборотов смешиваемого материала в смесительной камере, видна из рисунка 2. Продолжительность одного цикла составляет $40 \div 50 \text{ с}$.

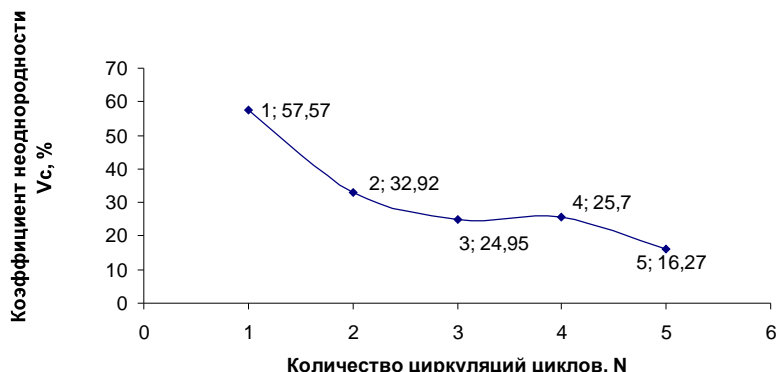


Рис. 2 – Изменение коэффициента неоднородности смеси гранулированных материалов (при соотношении компонентов 90:10%, угол поворота решеток 90° , циркуляционная труба с винтовыми вставками) в зависимости от количества циркуляций.

Оценку качества приготавливаемой смеси с помощью коэффициента неоднородности при многократной циркуляции материалов ориентировочно можно определять по формуле

$$V_c^{\text{кон}} = V_{1c} / N^{0,7}, \%$$

где V_{1c} – коэффициент неоднородности после одного прохода смешиваемых материалов через решетки смесителя, %.

N – число циркуляций материала в камере смешивания.

На основании обработки экспериментальными данными, полученных на выше описанной модели гравитационно-пневматического смесителя, подтверждена целесообразность объединения гравитационного смешивания с пневмоциркуляцией, причем качество смеси получается лучше при периодическом смешивании материалов. Нижнее отверстие циркуляционной трубы должно быть выполнено по винтовой линии с шагом, равным диаметру трубы. Кроме того, в циркуляционной трубе следует установить винтовые элементы с разным направлением их навивки.

Список литературы

1. Багринцев И. И., Барвин А. И., Штонда Ю. Н. Энергосберегающее смешивание сыпучих материалов // Вісник СХУ ім. В. Даля. - 2007. - № 11(117), ч. 2. - С. 5 - 9.

2. Макаров Ю. И. Аппараты для смешения сыпучих материалов. – М. : Высш.шк., 1973. – 215 с.
3. А.С. 897271 СССР Пневматический смеситель / Л. Н. Богданов, Ю. А. Бирюков (СССР), Б. И., 1982, № 2.

УДК 667.661.13

С.А. Ревенко, И.И. Багринцев, Л.В. Карпюк

ПЕРЕМЕШИВАНИЕ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Описан механизм перемешивания сыпучих материалов в центробежных смесителях непрерывного действия. Приведены результаты перемешивания несвязных, вязно-текучих и вязных сыпучих материалов в смесителях данного типа с использованием псевдооживления в поле центробежных сил и дополнительного их дезагрегирования. Ист. 5.

Перемешивание сыпучих материалов является одной из операций часто встречающихся в химической промышленности и применяется как самостоятельный процесс для получения механических смесей, или как средство увеличения поверхности контакта фаз при других процессах, например, адсорбции, экстракции или сушке, а также для интенсификации теплопередачи.

Среди смесителей непрерывного действия для перемешивания сыпучих материалов следует выделить центробежные смесители, обладающие высокой производительностью, небольшими габаритными размерами и незначительным расходом энергии. Непрерывное перемешивание сыпучих материалов в таких смесителях происходит при движении их под действием центробежных сил по поверхности конических тарелок и последующего распыления в пространство или на какую-либо поверхность.

При перемешивании полидисперсных сыпучих материалов, каковыми являются практически все сыпучие продукты, не подвергшиеся предварительной классификации по гранулометрическому составу, в таких смесителях наблюдается разделение материалов по крупности. Устранить это можно путем проведения процесса перемешивания псевдооживлением в поле центробежных сил. При этом исключается разделение сыпучих материалов по крупности и сам процесс их перемешивания происходит интенсивно [1]. Последнее можно объяснить распределением псевдооживляющего агента (газа) внутри слоя материала, в результате чего возникает стабильная уравновешенность сепарирующего и перемешивающего эффектов.

Учитывая это, для непрерывного перемешивания сыпучих материалов был использован пневмо-механический смеситель, представленный на рисунке 1 [2,3].

Перемешивание сыпучих материалов в этом смесителе осуществляется следующим образом. Смешиваемые компоненты непрерывно через штуцер в центре крышки подаются на распределительную тарель, с которой они под действием центробежных сил сбрасываются на стенки бункера-отражателя и

кольцевым потоком поступают в нижнюю часть ротора, имеющего форму усеченного конуса с большим основанием вверх. Ротор имеет двойные стенки, а полость между ними соединена с отверстием в полой валу. Внутренняя стенка ротора выполнена перфорированной.

Под действием центробежных сил сыпучий материал из нижней части ротора движется вверх по внутренней стенке ротора и псевдооживается воздухом, подаваемым в смеситель через полый вал, в результате этого происходит его интенсивное перемешивание в поперечном направлении. Движущийся по ротору сыпучий материал перемещается в его верхнюю часть, распыляется на стенку корпуса, а затем под действием сил тяжести опускается в нижнюю часть корпуса и разгрузочной лопастью удаляется из смесителя. Воздух из смесителя уходит на очистку.

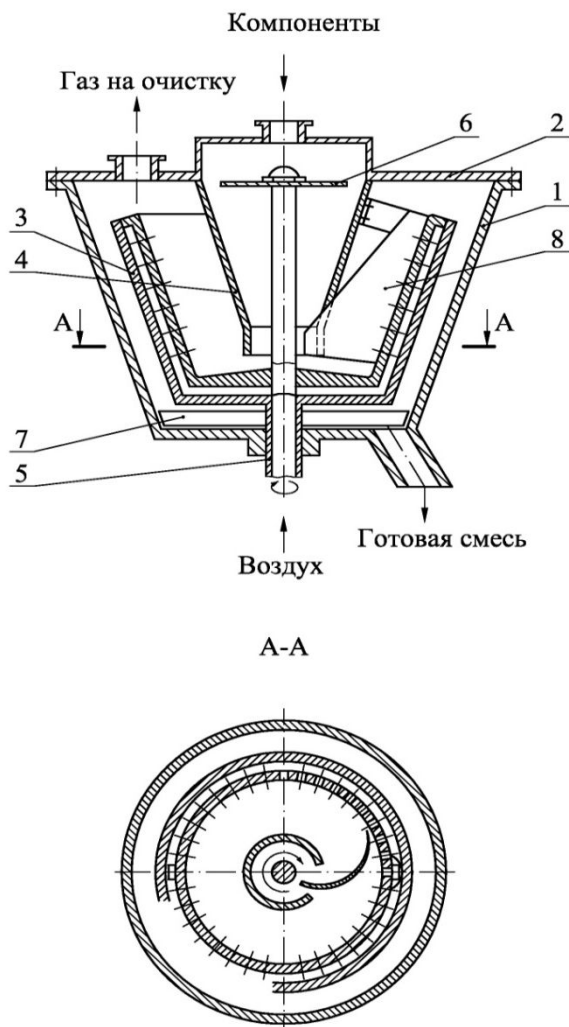


Рисунок 1 – Пневмомеханический центробежный смеситель:
 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – ротор; 4 – бункер-отражатель;
 5 – полый вал; 6 – распределительная тарель; 7 – разгрузочная лопасть; 8 – нож

Перемешивание сыпучего материала в смесителе происходит за счет распыления его на стенки бункера-отражателя и корпуса, разности скоростей движения его частиц на все поверхности ротора и псевдооживления его воздухом.

Для снижения пульсаций питающего потока часть сыпучего материала снимается с внутренней стенки ротора ножом, который неподвижно установлен вблизи внутренней стенки ротора, и через щель в бункере-отражателе направляется снова в поток материала, опускающегося в бункере. Это способствует повышению качества смеси за счет сглаживания флуктуаций питающего потока смешиваемого материала.

Исследования смесителя были проведены на сыпучих материалах, представленных в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-механические характеристики перемешиваемых сыпучих материалов

№ п/п	Наименование материала	Класс материала	$W_{отн.}$, %	d_r , мм	f , град	s_a , кПа	g_{sa} , г/см ³	h_c , см
1.	Песок	Несвязный	0	0,125÷0,2	19	100	1,57	0
2.	Глинозем (окись алюминия Al ₂ O ₃), ГОСТ 6912-64	Несвязный	17,5	0,04	19	70	1,11	5,2
3.	Тальк, ГОСТ 879-52	Связно-текучий	1,2	0,009	23	120	0,84	12,5
4.	Каолин, ГОСТ 6138-61	Связный	1,15	0,005÷0,02	23	100	0,75	58,5
5.	Мел сепарированный, ГОСТ 12085-66	Связный	0,5	0,04÷0,14	21	120	0,85	72,9
6.	Соль поваренная «Экстра»	Несвязный	0	0,05÷0,2	31	100	1,27	0

Примечание.

- 1) $W_{отн.}$ – относительная влажность;
- 2) d_r – размер частиц материала;
- 3) f – угол внутреннего трения;
- 4) s_a – нормальное напряжение на площадках;
- 5) g_{sa} – объемная плотность под нагрузкой s_a ;
- 6) h_c – комплексный показатель связности.

Перемешивание материалов оценивали по распределению в нем ключевого компонента. В качестве ключевого компонента использовали хлористый натрий (соль поваренную «Экстра»). Содержание ключевого компонента составляло 5% от основного сыпучего материала.

Оценку качества перемешивания производили по коэффициенту неоднородности [4]:

$$V_c = \frac{100}{c_0} \sqrt{\frac{\sum (c_i - c_0)^2}{n-1}}, \%$$

где c_i – значение концентрации ключевого компонента в i -той пробе;

c_0 – среднее арифметическое содержание ключевого компонента во всех пробах;

n – количество отобранных проб ($n=30$).

Результаты экспериментов по приготовлению смесей, состоящих из материалов, приведенных в таблице 1, и дополнительно 5% хлористого натрия, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Сведения о качестве приготовленных смесей

Перемешиваемый материал	Коэффициент неоднородности перемешивания, $V_c, \%$	
	Пневмо-механический смеситель	Центробежный смеситель с механическим турбулизатором
Песок	1,2	1,4
Глинозем	0,8	1,3
Тальк	5,8	2,7
Каолин	19,7	7,5
Мел сепарированный	25,8	6,9

Как показали исследования, данный смеситель обеспечивает качественное перемешивание несвязных сыпучих материалов ($V_c < 1\%$), но на порядок ниже получается качество перемешивания связно-текучих и связных материалов. Это объясняется ограниченной подвижностью частиц таких материалов относительно друг друга и возможностью образования в процессе перемешивания агломератов (комков) из этих материалов. Для перемешивания таких сыпучих материалов необходим смеситель с повышенной дезагрегирующей способностью. Поэтому в дальнейшем исследования по перемешиванию этих сыпучих материалов были проведены в центробежном смесителе с турбулизирующим устройством (рисунок 2) [5].

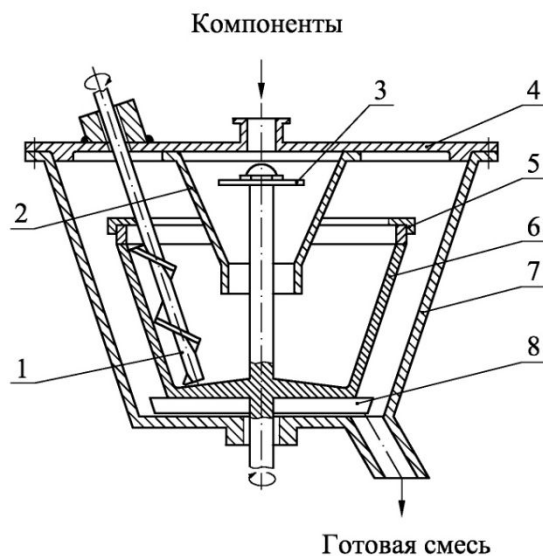


Рисунок 2 – Центробежный смеситель с вращающимся турбулизатором:

- 1 – шнек; 2 – направляющий конус; 3 – питающая тарель; 4 – крышка;
5 – заплечик; 6 – ротор; 7 – корпус; 8 – разгрузочная лопасть

В этом смесителе в качестве турбулизатора использовался быстро вращающийся шнек, расположенный вблизи конической стенки ротора. Причем направление навивки на шнеке таково, что при вращении он направляет сыпучий материал вниз ротора. Для увеличения слоя материала на конической поверхности ротора, последней в верхней части, имеется запечик, что способствует эффективному взаимодействию турбулизатора с движущимся под действием центробежных сил по конической поверхности ротора сыпучим материалом.

Как показали исследования (таблица 2), центробежный смеситель такой конструкции обеспечивает качественное перемешивание как хорошо сыпучих, так и вязких материалов, а также сыпучих материалов при их увлажнении. Это достигается за счет того, что в данном смесителе создается при перемешивании достаточная турбулентность движения в смесительной полости и есть хорошая степень рециркуляции материала. Таким образом, данная конструкция смесителя может быть рекомендована к промышленному использованию.

Список литературы

1. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов / [Разумов Н.И. и др.] ; — М.: Химия., 1972,. — 240 с.
2. А. с. 453178 СССР, М. Кл. В 01 F 13/02. Устройство для смешивания сыпучих материалов / Б. С. Кротов, О. А. Рычков, И. И. Багринцев, Н.А.Долгобородов и С.С.Кошковский. — № 1682982/23-26 ; заявл. 05.07.71 ; опубл. 15.12.74, Бюл. № 46.
3. А. с. 644518 СССР, М. Кл2 В 01 F 7/16. Центробежный смеситель непрерывного действия / И. И. Багринцев, С. С. Кошковский, С. А. Ревенко – № 1888107/23-26 ; заявл. 27.02.73 ; опубл. в Б.И. 30.01.79, Бюл. № 4.
4. И. И. Багринцев, А. И. Барвин, Ю. Н. Штонда, В. Я. Стороженко. Исследование процесса смешивания сыпучих материалов в гравитационно-пневматическом смесителе // Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки», №4, 2008
5. А. с. 86923 СССР, М. Кл2 В 01 F 7/26. Центробежный смеситель / С. А. Ревенко, С. С. Кошковский, И. И. Багринцев и В. Я. Стороженко – № 2312860/23-26 ; заявл. 13.01.76 ; опубл. 05.01.78, Бюл. № 1.

УДК 066.015.23

Г.В. Тараненко

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТАРЕЛОК ПРОВАЛЬНОГО ТИПА, УСТАНОВЛЕННЫХ В КОЛОННАХ РАЗЛИЧНОГО ДИАМЕТРА

В работе приведен анализ зависимости гидравлического сопротивления от скорости газа в сечении колонны для тарелок провального типа различного диаметра. Установлено влияние скорости газа в сечении колонны в режиме равномерного барботажа и в режиме подвижного барботажного слоя на гидравлическое сопротивление тарелки провального типа Рис. 4. Ист. 7.

Тарелки провального типа широко используются в химической и смежной с ней отраслями промышленности. В некоторых случаях, при работе с

загрязненными средами, использование массообменных тарелок других типов не представляется возможным [1].

Одним из факторов ограничивающих применение тарелок провального типа является отсутствие надежной методики их расчета. Так, в существующих методиках расчета тарелок провального типа [2] не учитывается влияние диаметра тарелок на их гидравлические характеристики.

В работе [3] установлено снижение эффективности тарелок провального типа с увеличением диаметра колонны, что обусловлено масштабным переходом в аппаратах различного диаметра.

Поэтому анализ гидродинамической обстановки и зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа от нагрузок по газу и жидкости в колоннах различного диаметра является актуальной задачей.

Были проведены исследования работоспособности тарелок провального типа на колоннах диаметром $D=0,057, 0,15, 0,3$ и 2 м в широком диапазоне изменения свободного сечения тарелок, а также нагрузок по газу и жидкости.

На рис.1 приведены графики зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа при различных нагрузках по газу и жидкости на колонне диаметром $D=0,15$ м. Свободное сечение тарелки составляло $f=16\%$, диаметр отверстий – $d_0=0,012$ м. Эксперименты проводились на модельной системе вода – воздух.

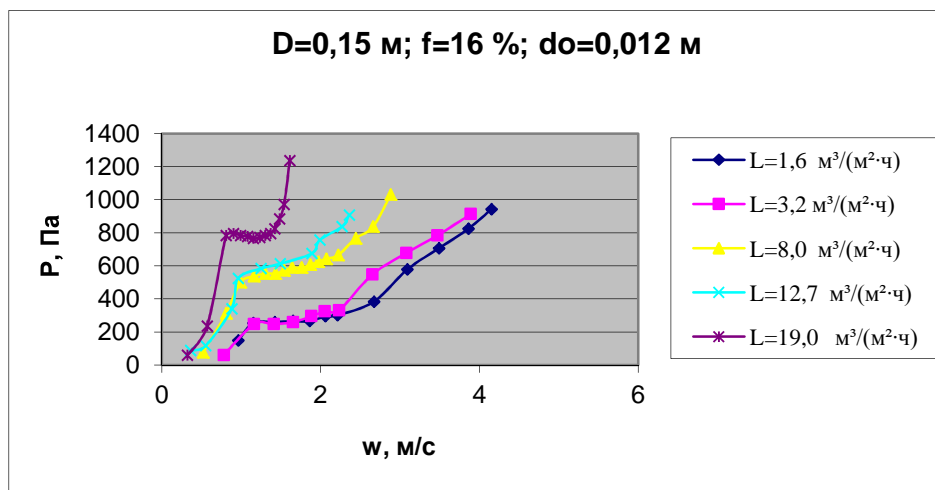


Рис 1. Зависимость гидравлического сопротивления тарелок провального типа от скорости газа в сечении колонны (w , м/с) при различных нагрузках по жидкости (L , м³/(м²·ч)), на колонне диаметром $D=0,15$ м. Свободное сечение тарелки – $f=16\%$, диаметр отверстий тарелки – $d_0=0,012$ м.

Из приведенных результатов следует, что имеет место скачок гидравлического сопротивления при достижении порогового значения скорости газа в сечении колонны (управляющего параметра) для всех исследованных плотностей орошения.

При скорости, соответствующей скачку гидравлического сопротивления тарелки происходит бифуркация гидравлического сопротивления тарелки и смена режима равномерного барботажа на режим подвижного барботажного слоя.

Барботажный слой на тарелке провального типа можно рассматривать как самоорганизующуюся динамическую открытую систему.

В диапазоне изменения скорости газа от начала работы тарелки до скорости, при которой происходит скачок гидравлического сопротивления тарелки (режим равномерного барботажа), барботажный слой представляет собой ячеистую пену, имеющую изотропную структуру. Свободная поверхность пены горизонтальна, следовательно, силы тяжести, действующие в барботажном слое, больше сил инерции. Зависимость гидравлического сопротивления от скорости газа практически линейна (рис. 1). Можно считать, что барботажный слой в этом режиме как динамическая система, находится в равновесии, так как силы гидростатического давления и массовые силы постоянны во времени в любой точке барботажного слоя. Вектор скорости движения жидкости имеет одно направление – сверху вниз.

В точке бифуркации система выходит из равновесия в форме скачка основного измеряемого параметра (гидравлического сопротивления тарелки). Происходит смена режима барботажного слоя на режим подвижного барботажного слоя. В этом режиме наблюдается флуктуация во времени параметров барботажного слоя (гидравлического сопротивления барботажного слоя, скоростей движения жидкости, которые имеют хаотическое направление, высоты пены и др.). Это говорит о том, что силы инерции жидкости в режиме подвижного барботажного слоя превышают силы тяжести.

После режима подвижного барботажного слоя наступает режим разрушения барботажного слоя на тарелке.

Наблюдаемые скачкообразные изменения определяемого параметра, которые возникают в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий, определяются как катастрофы авторами работ [4, 5].

Математические модели катастроф указывают некоторые общие черты самых разных явлений скачкообразного изменения системы в ответ на плавное изменение внешних условий. Например, устойчивый установившийся режим погибает вследствие бесконечно быстрого нарастания самоподдерживающихся колебаний [4].

В работе [4] различают мягкую потерю устойчивости равновесия, когда устанавливающийся колебательный режим при малой закритичности (отличия параметра от критического значения, при котором равновесие теряет устойчивость) мало отличается от состояния равновесия, и жесткую потерю устойчивости. При жесткой потере устойчивости система уходит со стационарного режима скачком и перескакивает на иной режим движения.

Этот режим может быть другим устойчивым стационарным режимом, устойчивыми колебаниями или более сложным движением.

На тарелке провального типа диаметром $D=0,15$ м, рис. 1, наблюдается жесткая потеря устойчивости барботажного слоя. После скачка гидравлического сопротивления тарелки при плавном изменении скорости газа в сечении колонны наблюдаются устойчивые колебания параметров барботажного слоя.

Установившиеся режимы движения получили названия аттракторов, т.к. они «притягивают» соседние режимы (переходные процессы) [4]. Аттракторы, отличные от состояний равновесий и строго периодических колебаний, получили название странных аттракторов и связываются с проблемой турбулентности. Автор отмечает, что переход на режим, который характеризуется странным аттрактором, означает, что в системе наблюдаются непериодические колебания, детали которых очень чувствительны к малому изменению начальных условий, в то время как усредненные характеристики режима устойчивые и не зависят от

начального условия. «Экспериментатор, наблюдающий за движением такой системы, назвал бы его турбулентным» [4].

В работе делается предположение, что неупорядоченное движение жидкости, наблюдаемое при потере устойчивости ламинарного течения с увеличением числа Рейнольдса, математически описываются именно такими сложными аттракторами в фазовом пространстве жидкости. Делается предположение, что размерность этого аттрактора конечна при любом значении числа Рейнольдса. Автор делает вывод, что переход от устойчивого состояния равновесия процесса («ламинарного течения жидкости») к странному аттрактору («турбулентности») может совершаться скачком как при жесткой или катастрофической потере устойчивости, так и после мягкой потери устойчивости.

В работе [6] отмечается, что самоорганизация тесно связана с зарождением турбулентности. С изменением потока энергии или иных характеристик активной среды в ней происходит качественная перестройка имеющихся диссипативных или автоволновых структур. В ходе последовательного усложнения регулярных структур может быть достигнута граница, за которой их поведение становится неустойчивым по отношению к малым возмущениям. Такая неустойчивость служит отличительным признаком турбулентного режима. Хаотическая динамика структур при турбулентном режиме не является результатом действия каких-либо внешних случайных сил.

На рис. 2, 3 представлены графики зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа от скорости газа (пара) в сечении колонны со свободным сечением тарелок $f=16\%$ для различного диаметра колонн. На рис. 2 показаны графики для диаметра колонн $D=0,15$ и 2 м, плотность орошения составляла $L = 32 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$; модельная система воздух – вода. На графике, рис. 3, зависимость гидравлического сопротивления от скорости пара в сечении колонны для тарелки провального типа со свободным сечением $f=16\%$ приведена для модельной системы метанол – вода (50 мол. %).

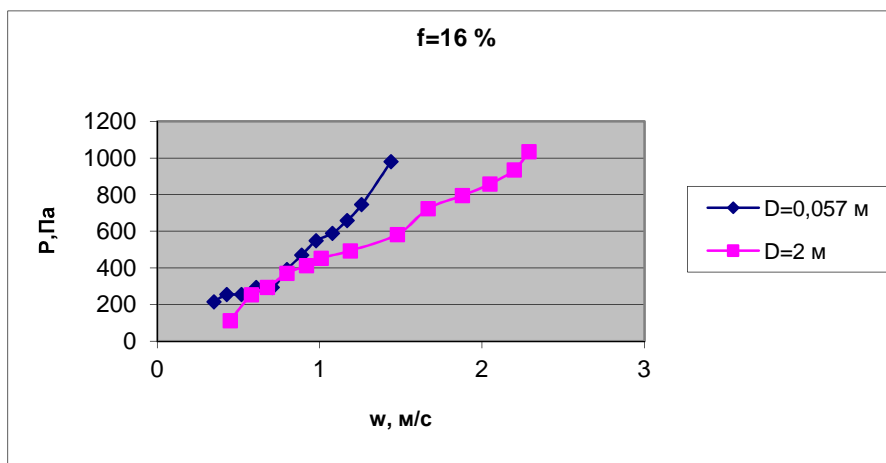


Рис. 2. Зависимость гидравлического сопротивления тарелок провального типа от скорости газа в сечении колонны ($w, \text{м/с}$) при плотности орошения $L = 32 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ на колоннах диаметром $D=0,15$ и 2 м. Свободное сечение тарелок – $f=16\%$, диаметр отверстий тарелок: колонна $D=0,15$ м – $d_0=0,005$ м; колонна $D=2$ м – $d_0=0,012$ м.

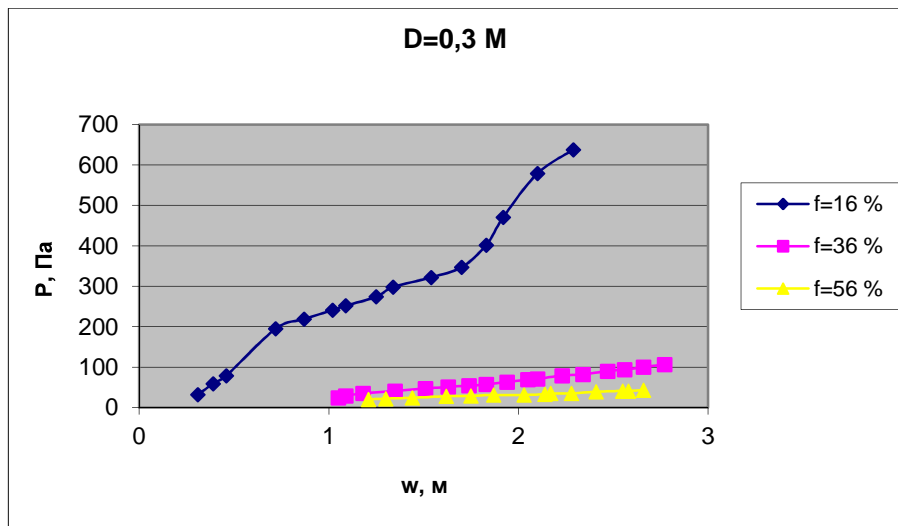


Рис. 3. Зависимость гидравлического сопротивления тарелок провального типа от скорости газа в сечении колонны (w , м/с) при ректификации системы метанол-вода (50 мол. %), на колонне диаметром $D=0,3$ м., диаметр отверстий тарелок: со свободным сечением – $f=16\%$ – $d_0=0,008$ м; со свободным сечением $f=36$, $f=56\%$ – $d_0=0,012$ м.

Из графиков видно, что переход от режима равномерного барботажа до режима подвижного барботажного слоя осуществляется после мягкой потери устойчивости для колонн с диаметром $D=0,15$, $0,3$ и 2 м.

В режиме подвижного барботажного слоя на тарелках провального типа со свободным сечением $f=16\%$ (рис. 1-3) гидравлическое сопротивление от скорости газа (пара) в сечении колонны практически не зависит. Отличается только средняя величина гидравлического сопротивления тарелки в зависимости от диаметра колонны для одних и тех же скоростей газа (пара) в сечении колонны. С ростом диаметра колонны среднее значение гидравлического сопротивления тарелки уменьшается для одинаковой газо-жидкостной модельной системы.

Странные аттракторы [7] характеризуются определенными параметрами такими, как показатели Ляпунова, фрактальная размерность и др.

Видно, что к параметрам странного аттрактора для режима подвижного барботажного слоя можно отнести среднюю величину основного измеряемого параметра (гидравлическое сопротивление тарелки провального типа).

На рис. 4 показаны графики зависимости эффективности по Мерффи тарелок провального типа различного свободного сечения в колонне $D=0,3$ м при ректификации системы метанол-вода (50 мол. %)

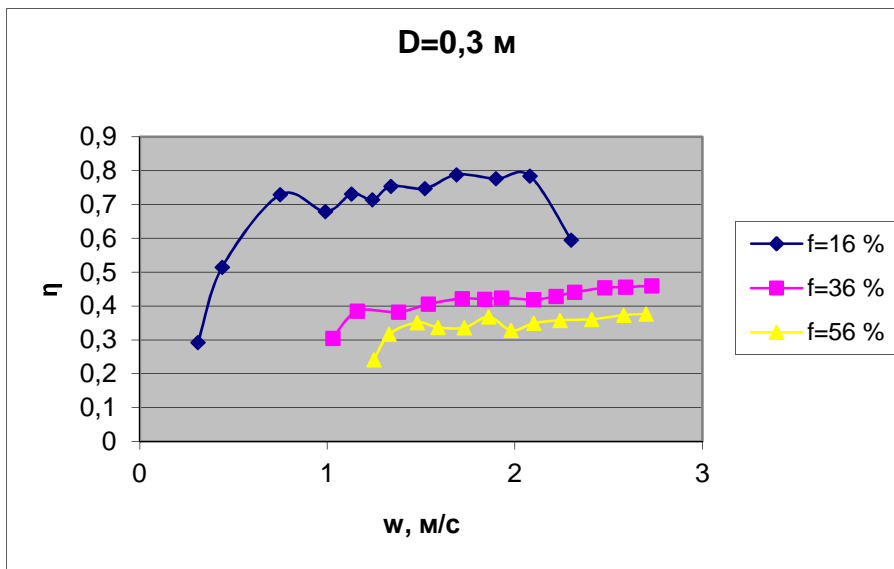


Рис. 4. Залежність ефективності по Мерфрі (η) від швидкості газу в сеченні колонни (w , м/с), при ректифікації системи метанол-вода (50 мол. %), на колонні діаметром $D=0,3$ м. Свободне сечення тарілки – $f=16\%$, діаметр отворів тарілки – $d_0=0,008$ м.

Из рис. 3, 4 видно, что изменение режима равномерно барботажа на режим подвижного барботажного слоя (точку бифуркации) можно соответственно наблюдать на графиках зависимости гидравлического сопротивления тарелки и ее эффективности от скорости пара с сечении колонны. Максимальная эффективность тарелок провального типа соответствует режиму подвижного барботажного слоя для тарелок разного свободного сечения, рис. 4, и она практически не зависит от скорости пара в сечении колонны.

Эффективность тарелок также связана с абсолютной величиной средней величины гидравлического сопротивления тарелок провального типа. При уменьшении гидравлического сопротивления тарелок с увеличением их свободного сечения, рис.3, соответственно уменьшается величина эффективности по Мерфрі тарелок провального типа, рис. 4.

Выводы:

- характеристики странного аттрактора (или некоторые из них) связаны с эффективностью тарелок провального типа в режиме подвижного барботажного слоя;

- практически постоянное значение средней величины гидравлического сопротивления барботажного слоя, при увеличении скорости газа (пара) в сечении колонны, очевидно связано с самоорганизующимися автоколебаниями барботажного слоя в режиме подвижного барботажного слоя на тарелке провального типа;

- из графиков, рис. 4, видно, что в режиме равномерного барботажа эффективность тарелок постепенно увеличивается до максимального значения, а в режиме разрушения барботажного слоя эффективность тарелок уменьшается;

- в режиме подвижного барботажного слоя эффективность тарелок провального типа максимальная и не зависит от скорости пара в сечении колонны, рис. 4, поэтому эксплуатировать такие тарелки в промышленных условиях имеет смысл только в режиме подвижного барботажного слоя, при этом режиме необходимо рассчитывать только одно значение гидравлического сопротивления барботажного слоя;

- гидравлическое сопротивление тарелок провального типа зависит от диаметра колонны. В колонне с диаметром $D=0,15$ м переход от режима равномерного барботажа к режиму подвижного барботажного слоя осуществляется в результате жесткой катастрофической бифуркации. В колоннах других диаметров этот переход происходит в результате мягкой бифуркации гидравлического сопротивления тарелок. С увеличением диаметра колонны гидравлическое сопротивление тарелок уменьшается для одних и тех же геометрических характеристик тарелок провального типа и одинакового соотношения расходов газовой и жидкой фазы, рис. 1, 2. Это, вероятно, связано с характеристиками странного аттрактора и диаметром колонны;

- из графиков, рис. 1-3 видно что характер зависимости гидравлического сопротивления тарелок провального типа от скорости газа в сечении колонны для режима равномерного барботажа не зависит от диаметра колонны для одинакового свободного сечения тарелок. То, что характер зависимости гидравлического сопротивления от скорости газа в сечении колонны в режиме равномерного барботажа не зависит от диаметра колонны, характерно для всех исследованных тарелок провального типа с одинаковыми геометрическими характеристиками и соотношениями расходов газовой и жидкой фаз.

Список литературы

1. Зайцев И.Д. Производство соды / Зайцев И.Д Ткач Г.А., Строев Н.Д.; М.: Химия, 1986. 312 с.
2. Аппараты колонные тарельчатые. Метод технологического и гидродинамического расчета : ОСТ 26-01-1488-83 - изд. офиц. – 1983, 119 с.
3. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования / [Розен А.М., Мартюшин Е.И., Олевский В.М. И др.]; под ред. докт. хим. наук А.М. Розена. - М.: Химия, 1980. - 320 с.
4. Арнольд В.И. Теория катастроф / Арнольд В.И. [3-е изд., доп.] – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 128 с.
5. Томпсон Дж. М. Т. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике:- [пер. с англ.] – М.: Мир, 1990. 312 с.-
6. Лоскутов А.Ю. Введение в синергетику: учеб. руководство. / Лоскутов А.Ю. Михайлов А.С. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. 272 с.
7. Мун Ф. Хаотические колебания: [Вводный курс для научных работников и инженеров, пер. с англ.] / Мун Ф. -:— М.: Мир, 1985. 254 с.

А.Е. Богданов

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ, ИЗЛУЧАЕМОЙ СТРУЕЙ СЖАТОГО ВОЗДУХА ПРИ ЕЕ НАТЕКАНИИ НА ПЛОСКУЮ ЖЕСТКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Разработана методика расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность. Рис.3, Ист.6.

Постановка проблемы. В различных отраслях промышленности применяются пневматические устройства, принцип действия которых основан на использовании энергии сжатого воздуха.

При эксплуатации таких пневматических устройств к шуму струи сжатого воздуха, истекающей с большой скоростью, добавляется шум взаимодействия данной струи с препятствием. В этом случае уровни звука достигают 100 дБА и более и зависят от параметров струи, размеров и конфигурации препятствия.

Наличие методики расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на препятствие, позволит разрабатывать различные пневматические устройства с пониженным уровнем шума.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1] и [2], с учетом работ [3] – [6], представлены газодинамические и акустические характеристики воздушной струи, натекающей на плоскую жесткую поверхность, и выведены формулы расчета звуковой мощности, излучаемой участком воздушной струи, расположенным между срезом сопла и поверхностью препятствия, и турбулентным пограничным слоем радиально растекающегося по поверхности воздушного потока.

Цель исследования состоит в разработке методики расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность.

Изложение основного материала исследования. Обобщая результаты исследований [1] и [2], можно построить методику расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность.

Методика расчета звуковой мощности сводится к следующему.

1. По известным газодинамическим параметрам торможения воздушного потока: температуры T^* , давления p^* , скорости $U^* = 0$ и параметров окружающей среды: температуры T_n , давления p_n по формулам

$$\rho_n = \frac{p_n}{RT_n}, \quad \rho^* = \frac{p^*}{RT^*} \quad (1)$$

определяются плотность окружающей среды ρ_n и плотность торможения ρ^* . Здесь R – газовая постоянная.

2. По формулам

$$\frac{p_{кр}}{p^*} = \pi(\lambda) = 0,528, \quad \frac{\rho_{кр}}{\rho^*} = \varepsilon(\lambda) = 0,634, \quad \frac{T_{кр}}{T^*} = \tau(\lambda) = 0,833 \quad (2)$$

определяются газодинамические (критические) параметры струи на срезе сопла $p_{кр}$, $\rho_{кр}$, $T_{кр}$.

3. Если $p_{кр} \geq p_H$, то для простого или сужающегося конического сопла скорость на срезе сопла будет равна скорости звука, т.е. критической скорости

$$U_0 = U_{кр} = \sqrt{kRT_{кр}}, \quad (3)$$

где U_0 – скорость истечения; $U_{кр}$ – критическая скорость.

Все остальные параметры соответственно будут критическими. Эти параметры будут являться параметрами струи сжатого воздуха в ее начальном сечении, т.е.

$$\rho_0 = \rho_{кр}, \quad p_0 = p_{кр}, \quad T_0 = T_{кр}, \quad U_0 = U_{кр}.$$

В этом случае приведенная скорость $\lambda_0 = \frac{U_0}{U_{кр}} = 1$.

Если $p_{кр} < p_H$, то давление на срезе сопла будет равно давлению в окружающей среде, т.е. $p_0 = p_H$.

Плотность ρ_0 и температуру T_0 можно определить, используя соотношения для адиабатного процесса течения

$$\frac{p^*}{p_0} = \left(\frac{T^*}{T_0}\right)^{\frac{k}{k-1}} = \left(\frac{\rho^*}{\rho_0}\right)^k, \quad (4)$$

где $k = 1,4$ – показатель адиабаты для воздуха.

Скорость истечения U_0 в этом случае определяется из формулы

$$U_0 = \sqrt{\frac{2k}{k-1} RT^* \left[1 - \left(\frac{p_0}{p^*}\right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}. \quad (5)$$

По формуле

$$U_{кр} = \sqrt{kRT_{кр}}$$

определяется $U_{кр}$ и находится приведенная скорость $\lambda_0 = \frac{U_0}{U_{кр}}$.

4. По формулам

$$c_H = \sqrt{kRT_H}, \quad D_{н.у.} = D_0 \sqrt{\frac{1}{0,134\Theta}}, \quad x_{н.у.} = \frac{D_0 \sqrt{\frac{1}{0,134\Theta}}}{0,27(2 - a\lambda_0^2)} \quad (6)$$

определяются скорость звука c_H в окружающей среде, диаметр струи $D_{н.у.}$ в конце начального участка и длина начального участка струи $x_{н.у.}$. Здесь D_0 – диаметр начального сечения струи (диаметр выходного сечения сопла); $\Theta = \frac{T_0}{T_H}$;

$$a = \frac{k-1}{k+1}.$$

5. В зависимости от расстояния \bar{x}_1 между соплом и поверхностью вычисляется излучаемая звуковая мощность.

Если $\bar{x}_1 < \bar{x}_{н.у.}$, то

$$\begin{aligned}
 W = W_c + W_{н.с.} = & 4,44 \cdot 10^{-6} \frac{\rho_0^2 U_0^8 D_0^2}{\rho_n c_n^5} \bar{x}_1 + \\
 & + 6,217 \cdot 10^{-3} \frac{\rho_n U_{кр.}^6 D_0^2}{c_n^3} \left\{ \frac{1}{\Delta \cdot A} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3A^2} \right) (2c + b\bar{x}_2 + m\bar{x}_{н.у.}) + \frac{5mt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2A} + \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \left. + \frac{3a}{\Delta} \right) \right] - \frac{1}{\Delta \cdot B} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3B^2} \right) (2c + (b+n)\bar{x}_{н.у.}) + \frac{5nt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2B} + \frac{3a}{\Delta} \right) \right] + \right. \\
 & \left. + \frac{t}{16\sqrt{2}a} \ln \left[\frac{(m-p)(n+p)}{(m+p)(n-p)} \right]^{\frac{1}{p}} \left[\frac{(m+q)(n-q)}{(m-q)(n+q)} \right]^{\frac{1}{q}} + \right. \\
 & \left. + \frac{t}{\Delta\sqrt{-\Delta}} \left(\frac{1}{4} + \frac{5a^2}{\Delta^2} \right) \ln \left| \frac{(m-\sqrt{-\Delta})(n+\sqrt{-\Delta})}{(m+\sqrt{-\Delta})(n-\sqrt{-\Delta})} \right| + \frac{1}{16\sqrt{2}a} \ln \left| \frac{(A-\sqrt{2})(B+\sqrt{2})}{(A+\sqrt{2})(B-\sqrt{2})} \right| \right\}, \quad (7)
 \end{aligned}$$

где W – звуковая мощность, излучаемая струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность; W_c – звуковая мощность, излучаемая участком воздушной струи, расположенным между срезом сопла и поверхностью препятствия; $W_{н.с.}$ – звуковая мощность, излучаемая турбулентным пограничным слоем радиально растекающегося по поверхности воздушного потока; $\bar{x}_1 = \frac{x_1}{D_0}$ – относительное расстояние от среза сопла до

поверхности, x_1 – расстояние от среза сопла до поверхности; $\bar{x}_2 = \frac{x_2}{D_0}$ – относительное расстояние от среза сопла до интересующей окружности на поверхности препятствия радиусом $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$; $\bar{x}_{н.у.} = \frac{x_{н.у.}}{D_0}$ – относительная длина начального участка струи;

$A = a\bar{x}_2^2 + b\bar{x}_2 + c$; $B = a\bar{x}_{н.у.}^2 + b\bar{x}_{н.у.} + c$; $\Delta = 4ac - b^2$; $m = 2a\bar{x}_2 + b$; $n = t = 2a\bar{x}_{н.у.} + b$;

$$p = \sqrt{-[4a(c + \sqrt{2}) - b^2]}; \quad q = \sqrt{-[4a(c - \sqrt{2}) - b^2]}.$$

Если $\bar{x}_1 = \bar{x}_{н.у.}$, то

$$\begin{aligned}
 W = W_c + W_{н.с.} = & 4,44 \cdot 10^{-6} \frac{\rho_0^2 U_0^8 D_0^2}{\rho_n c_n^5} \bar{x}_{н.у.} + \\
 & + 6,217 \cdot 10^{-3} \frac{\rho_n U_{кр.}^6 D_0^2}{c_n^3} \left\{ \frac{1}{\Delta \cdot A} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3A^2} \right) (2c + b\bar{x}_2 + m\bar{x}_{н.у.}) + \frac{5mt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2A} + \right. \right. \right. \\
 & \left. \left. \left. + \frac{3a}{\Delta} \right) \right] - \frac{1}{\Delta \cdot B} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3B^2} \right) (2c + (b+n)\bar{x}_{н.у.}) + \frac{5nt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2B} + \frac{3a}{\Delta} \right) \right] + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{t}{16\sqrt{2a}} \ln \left| \left[\frac{(m-p)(n+p)}{(m+p)(n-p)} \right]^{\frac{1}{p}} \left[\frac{(m+q)(n-q)}{(m-q)(n+q)} \right]^{\frac{1}{q}} \right| + \\
& + \frac{t}{\Delta\sqrt{-\Delta}} \left(\frac{1}{4} + \frac{5a^2}{\Delta^2} \right) \ln \left| \frac{(m-\sqrt{-\Delta})(n+\sqrt{-\Delta})}{(m+\sqrt{-\Delta})(n-\sqrt{-\Delta})} \right| + \\
& + \frac{1}{16\sqrt{2a}} \ln \left| \frac{(A-\sqrt{2})(B+\sqrt{2})}{(A+\sqrt{2})(B-\sqrt{2})} \right| \Bigg\}, \tag{8}
\end{aligned}$$

где $A = a\bar{x}_2^2 + b\bar{x}_2 + c$; $B = a\bar{x}_{н.у.}^2 + b\bar{x}_{н.у.} + c$; $\Delta = 4ac - b^2$; $m = 2a\bar{x}_2 + b$;
 $n = t = 2a\bar{x}_{н.у.} + b$; $p = \sqrt{-[4a(c + \sqrt{2}) - b^2]}$; $q = \sqrt{-[4a(c - \sqrt{2}) - b^2]}$.

Если $\bar{x}_1 > \bar{x}_{н.у.}$, то

$$\begin{aligned}
W & = W_c + W_{н.с.} = 4,44 \cdot 10^{-6} \frac{\rho_0^2 U_0^8 D_0^2}{\rho_n c_n^5} \bar{x}_{н.у.} + \\
& + 77,256 \frac{\rho_0^2 U_0^8 D_0^2}{\rho_n c_n^5} \text{tg}\alpha \left\{ \left[\frac{1}{6(\bar{x}_{н.у.} + 3)^6} - \frac{1}{6(\bar{x}_1 + 3)^6} \right] + \right. \\
& + \left. \left(\frac{0,5}{\text{tg}\alpha} - 3 \right) \left[\frac{1}{7(\bar{x}_{н.у.} + 3)^7} - \frac{1}{7(\bar{x}_1 + 3)^7} \right] \right\} + \\
& + 6,217 \cdot 10^{-3} \frac{\rho_n U_{кр.}^6 D_0^2}{c_n^3} \left\{ \frac{1}{\Delta \cdot A} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3A^2} \right) (2c + b\bar{x}_2 + m\bar{x}_1) + \frac{5mt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2A} + \right. \right. \right. \\
& + \left. \left. \frac{3a}{\Delta} \right) \right] - \frac{1}{\Delta \cdot B} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3B^2} \right) (2c + (b+n)\bar{x}_1) + \frac{5nt}{6\Delta} \left(\frac{1}{2B} + \frac{3a}{\Delta} \right) \right] + \right. \\
& + \frac{t}{16\sqrt{2a}} \ln \left| \left[\frac{(m-p)(n+p)}{(m+p)(n-p)} \right]^{\frac{1}{p}} \left[\frac{(m+q)(n-q)}{(m-q)(n+q)} \right]^{\frac{1}{q}} \right| + \\
& + \left. \frac{t}{\Delta\sqrt{-\Delta}} \left(\frac{1}{4} + \frac{5a^2}{\Delta^2} \right) \ln \left| \frac{(m-\sqrt{-\Delta})(n+\sqrt{-\Delta})}{(m+\sqrt{-\Delta})(n-\sqrt{-\Delta})} \right| + \frac{1}{16\sqrt{2a}} \ln \left| \frac{(A-\sqrt{2})(B+\sqrt{2})}{(A+\sqrt{2})(B-\sqrt{2})} \right| \right\}, \tag{9}
\end{aligned}$$

где $\text{tg}\alpha = \frac{D_{н.у.} - D_0}{2x_{н.у.}}$, 2α – угол расширения струи; $A = a\bar{x}_2^2 + b\bar{x}_2 + c$;

$B = a\bar{x}_1^2 + b\bar{x}_1 + c$; $\Delta = 4ac - b^2$; $m = 2a\bar{x}_2 + b$; $n = t = 2a\bar{x}_1 + b$; $p = \sqrt{-[4a(c + \sqrt{2}) - b^2]}$;
 $q = \sqrt{-[4a(c - \sqrt{2}) - b^2]}$.

При этом поверхность, с которой излучается звуковая мощность пограничного слоя радиально растекающегося воздушного потока, есть круг

радиусом $\bar{x}_2 - \bar{x}_{н.у.}$ при $\bar{x}_1 \leq \bar{x}_{н.у.}$ и круг радиусом $\bar{x}_2 - \bar{x}_1$ при $\bar{x}_1 > \bar{x}_{н.у.}$.

Параметры a , b , c определяются по графикам ($\lambda_0 = \frac{U_0}{U_{кр}}$ – приведенная скорость на срезе сопла) (рис.1 – 3).

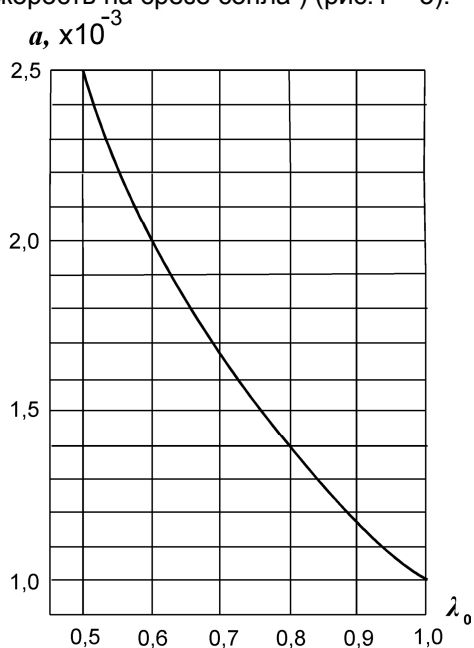


Рис.1. Зависимость параметра a от приведенной скорости λ_0 .

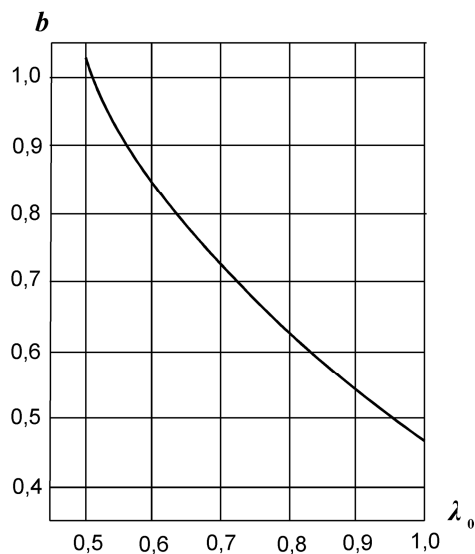


Рис.2. Зависимость параметра b от приведенной скорости λ_0 .

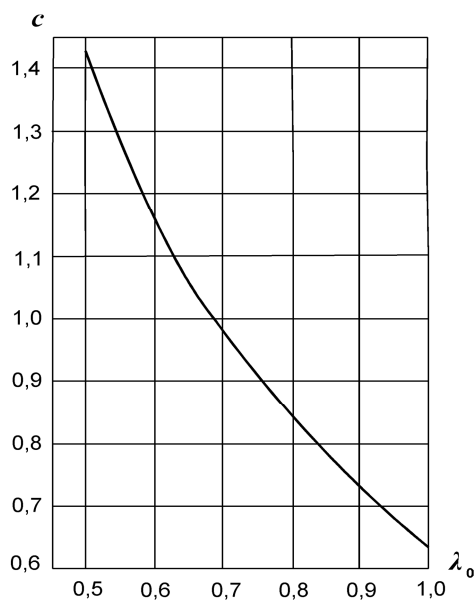


Рис.3. Зависимость параметра c от приведенной скорости λ_0 .

Все величины, используемые при расчете, имеют единицы измерения, принятые в системе СИ. Поэтому рассчитанная по разработанной методике звуковая мощность имеет единицу измерения ватт (Вт). На практике используют не абсолютное значение звуковой мощности, а уровень мощности, который можно определить по формуле

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0}, \quad (10)$$

где L_W – уровень искомой звуковой мощности, дБ; W – звуковая мощность, рассчитанная по разработанной методике, Вт; $W_0 = I_0 S_0 = 1 \cdot 10^{-12}$ Вт – исходная звуковая мощность, равная мощности переносимой звуковой волной интенсивностью I_0 через единичную площадку $S_0 = 1 \text{ м}^2$.

Выводы. В результате исследования разработана методика расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее перпендикулярном натекании на плоскую жесткую поверхность.

Список литературы

1. Богданов А. Е. Газодинамические и акустические характеристики воздушной струи, натекающей на плоскую жесткую поверхность // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2010. – № 6 (148). Ч. 2. – С.148 – 154.
2. Богданов А. Е. Формулы расчета звуковой мощности, излучаемой воздушной струей, натекающей на плоскую жесткую поверхность / А.Е. Богданов // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2011. – № 15 (169). Ч. 2. – С.202 – 209.
3. Семенов В. А. Теория экранированного сопла / Семенов В. А. – Саратов : Саратовский политехнический институт, 1990. – 37 с.
4. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика / Абрамович Г. Н. – М. : Наука, 1976. – 824 с.
5. Мунин А. Г. Звуковая мощность, создаваемая участками дозвуковой струи / А.Г. Мунин, З. Н. Науменко // Ученые записки ЦАГИ. – 1970. – Т.1. – № 5. – С. 29 – 38.
6. Мунин А. Г. Аэродинамические источники шума / Мунин А. Г., Кузнецов В. М., Леонтьев Е. А. – М. : Машиностроение, 1981. – 248 с.

УДК 532.135.66.012

Й.І. Стенцель, О.І. Проказа, О.В. Поркюян

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ АПАРАТОМ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КИСЛОТИ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЮ РЕАКЦІЇ У ВИРОБНИЦТВІ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ

У роботі наведено результати теоретичних досліджень технологічних параметрів апарату нейтралізації з врахуванням реологічних перетворень. Показано, що реологічні перетворення викликають нелінійні явища, які впливають на роботу системи контролю та управління процесом нейтралізації кислоти у виробництві аміачної селітри.

Вступ. Технологічні процеси у виробництві аміачної селітри супроводжуються реологічними перетвореннями, в основі яких є перенесення кількості маси, руху та теплової енергії [1 - 3]. Управління процесом нейтралізації азотної кислоти газоподібним аміаком здійснюється, в основному, за концентрацією розчину азотної кислоти (неконцентрованої азотної кислоти) в розчині аміачної селітри за зміною співвідношення вхідних матеріальних потоків $K_C = F_a / F_k$, де F_k - витрата 40-60%-ої азотної кислоти; F_a - витрата аміаку. Температурний режим у склянці апарату нейтралізації стабілізується шляхом зміни витрати розчину азотної кислоти. Причому температура аміачної селітри контролюється на виході з апарату нейтралізації. Найбільш розповсюдженим є спосіб управління процесом нейтралізації шляхом регулювання азотної кислоти на виході з апарату в залежності від різниці потенціалу платинового електроду відносно стандартного електроду [4]. Основним недоліком такого способу управління є те, що вимірювання кислотності розчину аміачної селітри здійснюється поза реакційною зоною, що призводить до збільшення інерційності автоматичної системи регулювання, а відповідно до коливальних процесів, при яких різко змінюється витрата аміаку та різких змін кислотності в аміачній селітрі й соковій парі. У [5] описується спосіб управління апаратом нейтралізації кислоти, коли керуюча дія на подачу азотної кислоти обумовлюється сигналом платинового електроду відносно стандартного. Причому платиновий електрод розташовується в реакційній зоні апарату нижче точки переливу розчину аміачної селітри, а функцію стандартного електроду виконує хлорсрібний електрод, котрий з'єднаний з реакційною зоною за допомогою електролітичного містка. Така система автоматичного регулювання має суттєві недоліки, так як, по-перше, не чітко зрозуміло, що являє собою «нижча» точка переливу розчину аміачної селітри, а, по-друге, за рахунок електролітичного містка, довжина якого складає два метри, виникає зміщення сигналів між основним платиновим електродом та допоміжним хлорсрібним. Ці недоліки теж певним чином впливають на роботу системи автоматичного регулювання, яка здійснюється зміною витрати азотної кислоти. Задача полягає в зменшенні інерційності системи автоматичного регулювання, а також вибору нових способів вимірювального контролю та управління апаратом нейтралізації кислоти.

Технічною задачею поставленої мети є теоретичне та експериментальне дослідження технологічного процесу нейтралізації азотної кислоти з метою визначення нових принципів, які можуть бути покладені в основу автоматичного управління цим процесом, котрі відзначаються малою інерційністю й точністю вимірювального контролю. Експериментальні дослідження показують, що кислотність у розчині аміачної селітри зменшується від максимального значення при подачі розчину азотної кислоти в реакційну зону до її мінімального значення, яке має місце в розчині аміачної селітри на виході з апарату нейтралізації. Зменшення кислоти в реакційній склянці здійснюється практично за експоненціальним законом. Такий процес формально можна описати наступним нелінійним диференціальним рівнянням

$$\frac{\partial Q_k(\xi, \theta)}{\partial \theta} = -D_k \frac{\partial^2 Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} - v_k \frac{\partial Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi} + \gamma_{Q_c} [t, \gamma_T(t)] \quad (1)$$

де $Q_k(\xi, \theta)$ - зміна концентрації розчину азотної кислоти за висотою ξ реакційної склянки; θ - час зміни концентрації; D_k - коефіцієнт дифузії азотної

кислоти в газоподібний аміак; v_k - лінійна швидкість подачі розчину азотної кислоти в реакційну зону; $\gamma_{Q_c}(t)$ - швидкість стоку кислоти в реакційній зоні за час t ; $\gamma_T(t)$ - швидкість стоку теплової енергії хімічної реакції.

Процес хімічного перетворення азотної кислоти супроводжується інтенсивним виділенням теплової енергії, яка тут же використовується для первинного упарювання розчину аміачної селітри, тому такі реактори ще називаються апаратами з використанням тепла нейтралізації (ВТН). Розчин азотної кислоти, як правило містить від 40 до 60 відсотків води, яка при температурі реакції 155 – 175 °С перетворюється в пару, котра називається «соковою парою» і виводиться з апарату. Розчин аміачної селітри з концентрацією біля 90 відсотків виводиться з апарату на упарювання в спеціальних випарних апаратах. Джерелом теплової енергії в апараті ВТН є хімічна реакція. Тепло виводиться з апарату, в основному, з розчином аміачної селітри та сокової пари. Окрім того теплова енергія є рушійною силою власне хімічної реакції, так як вона впливає на швидкість хімічного перетворення згідно з рівнянням

$$K_p = K_0 \exp(-E / RT), \quad (2)$$

де K_0 - стала для даного типу реакції; E - енергія активації реакції; R - універсальна газова стала; T - температура реакції.

Процес перенесення теплової енергії від внутрішнього джерела тепла можна описати наступним рівнянням теплоперенесення [6 - 8]

$$\frac{\partial T(\xi, \theta)}{\partial \theta} = -D_T \frac{\partial^2 T(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} - \gamma_T [t, \gamma_{Q_c}(t)] \quad (3)$$

Створення аміачної селітри має накопичувальний характер, а відповідно являє собою інтегруючу динамічну ланку, так як процес протікає в часі t . Так як реакція між азотною кислотою та аміаком є одностадійною, то швидкість стоку створеної аміачної селітри з врахуванням стоку теплової енергії можна описати наступним лінійним диференціальним рівнянням [9]

$$\gamma_{Q_c} [t, \gamma_T(t)] = \frac{d}{dt} \left(\tau_{Q2}^2 \frac{d^2 Q_c(t)}{dt^2} + \tau_{Q1} \frac{d Q_c(t)}{dt} + Q_c(t) \right), \quad (4)$$

де $\tau_{Q2}^2 = \tau' \tau''$; $\tau_{Q1} = \tau' + \tau''$; $\tau' = LS / [F_k + LSK_0 \exp(-E / RT)]$;
 $\tau'' = m_p c T / \left[F_c c T + r LSK_0 Q_{k0} \frac{E}{RT} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \right]$ - сталі часу; $Q_c(t)$ - концентрація аміачної селітри; F_k - об'ємна витрата розчину азотної кислоти; m_p - маса розчину в склянці апарату ВТН; c - теплоємність розчину аміачної селітри; r - теплота реакції; L - рівень аміачної селітри в склянці апарату; S - поперечний перетин склянки; Q_{k0} - концентрація азотної кислоти на вході в апарат; $Q_{k\min}$ - концентрація азотної кислоти в розчині аміачної селітри на виході зі склянки.

Підставивши (4) у рівняння (1), маємо

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Q_k(\xi, \theta)}{\partial \theta} - D_k \frac{\partial^2 Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} - v_k \frac{\partial Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi} = \\ & = \frac{d}{dt} \left(\tau_{Q2}^2 \frac{d^2 Q_c(t)}{dt^2} + \tau_{Q1} \frac{dQ_c(t)}{dt} + Q_c(t) \right) \end{aligned} \quad (5)$$

Так як хімічне перетворення азотної кислоти та стік аміачної селітри здійснюються практично одночасно та в одному напрямку, то можна прийняти, що $\xi \approx x$; $\theta \approx t$. У такому випадку рівняння (5) спрощується й приймає наступний вигляд

$$D_k \frac{\partial^2 Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} + v_k \frac{\partial Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi} = \frac{d}{dt} \left(\tau_Q \frac{d^2 Q_c(t)}{dt^2} + \frac{dQ_c(t)}{dt} \right), \quad (6)$$

де $\tau_Q = \tau_{Q2}^2 / \tau_{Q1}$ - стала часу стоку аміачної селітри.

Згідно з методом нульового градієнта [10] нелінійне диференціальне рівняння (6) розділяється на систему наступних лінійних диференціальних рівнянь:

$$\tau_D \frac{\partial^2 Q_k(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} + Q_k(\xi, \theta) = 0; \quad (7)$$

$$\tau_Q \frac{d^2 Q_c(t)}{dt^2} + \frac{dQ_c(t)}{dt} = I(Q_k), \quad (8)$$

де $\tau_D = v_k / D_k = F_k / D_k S$ - стала часу дифузійного процесу азотної кислоти; S - поверхня дифузії; F_k - об'ємна витрата азотної кислоти, яка подається в реакційну зону;

$$\tau_Q = \frac{1}{\left(\frac{F_c}{F_k} + \frac{V_k}{V_c} \right) \left(\frac{F_k}{V_k} \right) + \left[Q_{k0} \left(\frac{r}{cT} \right) \left(\frac{E}{RT} \right) \left(\frac{V_c}{V_k} \right) + 1 \right] K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT} \right)}, \quad (9)$$

де $V_c = LS$ - об'єм реакційної склянки; $m_p / Q_k \rho_k = V_k$ - об'єм азотної кислоти в реакційній склянці.

Рішенням рівняння (7) при граничних умовах: $Q_k(\xi, 0) = Q_{k0}$, $Q_k(\xi, \infty) = 0$, $\frac{\partial Q_k(\infty, \theta)}{\partial \xi} \rightarrow 0$ буде

$$Q_k(\xi, \theta) = Q_{k0} \exp(-\theta / \tau_D). \quad (10)$$

Граничними умовами для рівняння (8) будуть: $Q(0) = 0$, $Q_c(\infty) = Q_{c0}$, $\frac{dQ_c(\infty)}{dt} = 0$. Тоді рішенням цього рівняння буде

$$Q_k(t) = Q_{k0} \exp(-t / \tau_Q). \quad (11)$$

Так як $Q_{c0} = k_k Q_k(\xi, \theta)$, то, підставивши (10) у рівняння (11), маємо

$$Q_c(t) = Q_{k0} \exp(-\theta / \tau_D) \exp(-t / \tau_Q) \quad (12)$$

Час θ фактично є часом перебування азотної кислоти в реакційній склянці. Тому, приймаючи, що $\theta = V_k / F_k$, а $\frac{\theta}{\tau_D} = \frac{D_k}{L} \left(\frac{V_k}{F_k}\right)^2$, відношення $F_c / F_k = 1 + K_C$, де $K_C = F_a / F_k$, F_a - масова витрата аміаку і підставляючи (9) у рівняння (12) отримуємо наступну математичну модель за концентрацією азотної кислоти в реакційній склянці апарату ВТН

$$Q_c(t) = Q_{k0} \exp\left(-\frac{D_k}{L} \left(\frac{V_k}{F_k}\right)^2\right) * \exp\left(-\frac{t}{2 \frac{V_k}{F_k} (1 + K_C) + \left[Q_{k0} (1 + K_C) \frac{rE}{cT^2 R} + 1\right] K_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)}\right) \quad (13)$$

З рівняння (13) видно, що процес зменшення азотної кислоти в реакційній зоні склянки апарату ВТН здійснюється за експоненціальним законом. До основних найбільш сильних впливових факторів, котрі визначають оптимальний процес створення аміачної селітри відносяться: початкова концентрація азотної кислоти Q_{k0} , масова витрата неконцентрованої азотної кислоти F_k , співвідношення витрат аміаку F_a та азотної кислоти F_k , а також температура T в реакційній зоні [10]. На практиці для ведення технологічного процесу нейтралізації аміачної селітри використовують витрату F_k , як правило, для стабілізації температури в реакційній зоні, а також співвідношення витрат K_C . Так як ці технологічні параметри неоднозначно характеризують процес нейтралізації кислоти, то у багатьох випадках у системах управління використовують різницю концентрацій Q_{k0} азотної кислоти в реакційній зоні та в розчині аміачної селітри на виході з апарату [11]. Такі способи управління процесом нейтралізації кислоти мають певні недоліки, які впливають на оптимальний режим роботи апарату. Розглянемо можливість використання температури в реакційній склянці апарату нейтралізації для управління цим процесом.

Теплова енергія, котра створюється в процесі хімічного перетворення має накопичувальний характер, так як вона не тільки використовується для проходження реакції, але й накопичується в розчині аміачної селітри та соковій парі. Тому стік теплової енергії можна описати наступним диференціальним рівнянням

$$\gamma_T [t, \gamma_{Q_c}(t)] = \frac{d}{dt} \left(\tau_{T2}^2 \frac{d^2 T(t)}{dt^2} + \tau_{T1} \frac{dT(t)}{dt} + T(t) \right) \quad (14)$$

де τ_{T1} , τ_{T2} - сталі часу.

Підставивши (14) у рівняння (3), отримуємо

$$\frac{\partial T(\xi, \theta)}{\partial \theta} + D_T \frac{\partial^2 T(\xi, \theta)}{\partial \xi^2} = \frac{d}{dt} \left(\tau_{T2}^2 \frac{d^2 T(t)}{dt^2} + \tau_{T1} \frac{T(t)}{dt} + T(t) \right) \quad (15)$$

Згідно з методом нульового градієнта [11] нелінійне диференціальне рівняння (15) можна замінити на наступну систему рівнянь:

$$\frac{\partial T(\xi, \theta)}{\partial \theta} = -D_T \frac{\partial^2 T(\xi, \theta)}{\partial \xi^2}; \quad (16)$$

$$\tau_{T2}^2 \frac{d^2 T(t)}{dt^2} + \tau_{T1} \frac{T(t)}{dt} + T(t) = 1(T(\xi, \theta)) \quad (17)$$

При краєвих умовах: $T(\xi, 0) = 0$, $T(\xi, \infty) = T_0$, $\frac{\partial T(\xi, \infty)}{\partial \xi} = 0$ рішенням рівняння (16) буде: $T(\xi, \theta) = T_0 \operatorname{erf}(\xi / 2\sqrt{D_T \theta})$, або в першому наближенні, обмежуючись тільки першим членом ряду цієї функції, маємо

$$T(\xi, \theta) = k_T T_0 \left(\xi / 2\sqrt{D_T \theta} \right)^{1/3}, \quad (18)$$

де k_T - стала.

Початковими умовами для рівняння (17) будуть: $T(0) = 0$, $T(\infty) = T_{ac}$, $\frac{dT(\infty)}{dt} = 0$.

Окрім того, характер розв'язку залежатиме від відношення сталих часу τ_{T1} / τ_{T2} . Експериментальні дослідження показують, що розподілення температури в реакційній склянці має слабкий коливальний характер, а значить відношення $\tau_{T1} / \tau_{T2} < 2$. У такому випадку рішенням рівняння (17) буде

$$T(t) = T(\xi, \theta) \left[1 - \exp(\alpha t) \left[\cos(\omega_0 t) + (\alpha / \omega_0) \sin(\omega_0 t) \right] \right], \quad (19)$$

де $\alpha = -\tau_{T1} / 2\tau_{T2}^2$ - ступінь загасання температурного поля в реакційній склянці апарату ВТН; $\omega_0 = \sqrt{1/\tau_{T2}^2 - (\tau_{T1} / 2\tau_{T2}^2)^2}$ - частота власних коливань температурного поля в реакційній зоні.

Підставивши рівняння (18) у (19), маємо

$$T(t) = k_T T_0 \left[\frac{\xi}{2\sqrt{D_T \theta}} \right]^{1/3} \left[1 - \exp(\alpha t) \left[\cos(\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\omega_0 t) \right] \right] \quad (20)$$

Прийнявши до уваги, що $\xi = L$, де L - висота реакційної склянки, а $\theta = V \rho_P (1 - Q_{ko}) / F_{km}$ - час перебування кислоти в реакційній склянці; F_{km} - масова витрата розчину азотної кислоти, яка подається в реакційну зону склянки; V - об'єм реакційної склянки; ρ_P - густина розчину азотної кислоти, рівняння (20) приймає такий вигляд

$$T(t) = k_T T_0 \frac{\sqrt[3]{0,5L} \sqrt[6]{F_{km}}}{\sqrt[6]{D_T V \rho_p (1 - Q_k)}} \left\{ \frac{1 - \exp(-\alpha t)^*}{\cos(\omega_0 t) + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin(\omega_0 t)} \right\} \quad (21)$$

Експериментальні й теоретичні дослідження показують, що перехідний процес має форму, показану на рис.1.

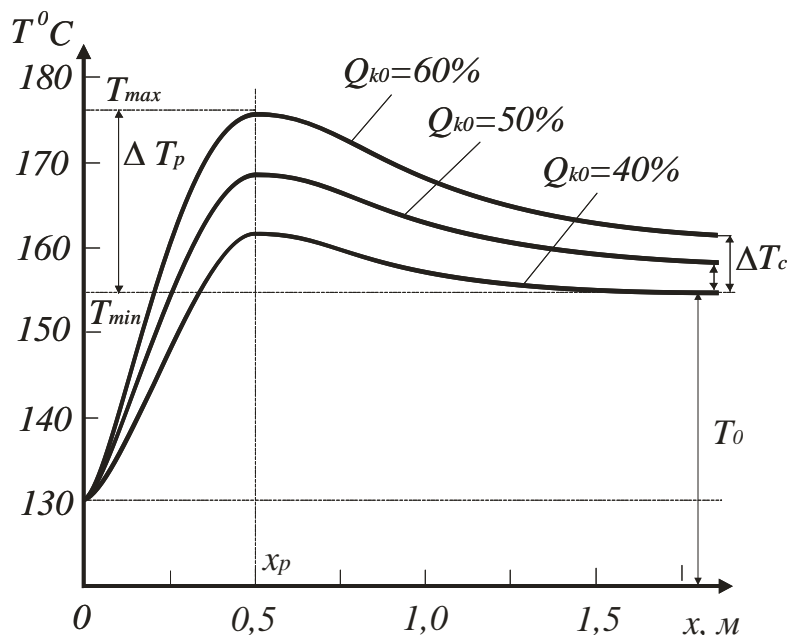


Рис. 1. Графіки зміни температурного поля в склянці апарату ВТН

Залежності $T(x) = f(x)$ мають екстремум у деякій точці x_p , який залежить від концентрації Q_{k0} азотної кислоти в її розчині, як показано на рис.1, а також від масової її витрати F_{km} . Так як процес є неперервним, то подача розчину азотної кислоти та газоподібного аміаку здійснюється постійно зі швидкістю, яка практично відповідає швидкості хімічної реакції $v_p = V / F_{ac}$, де V - об'єм реакційної склянки; F_{ac} - швидкість стоку аміачної селітри зі склянки. Час хімічного перетворення t є часом, відлік якого починається від моменту уведення розчину азотної кислоти в реакційну зону ($t=0$) до моменту виходу аміачної селітри з реакційної склянки. За цей час реакційна маса проходить відстань $x = L \approx 2 \text{ м}$ зі швидкістю v_p . Тому час перебування t знайдемо за формулою $t = x / v_p = xS / F_{ac}$ або

$$t = xS / (F_k / \rho_k Q_k + F_a / \rho_a Q_a), \quad (22)$$

де F_k, F_a - масові витрати розчину азотної кислоти з концентрацією Q_k і газоподібного аміаку з концентрацією Q_a відповідно; ρ_k, ρ_a - густина азотної кислоти та аміаку відповідно.

Приймаючи до уваги, що $\rho_B = 1 \text{ м/м}^3$, а відношення об'ємних витрат $F_{ao}/F_{ko} = K_C$ є співвідношенням витрат аміаку та азотної кислоти, рівняння (22) приводиться до такого вигляду

$$t = \frac{xS}{F_{ko}(1 + k_p K_C Q_k)}, \quad (23)$$

де $k_p = \rho_k / \rho_a$.

Підставимо (23) у рівняння (21). У результаті отримаємо математичну модель для температурного поля в реакційній склянці в такій формі

$$T(x) = \frac{k_T T_0 \sqrt[3]{0,5L} \sqrt[6]{F_{km}}}{\sqrt[6]{D_T V \rho_p (1 - Q_k)}} \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha x S}{F_{ko}(1 + k_p K_C (Q_k / Q_a))}\right) \right]^* \\ \cos\left(\frac{\omega_0 x S}{F_{ko}(1 + k_p K_C (Q_k / Q_a))}\right) + \\ + \frac{\alpha}{\omega_0} \sin\left(\frac{\omega_0 x S}{F_{ko}(1 + k_p K_C (Q_k / Q_a))}\right) \end{array} \right\}. \quad (24)$$

Ступінь загасання α функції $T(x) = f(x)$ і власну частоту ω_0 коливань температурного поля в реакційній склянці апарату ВТН можна визначити за наступними формулами:

$$\alpha = \frac{\rho_k Q_{k0} F_k}{2m_p} \left\{ \begin{array}{l} \left[1 + \frac{rVK_0 Q_{k0} E}{F_c c T_0^2 R} \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) \right] + \\ + \frac{m_p F_k}{VF_c} \left[1 + \frac{VK_0}{F_k} \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) \right] \end{array} \right\}; \quad (25)$$

$$\omega_0 = F_k \sqrt[6]{ \frac{\rho_k Q_k}{2Vm_p} \left[1 + \frac{VK_0}{F_k} \exp\left(-\frac{E}{RT_0}\right) \right]^* \left[1 + \frac{rVK_0 Q_{k0} E}{F_c c T_0^2 R} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \right]^* - \alpha^2 }. \quad (26)$$

З рівняння (24) випливає, що розподілення температурного поля в реакційній склянці залежить від наступних параметрів: концентрації Q_{ko} азотної кислоти в її розчині; масової витрати F_{km} розчину азотної кислоти; співвідношення K_C об'ємних витрат розчину азотної кислоти та аміаку. Ці параметри використовуються для управління технологічним процесом нейтралізації кислоти у виробництві аміачної селітри. Окрім того,

використовується pH метод, згідно з яким визначається різниця потенціалів платинових електродів в точці, близькій до точки x_p і в розчині аміачної селітри на виході зі склянки ($x \leq L$) і за їх різницею змінюють витрату F_{km} розчину азотної кислоти. З рівняння (24) видно, що до основних параметрів, за котрими можна вести технологічний процес, є також відношення концентрацій азотної кислоти Q_{ko} у її розчині до концентрації Q_{ao} аміаку. Окрім того, в точках x_p та $x \approx L$ зміна температурного поля є тим додатковим показником, який можна використати для управління технологічним процесом на оптимальному рівні.

Список літератури

1. Таганов И. Н. Моделирование процессов массо- и энергопереноса. – Л. : Химия, 1979. – 203 с.
2. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. – М. : Химия, 1974. – 688 с.
3. Лыков А. В. Теория теплопроводности. – М. : Высш. шк., 1967. – 599 с.
4. Миниович М. А. Производство аммиачной селитры. – М. : Химия, 1974. – 276 с.
5. Патент України 43404, С2, С01N27/48, 17.12.2001 «Спосіб автоматичного управління процесом нейтралізації кислоти у виробництві аміачної селітри в апараті використання тепла нейтралізації».
6. Лыков А. Теория тепло-и массопереноса / Лыков А. В., Михайлов Ю. А.. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 389с.
7. Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М. Теория тепло-и массообмена. - М.: Госэнергоиздат, 1962. – 562 с.
8. Вайнберг А.М. Математическое моделирование процессов переноса. Решение нелинейных краевых задач. – Москва-Иерусалим, 2009. – 210 с.
9. Поркуян О.В., Стенцель Й.І., Проказа О.І. Реологічні моделі технологічного контролю параметрів з внутрішніми зв'язками у виробництві аміачної селітри. Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. «Електроенергетика и преобразовательная техника». – Харків: НТУ «ХПИ» - № 12. – 2010. – с. 21 – 28.
10. Стенцель Й.І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування. – К.: ІСДО, 1993. – 328 с.
11. Стенцель Й.І. Математичне моделювання хімічних процесів на основі теорії реологічних переходів. //Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ, 2007. - №5 (111), Ч.2. – С. 91 – 96.

Й.І. Стенцель, О.В. Кузнецова, О.В. Поркуян, К.А. Літвінов

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ВИПАРНИМ АПАРАТОМ ЗА МАСОВОЮ ДЕПРЕСІЄЮ

У роботі наведено результати теоретичних досліджень технологічних параметрів випарного апарату для аміачної селітри з врахуванням реологічних перетворень. Показано, що реологічні переходи викликають нелінійні явища, які впливають на роботу систем контролю та управління процесом випарювання у виробництві аміачної селітри. Рис.2, Дж.5.

Вступ. Процеси упарювання розчинів супроводжуються реологічними перетвореннями кількості маси, руху та теплової енергії [1, 2]. Реологічні перетворення викликають зміни технологічних параметрів, що впливає на точність управління процесом упарювання. Вони супроводжуються одночасною зміною маси, тепла й кількості руху, що впливає на похибки вимірювального контролю, а відповідно відхилення процесу упарювання від оптимального режиму роботи [3]. У виробництві аміачної селітри розчин, який створюється на стадії нейтралізації азотної кислоти упарюється до 99,5-99,8 відсотків [4]. Процес упарювання розчину аміачної селітри відноситься до двостадійного. Перша стадія упарювання є найбільш простою, при котрій розчин доводиться до кипіння у внутрішньому кип'ятильнику. На другій стадії упарювання використовується плівковий принцип, при якому розчин аміачної селітри вільно стікає у вигляді плівки по трубках, котрі нагріваються перегрітою парою. До основних технологічних параметрів, які підлягають вимірювальному контролю на першій стадії упарювання, відносяться: витрати матеріальних і теплових потоків, температура кипіння упарюваного розчину, рівень упареного розчину у випарному апараті, концентрація упареного розчину, а також тиск, температура, витрата та склад вторинної пари. Однією з основних задач такого способу упарювання є підтримання співвідношень між контрольованими технологічними параметрами, котрі визначають критерій оптимального управління та забезпечують максимальну продуктивність роботи випарного апарату.

Постановка задачі. Випарні апарати відносяться до багатопараметричних об'єктів, для яких основною технічною задачею є оптимізація процесу управління за рахунок стабілізації матеріального та температурного балансів. До найбільш поширених способів оптимізації процесів упарювання відноситься стабілізація температурного режиму, який є достатньо інерційним, а при наявності сильних збурюючих впливів призводить до появи процесів, котрі викликають відхилення від оптимального режиму роботи випарних агрегатів. Експериментальними дослідженнями встановлено, що управління процесом упарювання за температурною та масовою депресіями є найбільш ефективним, ніж, наприклад, управління за зміною температури кипіння та рівнем упареного розчину. Основною задачею таких процесів є визначення впливу технологічних параметрів на результуючий параметр випарного апарату, котрий є основним критерієм ефективності його роботи. Для випарних апаратів, які найчастіше використовуються на перших стадіях упарювання аміачної селітри, одним з основних параметрів, котрі характеризують якісні показники є концентрація упареного розчину та його витрата.

Основна частина. У випарних апаратах протікають тепло- і масообмінні процеси, які супроводжуються розділенням свіжого розчину на упарену речовину та пароподібну фазу (вторинну пару), які постійно виводяться з апарату. Нехай у деякій області випарного апарату існує неоднорідне розподілення матеріальних речовин (упареного розчину та парової фази). Позначимо неоднорідність розподілу потенціалу перенесення маси у процесі упарювання через $\phi(\bar{x}, \xi)$, де \bar{x} - вектор направленості руху перенесення маси у процесі випарювання; ξ - час перенесення упареного розчину. Це викликає відхилення від стану рівноваги упарюючого розчину і є причиною виникнення потоків перенесення упареного розчину та вторинної пари, а відповідно, до порушення оптимального режиму роботи випарного апарату. У цій області має місце макроскопічний рух упареної речовини й вторинної пари, який характеризується полем швидкостей $v(\bar{x}, \xi)$.

Стоком потенціалу перенесення є упарений розчин густиною ρ_c і вторинна пара. В інтегральній формі умовою зберігання потенціалу перенесення маси упареного розчину для деякого об'єму упарювання V буде наступне рівняння [3]

$$\int_V \frac{\partial \phi(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} dV = - \oint_S F_\Sigma d\bar{f} + \int_V \gamma_c dV, \quad (1)$$

де S - поверхня виведення вторинної пари; $d\bar{f} = \bar{n} d\sigma$ - елемент цієї поверхні; \bar{n} - одиничний вектор елемента $d\sigma$; F_Σ - сумарний потік перенесення маси; γ_c - швидкість стоку упареного розчину.

Для довільного об'єму розчину упарювання рівняння (1) приймає вигляд

$$\frac{\partial \phi(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} + \text{div} F_\Sigma - \gamma_c = 0. \quad (2)$$

Враховуючи, що в результаті упарювання створюються потоки перенесення упареного розчину у випарному апараті, вторинної пари та потік стоку упареного розчину, то рівняння (2) можна записати в такій формі

$$\frac{\partial \phi(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} + \text{div}[\phi(\bar{x}, \xi), \bar{v}] = -\text{div} \bar{q} + \gamma_c, \quad (3)$$

де \bar{v} - вектор швидкості руху упареного розчину; \bar{q} - потік перенесення упареного розчину.

Так як у об'ємі випарного апарату має місце реологічне перетворення, котре є наслідком взаємодії маси розчину й теплової енергії, то, позначивши $\rho_p(\bar{x}, \xi)$ - поле густин в об'ємі реологічного переходу, $v(\bar{x}, \xi)$ - поле швидкостей і $\gamma_c(V_c, t)$ - інтенсивність стоку упареного розчину в одиниці об'єму V_c за одиницю часу t , рівняння реологічного перенесення приймає наступну форму

$$\frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} + \text{div}[\rho_p(\bar{x}, \xi), \bar{v}(\bar{x}, \xi)] = \text{div}[D \nabla \rho_p(\bar{x}, \xi)] + \gamma_c(V_c, t), \quad (4)$$

де D - коефіцієнт дифузії упареного розчину; t - час його стоку.

Так як при упарюванні має місце макроскопічний рух розчину, а швидкість перенесення упареного розчину $\bar{v}(\bar{x}, \xi) > 0$, то, приймаючи до уваги односторонній характер перенесення руху упареного розчину та вторинної пари, рівняння (4) приймає наступну форму

$$\frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} = D \frac{\partial^2 \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x^2} + v \frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x} + \gamma_c(V_c, t) \quad (5)$$

де x - умовний напрямок перенесення маси упареного розчину.

Інтенсивність стоку результату упарювання $\gamma_c(V_c, t)$ являє собою зміну маси упареної аміачної селітри, яка виводиться з випарного апарату за одиницю часу t і є його швидкістю. При $t \rightarrow \infty$ процес стоку упареної аміачної селітри закінчується. Процес збільшення густини упареного розчину за рахунок виведення вторинної пари описується диференціальними рівняннями Фіка. У загальному випадку можна записати, що швидкість стоку упареного розчину аміачної селітри є функцією швидкості стоку теплової енергії $\gamma_T(y, t)$, який витрачається на упарювання, та стоку маси упареного розчину $\gamma_L(y, t)$, який витрачається з випарного апарату, тобто $\gamma_c(y, t) = f[\gamma_T(y, t), \gamma_L(y, t)]$. Як показано в [3], ця залежність устанавлюється сумісним рішенням рівнянь матеріального та теплового балансів за густиною ρ_y упареного розчину, температурою T_k кипіння та рівнем L упареного розчину в кубі апарату і виражається наступним рівнянням [5]

$$\gamma_c(y, t) = \tau_3^3 \frac{d^4 \rho_y}{dt^4} + \tau_2^2 \frac{d^3 \rho_y}{dt^3} + \tau_1 \frac{d^2 \rho_y}{dt^2} + \frac{d \rho_y}{dt} \quad (6)$$

де y - напрямок перенесення упареного розчину; $\tau_1 = (\tau' + \tau'' + \tau''')$; $\tau' = V / F_c$ - стала часу за зміною густини упареного розчину; $\tau'' = m_k c_k T / \Pi$ - стала часу за зміною температури упарювання; $V = SL$ - номінальний об'єм упареного розчину в апараті; S - поперечний перетин апарату упарювання; L - рівень упареного розчину в апараті; F_c - номінальна витрата стоку упареного розчину; m_k - маса упареного розчину; c_k - питома теплоємність упареного розчину; T - температура кипіння; $\tau''' = SL / F_c$ - стала часу за зміною рівня упареного розчину; $\tau_2^2 = \tau' \tau'' + \tau' \tau''' + \tau'' \tau'''$; $\tau_3^3 = \tau' \tau'' \tau'''$;

$$\Pi = c_k T F_c \rho_k \left[1 + \frac{F_p c_n}{2 F_c c_k} + r_p \frac{(r F_T - F_n c_p T)}{F_c (c_p T_p + c_k T)} \right] = c_k T F_c \rho_k K_{\Pi}$$

ρ_k - густина упареного розчину; F_n - витрата вторинної пари; c_n - питома теплоємність вторинної пари; r_p - теплота фазового переходу розчинника упарюючого розчину; r - теплота фазового переходу гріючої пари, яка подається в кип'ятильник; F_p, c_p, T_p - витрата, питома теплоємність і температура свіжого розчину відповідно;

$$K_{\Pi} = 1 + 0,5 \frac{F_p c_n}{F_c c_k} + r_p \frac{(rF_T - F_n c_p T)}{F_c (c_p T_p + c_k T)} \quad (7)$$

Сталі часу процесу стоку упареного розчину аміачної селітри дорівнюють:

$$\tau_1 = K_{\tau_1} V / F_c, \quad (8)$$

$$\tau_2^2 = \left(\frac{SL}{F_c} \right)^2 \left(1 + 2 \frac{m_k c_k T F_c}{\Pi SL} \right); \quad (9)$$

$$\tau_3^3 = \frac{S^2 m_k c_k L T_p}{F_c^2 \Pi} \quad (10)$$

де $K_{\tau_1} = 1 + m_k / V \rho_k K_{\Pi}$

Підставивши рівняння (6) у (5), одержуємо

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} - v \frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x} - D \frac{\partial^2 \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x^2} = \tau_3^3 \frac{d^4 \rho_y(y, t)}{dt^4} + \\ + \tau_2^2 \frac{d^3 \rho_y(y, t)}{dt^3} + \tau_1 \frac{d^2 \rho_y(y, t)}{dt^2} + \frac{d \rho_y(y, t)}{dt} \end{aligned} \quad (11)$$

Якщо припустити, що швидкість процесу упарювання та швидкість стоку упареного розчину є однаковими (рівноваговий процес), то в першому

$$\frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial \xi} \approx \frac{d \rho_y(y, t)}{dt}$$

наближенні можна прийняти, що . Тоді рівняння (10) приводиться до наступної форми

$$\begin{aligned} D \frac{\partial^2 \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x^2} + v \frac{\partial \rho_p(\bar{x}, \xi)}{\partial x} = -\tau_3^3 \frac{d^4 \rho_y(y, t)}{dt^4} - \\ - \tau_2^2 \frac{d^3 \rho_y(y, t)}{dt^3} - \tau_1 \frac{d^2 \rho_y(y, t)}{dt^2} - 2 \frac{d \rho_y(y, t)}{dt} \end{aligned} \quad (12)$$

При випарюванні розчину аміачної селітри мають місце тепло- і масообмінні процеси, як правило, незворотні й зазнають деформацію в області фазового переходу, який протікає в кубовій частині випарного апарату. Внутрішні переходи приводять до утворення упареної аміачної селітри з деяким приростом концентрації $\Delta Q = Q_y - Q_p$, де Q_y - концентрація упареного розчину; Q_p - концентрація аміачної селітри у свіжому розчині. Розглядаючи процес упарювання $\rho_p(x, \xi) = f(x)$ як деяку ступінчасту функцію від «а» до «б» (див. рис. 1, а), можна записати наступне рівняння

$$\rho_p(x, \xi) = \begin{cases} 1 & x \leq a; a < b; x \rightarrow x_0 \\ 0 & x \geq b; a < x < b; x \rightarrow x_0 \end{cases}$$

Швидкість перенесення густини упареного розчину ρ_p у випарному апараті можна визначити за формулою $v_p = dx / d\xi$. Стоком буде процес

накопичення упареної аміачної селітри (див. рис. 1, б). Цей процес теж проходить за координатою $y = y_0$, але за деякий час t . Швидкість накопичення упарених комплексів $v_y = dy/dt$ і практично визначається швидкістю дії теплоти на розчин. Процес упарювання розчину аміачної селітри є незворотним і описується наступною розривною функцією

$$\rho_y(y) = \begin{cases} 1 & y \geq b \\ 0 & y < a \end{cases}$$

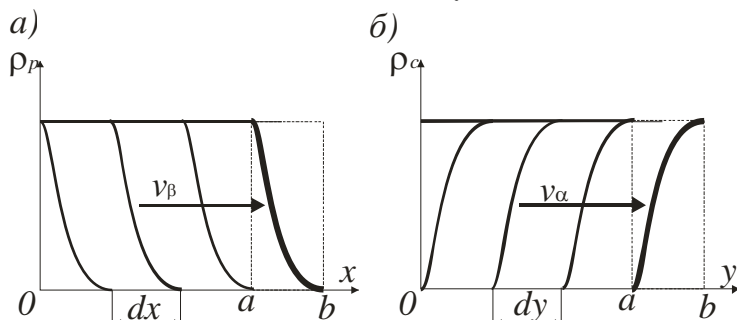


Рис. 1. Графіки функцій незворотних фазових переходів:
а) маси розчину аміачної селітри у випарному апараті;
б) маси стоку упареного розчину

Зону, в якій проходить упарювання розчину аміачної селітри, можна описати інтегральною імпульсною δ -функцією Дірака. Згідно з теорією узагальнених функцій похідна ступінчастої функції приводить до символічної рівності

$$\delta(x) = \frac{d}{dx} f(x), \quad (13)$$

де $\delta(x)$ - інтегральна імпульсна дельта-функція Дірака; $f(x)$ - довільна функція, неперервна в околі $\xi = x_0$.

Якщо функція $f(x)$ у рівнянні (13) описує процес упарювання розчину аміачної селітри, то інтегральна імпульсна δ -функція Дірака є асиметричною та описується таким інтегральним рівнянням

$$\int_{a+0}^b f(x) \delta(x-x_0) dx = \begin{cases} 0 & x_0 < a, x_0 \geq b \\ f(x_0+0) & a < x_0 < b \end{cases}. \quad (14)$$

Із визначення рівняння (14) випливає наступна несумісна умова дельта-функції Дірака

$$\delta(x) = 0, \quad x \neq 0, \quad \int_{-\infty}^{\infty} \delta(\xi) d\xi = 1. \quad (15)$$

Рівняння (12) запишемо через масу $\beta = \rho_p(F_p + F_u)t_0$ упарюваного розчину і масу $\alpha = \rho_y F_y t_0$ упареної аміачної селітри, яка виводиться з апарату, де

F_p, F_u, F_y - об'ємна витрата свіжого розчину, рециркуляції та упареного розчину відповідно; $t_0 = F_c / SL_0$ - час перебування розчину аміачної селітри в апараті. Тоді отримуємо

$$D \frac{\partial^2 \beta(\bar{x}, \xi)}{\partial x^2} + v \frac{\partial \beta(\bar{x}, \xi)}{\partial x} = -\tau_3 \frac{d^4 \alpha(y, t)}{dt^4} - \tau_2 \frac{d^3 \alpha(y, t)}{dt^3} - \tau_1 \frac{d^2 \alpha(y, t)}{dt^2} - 2 \frac{d\alpha(y, t)}{dt} \quad (16)$$

Нехай $\varphi(t) = \frac{d}{dt} \left(\tau_3 \frac{d^3 \alpha}{dt^3} + \tau_2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \tau_1 \frac{d\alpha}{dt} + 2\alpha \right)$ є ступінчастою функцією.

Тоді похідна цієї функції $\frac{\partial}{\partial t} \varphi(t) = \delta(t)$ є теж інтегральною імпульсною δ -функцією Дірака. Виходячи з несумісності умови узагальненої дельта-функції Дірака, при $t = 0$ остання дорівнює нулю (рис. 2). Так як на границях « $a-a$ » і « $b-b$ » інтегральної імпульсної дельта-функції Дірака $\frac{d\beta}{d\theta_a} = 0$, $\frac{d\beta}{d\theta_b} = 0$, $\frac{d\alpha}{dt_a} = 0$ і $\frac{d\alpha}{dt_b} = 0$ (див. рис. 2), то рівняння (16) розділяється на систему з наступних диференціальних рівнянь:

$$D \frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2} + v_y \frac{\partial \beta}{\partial x} = 0; \quad (17)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\tau_3 \frac{d^3 \alpha}{dt^3} + \tau_2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \tau_1 \frac{d\alpha}{dt} + 2\alpha \right) = 0 \quad (18)$$

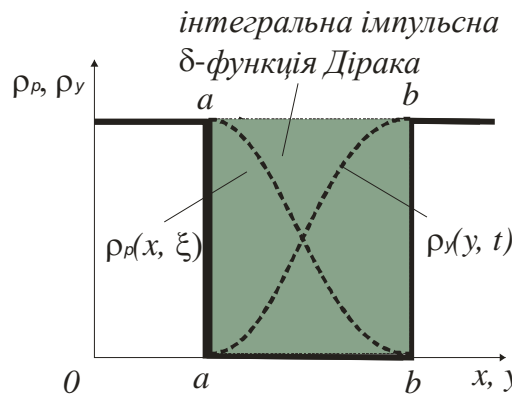


Рис. 2. Інтегральна імпульсна дельта-функція Дірака процесу упарювання

Через те, що процес упарювання розчину являє собою область фазового переходу і є інерційним, яку можна представити інерційним елементом високого

порядку, на вхід котрої діє одинична ступінчаста функція $1(\beta)$, то прийнявши до уваги, що $D/v_y = \tau_D$ отримуємо:

$$\tau_D \frac{\partial^2 \beta}{\partial x^2} + \frac{\partial \beta}{\partial x} = 0; \quad (19)$$

$$\frac{\tau_3^3}{2} \frac{d^3 \alpha}{dt^3} + \frac{\tau_2^2}{2} \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \frac{\tau_1}{2} \frac{d\alpha}{dt} + \alpha = 1(\beta) \quad (20)$$

Розв'язком рівняння (19) за граничних умов $\beta(0, x) = 0$, $\beta(\infty, x) = \beta_0$, $\frac{\partial \beta(\theta, x = x_0)}{\partial x} = 0$ буде

$$\beta(\xi, x) = \beta_0 [1 - \exp(-\xi/\tau_D)], \quad (21)$$

де β_0 - маса аміачної селітри в одиниці об'єму розчину.

З аналізу рівнянь (8) – (10) випливає, що стала часу τ_3 є достатньо малою в порівнянні з іншими і мало впливає на характер перехідного процесу стоку. Тому прийнявши у першому наближенні, що $\tau_3^3 \rightarrow 0$, з (20) отримуємо

$$\tau_2^2 \frac{d^2 \alpha}{dt^2} + \tau_1' \frac{d\alpha}{dt} + \alpha = 1(\beta) \quad (22)$$

де $\tau_2'^2 = 0,5\tau_2^2$; $\tau_1' = 0,5\tau_1$.

Прийmemo, що процес упарювання є аперіодичним, який описується рівнянням (22). Тоді при наступних крайових умовах: $\alpha(0) = 0$, $\alpha(\infty) = \alpha_0 = k_y \beta(\xi, x)$ рішенням рівняння (22) буде

$$\alpha(t) = k_y \beta(\xi, x) \left[1 - \frac{p_1}{p_1 - p_2} \exp(-p_1 t) + \frac{p_2}{p_1 - p_2} \exp(-p_2 t) \right], \quad (23)$$

де $p_{1,2} = -\frac{\tau_1'}{2\tau_2'^2} \pm \sqrt{\left(\frac{\tau_1'}{2\tau_2'^2}\right)^2 - \frac{1}{2\tau_2'^2}}$ - корені характеристичного рівняння.

Прийmemo, що збурення поступає у випарний апарат за рахунок зміни витрати свіжого розчину. З рівняння (23) видно, що перехідний процес стоку упареного розчину являє собою суму двох експонент. Припускаючи, що $[\exp(-p_1 t) \gg \exp(-p_2 t)]$, рівняння (23) набуває таку спрощену форму

$$\alpha(t) = k_y \beta_0 [1 - \exp(-\xi/\tau_L)] \left[1 - \frac{p_1}{p_1 - p_2} \exp(-p_1 t) \right]. \quad (24)$$

Ураховуючи рівняння (8) і (9), знайдемо корені p_1 і p_2

$$p_1 = -\frac{\Pi SL}{(\Pi SL + 2m_k c_k T F_c)} [K_{\tau_1} + B]; \quad (25)$$

$$p_2 = -\frac{\Pi SL}{(\Pi SL + 2m_k c_k T F_c)} [K_{\tau_1} - B], \quad (26)$$

а також $\frac{p_1}{p_2 - p_1} = 1 - \frac{1}{2B}$, де $B = \sqrt{(K_{\tau_1}^2 - 1) + 2m_k / SL \rho_k K_{\Pi}}$ і врахуємо, що $\Pi = c_k T F_c \rho_k K_{\Pi}$. Тоді отримуємо

$$p_1 = -\frac{\rho_k K_{\Pi} SL}{(\rho_k K_{\Pi} SL + 2m_k)} [K_{\tau_1} + B]. \quad (27)$$

Нехай $\xi = SL / F_p$ є часом перебування свіжого розчину у випарному апараті, який поступає в нього з витратою F_p , а $t = SL / F_c$ - час перебування упареного розчину у випарному апараті, звідки виводиться упарений розчин витратою F_c . Тоді, підставивши ці рівності в (24) і врахувавши (27), отримуємо наступне рівняння

$$\alpha_0 = k_y \beta_0 [1 - \exp(-SLD / F_p v_p)] * \left[1 - (1 - 1/2B) \exp\left(-\frac{K_{\Pi} \rho_k (SL)^2 (K_{\tau_1} + B)}{F_c (K_{\Pi} \rho_k SL + 2m_k)}\right) \right]. \quad (28)$$

При оптимальному режимі роботи випарної установки кількість маси упареної речовини повинна дорівнювати кількості маси цієї речовини, яка вводиться в апарат зі свіжим розчином, тобто $\alpha_0 = k_y \beta_0$, де k_y - коефіцієнт упарювання розчину. При такому стані упарювання $\alpha_0 / k_y \beta_0 = 1$, а рівняння (28) запишемо таким чином

$$\frac{1}{1 - \exp\left(-\frac{SL D}{F_p v_p}\right)} = 1 - (1 - 1/2B) \exp\left(-\frac{K_{\Pi} \rho_k (SL)^2 (K_{\tau_1} + B)}{F_c (K_{\Pi} \rho_k SL + 2m_k)}\right). \quad (29)$$

Прийнявши до уваги, що відношення $1/2B$ незначне, яким можна знехтувати, а також розклавши експоненціальну функцію в ряд Тейлора та обмежившись тільки його лінійними складовими, з (29) отримуємо

$$\frac{F_p}{F_c} = \frac{SL}{F_c} \sqrt{\frac{DK_{\Pi} \rho_k (K_{\tau_1} + B)}{F_c L (K_{\Pi} \rho_k SL + 2m_k)}}. \quad (30)$$

Масовою депресією за аналогією з температурною депресією називатимемо різницю витрат свіжого F_p і упареного розчину F_c , тобто $\Delta F = F_p - F_c = F_c (F_p / F_c - 1)$ або з врахуванням рівняння (29) отримуємо математичну модель для масової депресії випарної установки в такому вигляді

$$\Delta F = S \sqrt{\frac{DK_{\Pi} L \rho_k (K_{\tau_1} + B)}{F_c (K_{\Pi} \rho_k SL + 2m_k)}} - F_c. \quad (31)$$

У виробництві аміачної селітри процес упарювання ведеться за концентрацією Q_y упареного розчину. Позначивши $\rho_k = Q_y \rho_0$, де Q_y - відносна концентрація упареного розчину; ρ_0 - густина аміачної селітри, з (31) отримуємо наступне рівняння для концентрації упареного розчину в такій формі

$$Q_y = \frac{2(\Delta F + F_c)^2 F_c m_k}{\rho_0 K_{\Pi} SL [(\Delta F + F_c)^2 F_c - SD(K_{\tau_1} + B)]} \quad (32)$$

Масу m_k свіжого розчину в кубовій частині випарного апарату можна визначити таким чином: $m_k = Q_p \rho_0 V$, де Q_p - концентрація аміачної селітри у свіжому розчині. З врахуванням цього з рівняння (32) знайдемо коефіцієнт упарювання аміачної селітри

$$k_y = \frac{Q_y}{Q_p} = \frac{2(\Delta F + F_c)^2 F_c}{K_{\Pi} [(\Delta F + F_c)^2 F_c - SD(K_{\tau_1} + B)]} \quad (33)$$

З рівняння (33) видно, що найбільш ефективним є управління процесом упарювання за зміною масової депресії ΔF , а також за витратою упареного розчину F_c . Спосіб управління процесом упарювання за масовою депресією описаний в [5]. Необхідно відмітити, що з достатньою для інженерних розрахунків точністю можна прийняти, що для нормального режиму роботи відношення $F_p / F_c = k_y$, добуток $c_p T_p \approx c_k T$, так як свіжий розчин підігрівається майже до температури кипіння. Тому рівняння для коефіцієнта K_{Π} приймає таку форму

$$K_{\Pi} = \left(1 + k_y \frac{c_n}{2c_k} \right) + r_p \frac{(rF_T - F_n c_p T)}{4c_k^2 F_c T^2} \quad (34)$$

З рівняння (34) видно, що вплив температури T кипіння упареного розчину здійснюється через коефіцієнт K_{Π} , а також у деякій мірі через коефіцієнт B .

Висновок. На основі теорії реологічних перетворень вперше показано, що масоперенесення розчину аміачної селітри суттєво впливає на технологічний процес плівкового упарювання. Процес плівкового упарювання повністю визначається відношенням об'ємних витрат упареного та свіжого розчинів, різниця яких залежить від температури кипіння. Для плівкових випарних апаратів немає необхідності контролювати рівень упареного розчину в апараті. Витрату свіжого та упареного розчину аміачної селітри, а також їх співвідношення можна визначити з достатньо високою точністю, що дозволяє вести постійний контроль за концентрацією упареного розчину опосередкованим методом шляхом її розрахунку за відповідним алгоритмом. Результати досліджень можуть бути використані для розробки оптимізаційного контролю та управління випарними апаратами різного типу.

Список літератури

1. Таганов И.Н. Моделирование процессов массо- и энерготеноса. – Л.: Химия, 1979. – 203 с.

2. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса. – М.:Химия, 1974.–688 с.
3. Стенцель Й.І. Математичне моделювання хімічних процесів на основі теорії реологічних переходів. //Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – Луганськ, 2007. - №5 (111), Ч.2. – с.91 – 96.
4. Миниович М.А. Производство аммиачной селитры. – М.: Химия, 1974. – 276 с. Стенцель Й.І. Математичне моделювання технологічних об'єктів керування. – К.: ІСДО, 1993. – 328 с.
5. Патент України на корисну модель № 66191 F02C9/26, 26.12.2011«Спосіб керування багатопараметричними технологічними об'єктами». Авт. Стенцель Й.І., Поркуян О.В., Проказа О.І., Кузнецова О.В.

УДК 004.942

В.М.Барбарук, Л.В. Барбарук

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

При дослідженні складних технічних систем з використанням методів математичного моделювання виникає ряд проблем, обумовлених великою розмірністю задачі і необхідністю обліку безлічі факторів, що впливають на якість рішення. Прикладами таких систем можуть служити інформаційно-обчислювальні системи, побудовані на основі локальних і територіально-розподілених обчислювальних мережах.

Вступ. Випадковий характер процесів формування, обробки і передачі даних обумовлює необхідність застосування стохастичних моделей, у якості яких широко використовуються моделі масового обслуговування, що представляють собою системи та мережі масового обслуговування різних класів. Для розрахунку характеристик функціонування систем з використанням зазначених моделей можуть застосовуватися різні методи моделювання: аналітичні, чисельні та імітаційні.

Постановка проблеми. Сучасні телекомунікаційні системи і комп'ютерні мережі характеризуються наявністю пріоритетного обслуговування переданих і оброблюваних даних. Аналітичні методи дослідження пріоритетних дисциплін обслуговування заявок розроблені, в основному, для дисциплін з одним класом пріоритетів, а більшість результатів отримана при різних допущеннях і припущеннях, що обмежують їхнє застосування на практиці. Детальне дослідження пріоритетних систем обслуговування припускає застосування комбінованого підходу до моделювання, що дозволяє, як показує практика, одержати результати, що значно змінюють наше уявлення про вплив пріоритетів на якість функціонування пріоритетних систем обслуговування.

Рішення. При дослідженні складних технічних систем з дискретним характером функціонування найбільш широке застосування отримали аналітичні та імітаційні методи моделювання [1-3].

Однією з основних вимог, що пред'являються до моделі, є її адекватність реальній системі, яка досягається за рахунок використання моделей з різним рівнем деталізації, що залежать від особливостей структурно-функціональної організації системи і мети дослідження. Процеси функціонування реальних

систем неможливо описати повно і детально, що обумовлено істотною складністю таких систем. Основна проблема при розробці моделі полягає в знаходженні компромісу між простотою її опису та необхідністю врахування численних особливостей, властивих реальним системам. Спроба побудувати єдину універсальну модель приречена на невдачу через її неозорості і неможливості розрахунку.

Математичне моделювання складних технічних систем повинно базуватися на низці принципів, що забезпечують коректність і достовірність результатів моделювання і, в кінцевому рахунку, якісне проектування систем. Серед цих принципів можна виділити три основні принципи:

- 1) системний підхід при вирішенні задач аналізу та синтезу;
- 2) принцип ієрархічного багаторівневого моделювання;
- 3) принцип множинності моделей.

В основі дослідження складних технічних систем з використанням математичного моделювання лежить системний підхід, кінцевою метою якого є системотехнічне проектування, спрямоване на побудову системи з заданою якістю. Для вирішення завдань проектування необхідно розташовувати знаннями про те, як впливають різні способи структурно-функціональної організації на характеристики функціонування системи, тобто вирішувати завдання системного аналізу.

Принцип ієрархічного багаторівневого моделювання базується на ієрархічному описі досліджуваної системи і процесів, що протікають в ній. При цьому система і процеси, що протікають в ній, представляються сімейством моделей, кожна з яких описує поведінку системи з точки зору різних рівнів абстрагування, що відрізняються рядом характерних особливостей і параметрів, за допомогою яких і описується поведінка системи.

Стосовно до моделей складних технічних систем з дискретним характером функціонування пропонується виділити два напрямки ієрархії:

- 1) ієрархія по вертикалі, в якій розподіл моделей за рівнями здійснюється залежно від структурно-функціональних особливостей системи;
- 2) ієрархія по горизонталі, в якій розподіл моделей за рівнями здійснюється в залежності від методів їх дослідження.

В ієрархії по вертикалі, в загальному випадку, можна виділити три рівні моделей:

- рівень базових моделей, що містить прості моделі, на основі яких будуються і можуть бути розраховані інші більш складні моделі другого і третього рівнів;
- рівень локальних моделей, що відображають окремі особливості структурно-функціональної організації систем і дозволяють вирішувати приватні завдання аналізу та синтезу;
- рівень глобальних моделей, найбільш повно відображають структурні та функціональні особливості організації досліджуваних систем і представляють собою моделі з високим ступенем деталізації.

Глобальні моделі будуються на основі базових і локальних моделей.

Ієрархія по горизонталі включає чотири рівні моделей в залежності від методів їх дослідження:

- моделі, що піддаються точному розрахунку та дозволяють отримати результати або аналітично в явному вигляді, або чисельно з використанням чисельних методів аналізу;

- моделі, піддаються наближеному аналітичному розрахунку з прийнятною для інженерних застосувань точністю, причому результати можуть бути отримані або в явному вигляді, або у вигляді кордонів (верхньої і нижньої);
- моделі, що вимагають застосування статистичних методів розрахунку, заснованих на імітаційному моделюванні;
- моделі, що використовують аналітико-імітаційні методи розрахунку.

Базові моделі допускають застосування точних і наближених аналітичних методів і дозволяють отримати результат в явному вигляді. Локальні моделі зазвичай передбачають застосування імітаційних методів, а глобальні - поряд з перерахованими методами моделювання можуть використовувати аналітико-імітаційні методи. На практиці при дослідженні складних систем найбільш ефективним є комбінований підхід до моделювання, заснований на застосуванні на різних етапах дослідження різних моделей та методів моделювання. Так, наприклад, на етапах аналізу властивостей системи та синтезу відповідно до заданого критерію ефективності оптимальної системи доцільно використовувати моделі, що піддаються точному або наближеному аналітичному розрахунку. Імітаційне моделювання звичайно використовується для атестації наближених методів і детального аналізу властивостей і потенційних можливостей спроектованої системи на моделях великої складності, а також з метою розробки на основі отриманих результатів наближених і евристичних методів розрахунку.

Основна перевага імітаційного моделювання полягає в універсальності, тобто в можливості дослідження систем практично будь-якої складності з будь-яким ступенем деталізації. Стосовно до моделювання пріоритетних систем ця універсальність проявляється в можливості дослідження властивостей систем за будь-яких законах розподілу випадкових величин, що описують, зокрема, інтервали часу між вступниками в систему заявками і тривалості обслуговування заявок. Крім того, імітаційне моделювання надає можливість аналізу різних екзотичних дисциплін буферизації та обслуговування заявок, що не піддаються аналітичному опису. Однак на практиці виявляється, що і імітаційне моделювання має певні обмеження, зумовлені як можливостями засобів обчислювальної техніки, за допомогою яких реалізується імітаційна модель, так і властивими імітаційного моделювання недоліками. До таких недоліків при моделюванні пріоритетних систем, в першу чергу, відносяться наступні.

- 1) Тривалість моделювання повинна бути такою, щоб результати моделювання були достовірними для кожного класу заявок, включаючи клас заявок, що створює найменше навантаження. Це означає, що тривалість моделювання повинна визначатися виходячи з умови: для класу заявок, що створює найменше навантаження, кількість заявок, які пройшли через імітаційну модель, має бути достатньо великим для отримання статистично стійких результатів, що в деяких випадках може привести до невиправдано тривалого процесу моделювання .
- 2) При великому навантаженні отримати достовірні результати для низькопріоритетних заявок стає просто неможливо, оскільки в області великих навантажень починає позначатися властивість захисту від перевантажень [2], що приводить до різкого збільшення часу очікування низькопріоритетних заявок.
- 3) Імітаційне моделювання пріоритетних систем масового обслуговування не дозволяє, в загальному випадку, вирішувати задачі оптимального синтезу (проекування), у той час як застосування

аналітичного моделювання навіть з використанням наближених методів дозволяє отримати, нехай і не точне, але рішення в явному вигляді, яке в подальшому може уточнюватися на основі імітаційного моделювання.

Взаємодія моделей різних рівнів ієрархії здійснюється шляхом перерахунку характеристик, отриманих на одному рівні, в параметри моделі, використовуваної на іншому (сусідньому) рівні. На кожному рівні може використовуватися безліч різних моделей. Склад моделей кожного рівня залежить від структурно-функціональної організації системи і цілей дослідження. Останнє також визначає ступінь деталізації моделей одного і того ж рівня.

Реалізація принципу ієрархічного багаторівневого моделювання базується на структурно-функціональній декомпозиції досліджуваної системи, спрямованої на виділення та дослідження найбільш істотних аспектів структурно-функціональної організації. Структурно-функціональна декомпозиція систем дозволяє на різних етапах дослідження використовувати моделі різних рівнів: на етапі функціонального проектування - базові моделі, на етапі структурного проектування - локальні моделі і на завершальному етапі структурно-функціонального проектування - глобальні моделі. Такий підхід дозволяє істотно спростити рішення задачі системотехнічного проектування реальних систем, що характеризується значною складністю з огляду на її великі розмірності і гromіздкість результатів.

Одним з основоположних принципів моделювання складних систем є принцип множинності моделей, що полягає, з одного боку, в можливості відображення багатьох різних систем і процесів за допомогою однієї і тієї ж моделі і, з іншого боку, у можливості подання однієї і тієї ж системи безліччю різних моделей в залежності від цілей дослідження. Використання цього принципу дозволяє відмовитися від підходу, коли для кожної досліджуваної системи розробляється своя модель, і запропонувати новий підхід, при якому розробляються абстрактні математичні моделі різного рівня (в основному базові та локальні), що використовуються для дослідження систем різних класів. При цьому завдання моделювання зводиться до грамотної параметризації моделей та інтерпретації отриманих результатів.

Отримані для базової моделі математичні залежності характеристик обслуговування заявок від параметрів системи при використанні пріоритетних дисциплін обслуговування заявок дозволяють виконати досить повний аналіз властивостей досліджуваної системи. Локальні моделі дискретної системи являють собою більш складні моделі і використовуються для оцінки ефективності окремих підсистем і, можливо, всієї системи в цілому. Як локальних моделей виступають розімкнені і замкнуті мережі масового обслуговування, що представляють собою сукупність взаємопов'язаних систем масового обслуговування різних класів [1, 3].

Висновки. Базові і локальні моделі служать основою для побудови більш складних глобальних моделей реальних систем. З використанням аналітичних методів розрахунку цих моделей можуть вирішуватися задачі проектування, пов'язані з формуванням вимог до структурних та функціональних параметрів, що забезпечує задану якість функціонування проектованої системи, однак одержувані при цьому результати можуть мати значну похибку. Для підвищення достовірності результатів слід застосовувати комбінований підхід, заснований на поєднанні аналітичних та імітаційних методів моделювання. При цьому аналітичні методи повинні застосовуватися на етапах аналізу властивостей і синтезу оптимальної системи. Імітаційні методи, засновані на використанні спеціалізованих мов моделювання, таких як GPSS [2], дозволяють виконувати

дослідження систем практично будь-якої складності з будь-яким ступенем деталізації і повинні застосовуватися на заключному етапі детального аналізу спроектованої системи.

Список літератури.

1. Алиев Т.И. Характеристики дисциплин обслуживания заявок с несколькими классами приоритетов//Известия АН СССР – Техническая кибернетика, 1987.- № 6.- С.188-191.
2. Учебное пособие по GPSS World/Перевод с английского/Казань: Изд-во «Мастер Лайн», 2002. – 272 с.
3. Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование/Под ред. В.А. Жожикашвили. – М.: Радио и связь, 1981. – 336 с.: ил.

УДК 004.415.2:004.272.2

А. Ф. Горбатюк, С. А. Горбатюк

СТРУКТУРНО - АЛГОРИТМІЧНІ МОДЕЛІ НЕЧІТКИХ РЕГУЛЯТОРІВ

Показано, яким чином алгоструктурна технологія забезпечує складання структурно – алгоритмічних моделей нечітких регуляторів. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес підготовки спеціалізованого прикладного забезпечення, суттєво скорочує термін розробки обчислювальних структур нечітких регуляторів і поліпшує процедуру їх проектування.

Вступ. В останні роки нечітка технологія обчислень завдяки простоті і дешевизні отримує все більше розповсюдження серед розробників комп'ютерних систем управління. Її практична реалізація здійснюється переважно наступними напрямками: у вигляді спеціалізованих нечітких контролерів, які виконано по технології великих інтегральних схем; у вигляді спеціалізованого прикладного забезпечення для відомих контролерів промислового призначення [1]. В літературі висвітлено переваги та недоліки, що притаманні цим напрямкам [2]. Крім того, має сенс зазначити, що такі відомі пакети програм, як Matlab, CubiCalc, FuziCalc, fuzzyTECH та інші не призначені для сумісної роботи з іншими програмними пакетами, які використовують в комп'ютерних системах управління. Більш того, в цих пакетах взагалі не передбачено механізмів, за допомогою котрих їх можна було б в певній мірі вмонтувати у власних розробках прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем управління.

Новий погляд на системи комп'ютерного управління і плідне поле для впровадження нечіткої технології обчислень відкривають інтегральні схеми з програмованою логікою (ПЛІС) [3]. Справа в тому, що ПЛІС передбачають структурну реорганізацію і дозволяють виконувати реконфігурування з метою найкращого використання наявних можливостей. Проектування спеціалізованих нечітких контролерів на підставі інтегральних схем з програмованою логікою еквівалентно програмуванню ПЛІС. В свою чергу зазначене пов'язано зі складанням відповідних обчислювальних моделей, які можна буде "занурити" в ПЛІС, і з цього приводу доцільно залучити алгоструктурну технологію [4].

Постановка задачі. Покажемо, яким чином алгоструктурна технологія забезпечує складання структурно – алгоритмічних моделей нечітких регуляторів.

Вирішення задачі. Прийmemo до використання наступні передумови [3,4].

1. ПЛІС є автоматом із програмованою логікою, що призначено для використання в якості обчислювального пристрою і можна представити такою сукупністю: $\langle X, VS\{K, DL, PL\}, Y \rangle$, де: **DL** – сукупність дискретних логічних елементів; **PL** – сукупність елементів, що програмує функціонування $VS\{K, DL, P\}$; **K** – комутація **DL**, яка визначає конфігурацію обчислювальної структури $VS\{K, DL, P\}$; **X**, **Y** – входи і виходи.

2. Алгоструктура, що є віртуальною моделлю $VS\{K, DL, P\}$, вважається відомою, якщо задані $\langle X, S\{K, AS(F)\}, Y \rangle$, де: **AS** - алгоструктура моделі обчислювального процесу; **F** - виконувана функція(ії) над **X** з метою одержання **Y** (що складають обчислювальний алгоритм).

3. “Занурення” алгоструктур у ПЛІС пов’язане з процесом, в якому віртуальні компоненти $S\{K, AS(F)\}$ буде замінено відповідними компонентами в реальній структурі $VS\{K, DL, P\}$.

Алгоструктурна технологія визначає моделі структур, що реалізують обчислювальні процеси, і задані як: $AS = \{T; X; Y; Z; N; S(K, AS_i); P\}$, де **T** - тип алгоструктури; **Z** - зовнішні налагодження; **N** - внутрішні налагодження; **S** - структура алгопроєкту; AS_i - інші алгоструктури, що використовуються в моделі, $i=1,2,\dots$; **P** - програма функціонування. Оскільки **P** є літеральною формою подання обчислювального алгоритму для **F**, то за допомогою **K** і деякої сукупності AS_i можна проєктувати оптимальні в деякому сенсі $S\{K, AS(F)\}$ [4]. Для визначення $S\{K, AS(F)\}$, що необхідна для використання нечіткої технології обчислень, потрібно виконати аналіз алгоритмів, які використовують в моделях нечітких регуляторів. З цією метою звернемося до таких розповсюджених алгоритмів, як, наприклад, алгоритми Мамдані, Сугено, Ларсена, Цукамото [5].

В узагальненому вигляді вони передбачають: приведення до нечіткості, нечіткий логічний висновок відповідно до бази правил, приведення до чіткості. Зазначені алгоритми різняться головним чином видом правил, що використовують, логічних операцій і різновидом методів обчислень. Комп’ютерна реалізація нечітких алгоритмів пов’язана з формуванням бази правил систем нечіткого висновку, фазифікацією вхідних змінних (перехід до нечіткості), агрегуванням (визначення ступеню правдивості в нечітких правилах), активацією (визначення активних нечітких правил), акумуляцією (об’єднання визначених активних нечітких правил), дефазифікацією вихідних змінних (перехід до чіткості). Проаналізуємо докладніше математичні аспекти зазначених алгоритмів. З цією метою розглянемо математичну модель системи керування, що враховує особливості керуючого пристрою та об’єкту керування і представлена наступною сукупністю: $\langle U(V, Q, C), Q(U, Q) \rangle$, де **U** - керуючий вплив; **Q** - регульована величина; **V** - керуюче завдання; **C** - параметри налагодження керуючого пристрою. Задача комп’ютерного керування полягає у знаходженні $U = U(V, Q, C)$. Прийmemo також до уваги наступне: $\varepsilon = V - Q$; $\dot{\varepsilon} = d\varepsilon/dt$.

Тоді *правила нечіткого висновку* для регулятора можна скласти у вигляді наступних висловлювань: **IF** ($\varepsilon \in E_i$) **AND** ($\dot{\varepsilon} \in E_i^*$) **THEN** ($U \in U_i$), $i = 1 \dots k$. Значення **k** задає кількість правил і визначається ступенем деталізації завдання, що вирішується [5,6]. Розробка $S_n\{K, AS(F)\}$ на підставі алгоструктурної технології пов’язана зі складанням таких алгоструктур, які реалізують зазначені правила, та їх налаштуванням: $P_n = ((P_{n1}, K_{n1}), (P_{n2}, K_{n2}), (P_{n3}, K_{n3}), \dots)$ [4].

Для того, щоб використовувати логічні правила, як вхідні, так і вихідні змінні повинні бути представлені *лінгвістичними змінними*. При цьому кожна

лінгвістична змінна визначається набором певних *термів* (описів стану змінної). В свою чергу, кожний терм описується своєю функцією належності $\mu_i(\varepsilon)$, яка може приймати значення від 0 до 1. Тому при переході від чіткості до нечіткості потрібно обчислювати $\mu_i(\varepsilon)$ для кожного терма. Існує багато типових форм кривих, за допомогою яких задають та обчислюють функції належності. Найбільше розповсюдження отримали: трикутна, трапецієвидна та гаусова функції належності (табл.1). Процедура, що пов'язана з обчисленням $\mu_i(\varepsilon)$ для кожного терма і називається *фазифікацією*.

Таблиця 1

Типові функції належності

Трикутна функція належності	Трапецієвидна функція належності	Гаусова функція належності
$\mu(\varepsilon) = \begin{cases} 1 - \frac{E_2 - \varepsilon}{E_2 - E_1}, & E_1 \leq \varepsilon \leq E_2, \\ 1 - \frac{\varepsilon - E_2}{E_3 - E_2}, & E_2 \leq \varepsilon \leq E_3, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$	$\mu(\varepsilon) = \begin{cases} 1 - \frac{E_2 - \varepsilon}{E_2 - E_1}, & E_1 \leq \varepsilon \leq E_2, \\ 1, & E_2 \leq \varepsilon \leq E_3, \\ 1 - \frac{\varepsilon - E_3}{E_4 - E_3}, & E_3 \leq \varepsilon \leq E_4, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$	$\mu(\varepsilon) = \exp \left[- \left(\frac{\varepsilon - E}{\sigma} \right)^2 \right].$

Трикутна функція належності визначається трійкою чисел (E_1, E_2, E_3) . Трапецієвидна функція належності визначається четвіркою чисел (E_1, E_2, E_3, E_4) . Гаусова функція належності визначається двома параметрами. Параметр E позначає центр нечіткого подання змінної, а параметр σ відповідає за крутизну функції належності. Розробка $S_\Phi\{K, AS(F)\}$ на підставі алгоструктурної технології пов'язана зі складанням відповідних до табл.1 алгоструктур та їх налаштуванням: $P_\Phi = ((P_1, K_1), (P_2, K_2), (P_3, K_3), \dots)$ [4].

Після проведення процедури фазифікації можна визначити ступінь істинності $SI_i(\varepsilon)$, $i = 1 \dots k$ кожного *правила нечіткого висновку* для регулятора. Тут нечіткий висновок передбачає таке (табл.2) [5,7].

Таблиця 2

Математичні аспекти процедури активізації

Рівні відсікання для кожного з правил	Усічені функції належності
$RV_i = \min_i(SI_i(\varepsilon))$	$UF_i^*(U) = \min_i(RV_i, UF_i(U))$

Спочатку перевіряють рівні відсікання для кожного з правил, а потім знаходять усічені функції належності. Представлені таблицею 2 дії називають *активізацією*. Розробка $S_a\{K, AS(F)\}$ на підставі алгоструктурної технології цього етапу пов'язана зі складанням відповідних до табл.2 алгоструктур та їх налаштуванням: $P_a = ((P_{RV}, K_{RV}), (P_{UF^*}, K_{UF^*}))$ [4].

Далі висновки по кожному з *правил нечіткого висновку* збираються докупи для кожної лінгвістичної змінної:

$$\mu(U) = \max_i(UF_i^*(U)).$$

Ця процедура називається *аккумуляцією (композицією)*. Розробка $S_k\{K, AS(F)\}$ на підставі алгоструктурної технології пов'язана зі складанням алгоструктур, що

дозволяють обчислювати представлену вище формулу, та їх налаштуванням: $P_k=(P_u, K_u)$ [4].

Відомі ступені істинності для кожного терма дозволяють розрахувати числове значення для вихідної змінної. Для цього можна використовувати, наприклад, метод середнього центра [5].

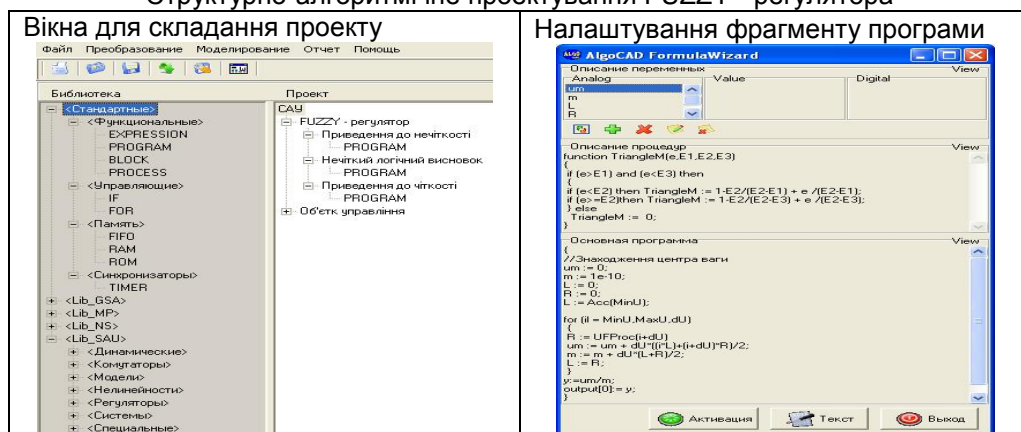
$$U^* = \frac{\int_{\min}^{\max} U \cdot \mu(U) dU}{\int_{\min}^{\max} \mu(U) dU}$$

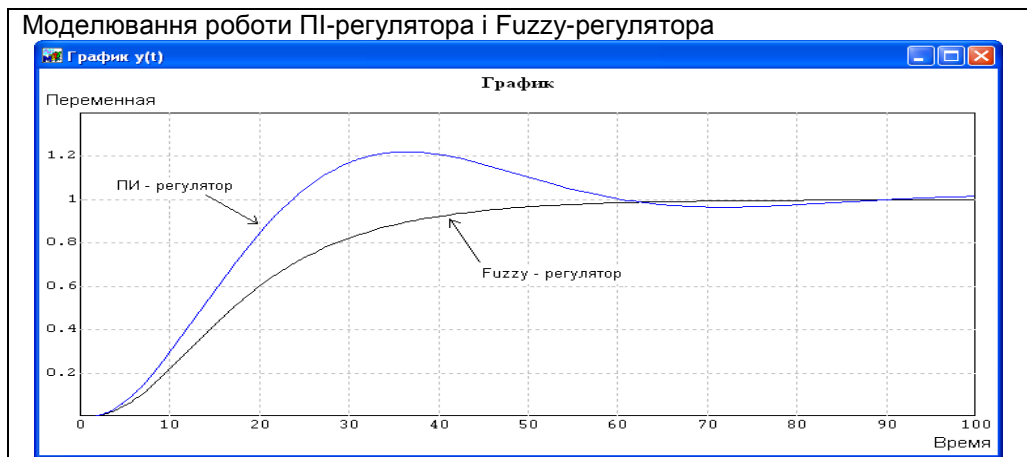
Виконання обчислень згідно цієї формули забезпечує приведення до чіткості, а етап - називається *дефазифікацією*. Нарешті, розробка $S_U=\{K, AS(F)\}$ на підставі алгоструктурної технології пов'язана зі складанням таких алгоструктур, що дозволяють обчислювати представлену вище формулу, та їх налаштуванням: $P_U=(P_U, K_U)$ [4].

Наведені формули дають змогу оцінити математичні аспекти обчислень, що пов'язані з впровадженням нечіткої технології. Звідси однозначний висновок: обчислення, які використовуються в нечіткій технології, не складні і не створюють суттєвих перепон при розробці прикладного програмного забезпечення для комп'ютерних систем управління [1,4]. Цей висновок (мотивація початкового алгоритмічного обґрунтування) створює гарні передумови для використання алгоструктурної технології, яка забезпечить автоматизоване проектування структурно – алгоритмічних моделей нечітких регуляторів згідно з обчисленнями, які передбачає нечітка технологія [4]. Для приклада в таблиці.3 представлено деякі фрагменти алгоструктурного проектування і моделювання, що стосуються нечітких регуляторів.

Таблиця 3

Структурно-алгоритмічне проектування FUZZY - регулятора





Висновки. Представлене наглядно демонструє як за допомогою алгоструктурної технології автоматизовано складати структурно – алгоритмічні моделі нечітких регуляторів. Для цього достатньо розробити моделі наступних структур: $S_p\{K, AS(F)\}$, $S_f\{K, AS(F)\}$, $S_a\{K, AS(F)\}$, $P_k=(P_\mu, K_\mu)$, $P_u=(P_u, K_u)$.

Список літератури

1. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление : пер. с англ. / А. Пегат. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
2. Ross T. J. Fuzzy Logic with Engineering Applications / T. J. Ross. – New Mexico, USA : Wiley, 2010. - 606 p.
3. Проектування і діагностика комп'ютерних систем та мереж : навч. посібник / [Бондаренко М. Ф., Кривуля Г. Ф., Рябцев В. Г., Фрадков С. О., Хаханов В. І.] – К. : НМЦ ВО, 2000. – 306 с.
4. Горбатюк А. Ф. Структурно-алгоритмічне проектування обчислювальних процесів (Технологія, методи, моделі). / Горбатюк А. Ф, Горбатюк С. А. ; под ред. проф. О. Г. Руденко – Луганск : СЛУ ім. В. Даля, 2010. - 224 с.
5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия–Телеком, 2007. – 288 с.
7. Новак В. Математические принципы нечёткой логики : пер с англ. / Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. – М. : Физматлит, 2006. – 352 с.

В.М. Смолій

СПОСІБ МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ КОНСТРУКТОРСЬКОЮ ПІДГОТОВКОЮ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОННИХ АПАРАТІВ

У роботі запропоновано новий спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, якому підпорядковані усі проектні, конструкторські і технологічні рішення, та який забезпечує джерела покращення ефективності управління та отримання прибутків в процесі виробництва електронних апаратів. Рис. 1, Літ.дж. 5.

Вступ. В даний час актуальним є пошук джерел ефективності управління виробництвом електронних апаратів шляхом того, що розглядається єдиний інформаційний простір компоновки електронного апарату, оперативного управління конструкторською підготовкою виробництва і системи управління ресурсами підприємства, що приведе до отримання додаткових прибутків в процесі виробництва, зниження витрат і собівартості дослідного зразка електронного апарату; скорочення терміну випуску нових електронних апаратів; підвищення конкурентоспроможності підприємств при підвищенні якості електронних апаратів, надійності, вібраційної і резонансної стійкості [1].

Постановка завдання. Метою досліджень є розробка нового способу моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, якому були б підпорядковані усі проектні, конструкторські і технологічні рішення, та який забезпечить джерела покращення ефективності управління та отримання прибутків в процесі виробництва [1, 3].

Рішення задачі. Рішення вказаної задачі досягається тим, що в способі моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, який полягає у дослідженні ефективності управління, спочатку створюється попередній сценарій конструкторської підготовки виробництва, який в процесі моделювання та дослідження з допомогою розробленої системи підтримки прийняття рішень уточнюється, адаптується під можливість конкретного підприємства та адаптується під певні значення ефективності управління конструкторською підготовкою виробництва, що дозволяє отримати додаткові прибутки в процесі виробництва, знизити витрати і собівартість дослідного зразка електронного апарату; скоротити терміни випуску нових електронних апаратів; підвищити конкурентоспроможність підприємств при підвищенні якості електронних апаратів, надійності, вібраційної і резонансної стійкості [2].

Тут досліджують значення компонент критеріїв компоновки, області ефективних рішень, оптимізують значення критеріїв компоновки, граничні значення ефективності управління та безпосередньо здійснюють генерацію керуючих впливів, які відповідають певним показникам процесу керування [5].

Реалізація запропонованого способу моделювання управління може бути проілюстрована структурною схемою моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронного апарату (рис.1).

Спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів здійснюється таким чином.

В процес управління конструкторською підготовкою виробництва (блок 1) включено додатковий ланцюг моделювання управління, який складається з

послідовно з'єднаних блоків 2 – 11. Окрім дослідження впливу суб'єктивних чинників на процес управління (блоки 2 та 3), запропоноване моделювання передбачає орієнтацію на модернізацію існуючих виробництв сучасною елементною базою (блок 4). З допомогою блоку 5 формується нова інформація про стан електронного апарату та пропонуються важелі впливу на цей стан з допомогою блоку 6, де виконується дослідження компонент критеріїв компоновки електронного апарату.

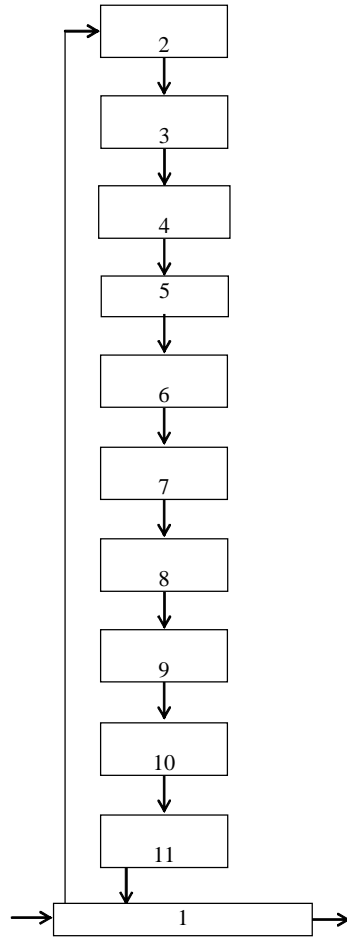


Рис. 1. Структурна схема моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронного апарату

блок 1 – управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів;

блок 2- дослідження вхідної інформації по конструкторській підготовці виробництва електронних апаратів;

блок 3 - прийняття рішень по компоновці електронних апаратів на підставі суб'єктивного досвіду;

блок 4 - консультації з проєктувальником системи підтримки прийняття рішень при зміні номенклатури електронних апаратів;

блок 5 - моделювання електронних апаратів і складових;

блок 6 - дослідження компонент критеріїв компоновки;

блок 7 - формування компонент критеріїв компоновки;

блок 8 - визначення області ефективних рішень по компоновці електронних апаратів;

блок 9 - визначення оптимальних рішень по компоновці електронних апаратів;

блок 10 - оцінка ефективності управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів;

блок 11 - генерація сценаріїв керуючих дій по компоновці електронних апаратів.

Розроблені критерії компоновки блоку електронного апарату і його складових (блок 7) системно враховують механічні, резонансні і компоновальні характеристики електронних апаратів (блок 8). Дослідження критеріїв методом Парето дозволило одержати оптимальні сценарії досягнення необхідних властивостей, параметрів і компоновки безпосередньо у об'єкта конструкторської підготовки виробництва (блок 9). В блоці 10 за методом аналізу ієрархій досліджується модель економічних і управлінських показників вигод і витрат управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів,

яка дозволяє досліджувати ефективність управління для електронних апаратів різного призначення і умов експлуатації і визначити граничні умови допустимості застосування подібного роду новини для конструкторської підготовки виробництва. Генерація сценаріїв керуючих дій по компоновці електронного апарату (блок 11) спирається на навчання розробленої системи підтримки прийняття рішень на підставі алгоритму навчання з вчителем шестинейронного перцептронну, нейрони якого мають активаційну функцію у вигляді одиничного стрибка. Результати навчання дозволили протестувати і провести попередню апробацію застосування розробленої системи підтримки прийняття рішень в конструкторській підготовці виробництва електронних апаратів.

За наслідками моделювання система підтримки ухвалення рішень формує компоненти критеріїв компоновки електронних апаратів, за наслідками обробки статистичних даних - критерії компоновки, на підставі опиту експертів, з літературних джерел і статистики - сценарії управління конструкторською підготовкою виробництва, виходячи з аналізу техніко-економічних, кадрових і ін. показників виробництва електронних апаратів - ефективність управління. Все ці показники синтезує, досліджує і обробляє система підтримки ухвалення рішень, готуючи інформацію для особи, яка приймає рішення.

Окрім функцій моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів та пошуку оптимальних сценаріїв досягнення необхідних параметрів якості, надійності, вібраційної і резонансної стійкості електронних апаратів запропонована система підтримки ухвалення рішень, як виробляє варіанти, так і адаптує ті, що існували раніше методики вібро-, ударо- і інших варіантів захисту електронних апаратів від зовнішніх дій до існуючих економічних умов і ринкових механізмів розвитку виробництва електронних апаратів.

Алгоритм роботи блоку 7 наступний. Виділяючи систему вагових коефіцієнтів W_i і проранжувавши по ній безліч рішень з області Парето, було одержано компромісний варіант, збалансований по суперечності щодо сукупності приватних критеріїв Φ_i показників властивостей досліджуваного об'єкта. Точками Парето є точки простору рішень $x_n \in X$, для яких виконується умова

$$\Phi(x_n) = \sum_{i=1}^m W_i \Phi_i(x_n) \leq \Phi(X). \quad (1)$$

З метою усунення можливості компенсації зниження якості по одному частковому критерію підвищенням якості по іншому (при виконанні функції різностороннього аналізу) для порівняння варіантів рішення використовуємо наступний комплексний критерій

$$W(\Phi) = \sqrt{\sum_{k=1}^m W_k^2 \left(\frac{\Phi_{k \max}}{\Phi_k} - 1 \right)^2}, \quad \text{якщо } \Phi_k \rightarrow \max. \quad (2)$$

Застосування (2) забезпечує переважний вибір таких варіантів компоновки електронного апарату, при яких значення часткових критеріїв знаходиться якомога ближче до деякого ідеального вектору $(\Phi_{1 \max}, \dots, \Phi_{k \max})$ при $\Phi_k \rightarrow \max$. При цьому відхилення від ідеального рішення визначається як відносне і зважене.

Формування безпосередньо функціональних залежностей для критеріїв компоновки електронного апарату і складових здійснено шляхом лінійної комбінації вірогідності появи кожного з випадків необхідності забезпечення

стійкості до вібраційних дій електронного апарату і складових і виконання вимоги оптимальності компоновки електронного апарату. Обмеження, що накладаються на функціональні залежності критеріїв компоновки, пов'язані з вартістю виявлення і усунення кожного з аналізованих явищ і сумарною вартістю забезпечення необхідних параметрів виробу на обмеженому наборі керуючих дій, які спрямовані на об'єкт конструкторської підготовки виробництва.

Як критерій якості управління процесом виробництва блоку електронного апарату, умовно названого ефективністю управління, із-за суперечності впливу на нього компонентів, виберемо адитивний критерій, який має наступний вигляд

$$y_j = \sum_{i=0}^n a_i \cdot u_{ij} + \xi_j, \text{ при } j = 1 \dots m, \quad (3)$$

де a_i - коефіцієнт моделі, $i = 0, 1, \dots, n$; u_{ij} - значення i -ої функції незалежної змінної; n - кількість незалежних змінних в моделі, ξ_j - випадкова помилка.

Результуюча функціональна залежність для багатокритеріального завдання управління виробництвом електронних апаратів матиме вигляд:

$$y = \sum a_{0j} + a_1 f(x_1) + a_2 f(x_2) + \dots + a_n f(x_n), \quad (4)$$

де a_{0j} - вільний член j -го тренда.

Для функціональної залежності (3) необхідно мінімізувати функцію похибки, оскільки необхідно згенерувати якнайкращий варіант компоновки, параметрів і властивостей електронного апарату, який відповідає вимогам максимальної надійності, резонансної і вібраційної стійкості, при оптимальному поєднанні економічних і управлінських показників управління процесом виробництва електронних апаратів. Коефіцієнти в (3) варіюються залежно від призначення виробу і об'єкта, на якому воно експлуатуватиметься. Вид критерію якості і його передбачувану величину для різних об'єктів необхідно визначити і дослідити. Обмеження, які накладаються на функціональну залежність для оцінки ефективності даного автоматизованого управління, пов'язані з вартістю виявлення і усунення шкідливого впливу кожного з аналізованих чинників, що виконуються на обмеженому наборі керуючих дій, спрямованих на об'єкт конструкторської підготовки виробництва. Ці параметри систематизовані в показнику ефективності управління процесом виробництва електронних апаратів.

Саме ліва частина (4) відповідає визначеній для електронних апаратів різного призначення ефективності управління і одержаний критерій якості управління процесом виробництва не може перевищувати дане значення, оскільки буде втрачена доцільність впровадження запропонованого автоматизованого управління в існуючий процес виробництва.

Функціональна залежність між вхідними $X(i)$ і вихідними $Y(i)$ параметрами (4) невідома, причому невідома ні сама залежність, ні передбачуваний її вигляд.

Тому відповідно до методу групового обліку аргументу, якнайповніша залежність між входами $X(i)$ і виходами $Y(i)$ може бути представлена за допомогою узагальненого полінома Колмогорова-Габора [3]:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^N \sum_{i \leq j} a_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^N \sum_{i \leq j} \sum_{k \leq j} a_{ijk} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k + \dots, \quad (5)$$

де a_i - невідомі коефіцієнти.

Для визначення значень коефіцієнтів при побудові моделі, як критерій використовується критерій регулярності (точність):

$$\overline{\varepsilon^2} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - f(x_i))^2. \quad (6)$$

При цьому необхідно відшукати такі значення параметрів моделі a_i (5), при яких

$$\overline{\varepsilon^2} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Принцип множинності моделей для даного випадку полягає в тому, що існує безліч моделей на даній вибірці, які забезпечують нульову помилку (досить підвищувати ступінь полінома моделі).

При дослідженні ефективності управління процесом виробництва електронних апаратів були введені в розгляд класифікаційні ознаки, які становлять властивості об'єкта і носять економічний і управлінський характер та визначаються методом аналізу ієрархій [4]. В результаті ознака класифікації об'єктів, названа функціональною залежністю для дослідження ефективності управління виробництвом, має вигляд

$$J = P_1 \cdot \left(K_1 \cdot (L_1 \cdot y_1 + L_2 \cdot y_2 + L_3 \cdot y_3 + L_4 \cdot y_4) + \right. \\ \left. + K_2 \cdot (L_5 \cdot y_5 + L_6 \cdot y_6 + L_7 \cdot y_7) \right) + \\ + P_2 \cdot \left(K_3 \cdot (L_8 \cdot y_8 + L_9 \cdot y_9 + L_{10} \cdot y_{10} + L_{11} \cdot y_{11} + L_{12} \cdot y_{12}) + \right) \\ \left. + K_4 \cdot (L_{13} \cdot y_{13} + L_{14} \cdot y_{14} + L_{15} \cdot y_{15}) \right), \quad (8)$$

де P_i , K_j , L_f - коефіцієнти, y_f - ознаки.

Саме впровадження нової концепції управління, яка спирається на єдиний інформаційний простір компоновки електронного апарату, оперативного управління конструкторською підготовкою виробництва і системи управління ресурсами підприємства, дозволяє знизити витрати і собівартість дослідного зразка електронного апарату; скоротити терміни випуску нових електронних апаратів; підвищити конкурентоспроможність підприємства при підвищенні якості електронних апаратів, надійності, вібраційної і резонансної стійкості.

Для даного способу моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів основне завдання полягає в забезпеченні найкращих показників ефективності управління.

Висновки. У роботі запропоновано новий спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, якому підпорядковані усі проектні, конструкторські і технологічні рішення, та який забезпечує джерела покращення ефективності управління та отримання прибутків в процесі виробництва електронних апаратів.

Список літератури

1. Смолий В.Н. Управление производством сложноорганизованных технологических объектов // Вісник СХУ ім.В.Даля. – 2009. - № 2 (132). Ч.2. – С. 46 - 55.
2. Смолий В.Н. Исследование эффективности управления процесса производства электронных аппаратов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010.- Вип. 39. – С. 174 - 178.
3. Смолий В.Н. Особенности концепции управления производством электронных аппаратов // Вісник СХУ ім.В.Даля. – 2010. - № 2 (144). - С. 128 - 133.

4. Vitaly Ulshin, Victoria Smoliiy. Automated management by designer preparation of production of electronic vehicles/ TEKA Kom. Mot. I Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11A, P.276 – 281.
5. Ульшин В.А., Смолий В.Н. Функции лица, принимающего решение, при управлении производством электронных аппаратов// Вісник СХУ ім.В.Даля. – 2011. - № 3 (157) - с. 214 - 220.

УДК 004.045

А.И. Рязанцев, Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова

Метод планирования задач для систем экологического мониторинга

Предложен метод планирования задач в системах экологического мониторинга, обеспечивающий равномерное использование вычислительных ресурсов. Разработанный метод позволяет повысить эффективную производительность системы, обеспечить более полную загрузку процессоров и минимизировать потери производительности из-за коллизий, которые возникают при одновременной работе с общими системными ресурсами. Рис. 2, Табл. 0, Ист. 4

Введение

При разработке пакетов экологических программ для вычислительных систем важное значение приобретают вопросы выбора подходящей дисциплины диспетчеризации (планирования) задач в компьютерных узлах сети экологического мониторинга. Особое значение это имеет для рабочих станций с напряженным расписанием решения задач среднего и верхнего уровня [1, 2]. Как показано в работе [2], оптимальная реализация дисциплины диспетчеризации может существенно повысить производительность и снизить время реакции вычислительного комплекса.

Важной отличительной особенностью управления вычислительным процессом в режиме реального масштаба времени, к которым принадлежит система экологического и техногенного мониторинга, является то, что для всех подлежащих выполнению задач известны, как правило, все основные характеристики, а также системные ресурсы, используемые во время их работы [2, 3]. Можно повысить эффективную производительность системы, если для планирования работ (задач) будут использоваться алгоритмы, обеспечивающие по сравнению с простейшими алгоритмами планирования более полную загрузку процессора и минимизирующие потери производительности из-за коллизий, возникающих при одновременной работе с общими системными ресурсами [3].

Основная часть

Большинство дисциплин планирования требуют линейного упорядочивания приоритетов всех подлежащих выполнению задач, что для сложных систем реального масштаба времени может оказаться нецелесообразным, так как для установления старшинства между задачами требуется учитывать несколько несравнимых между собой показателей. В то же время возможность параллельного выполнения в ОС Windows нескольких задач

146

позволяет перейти от их линейного упорядочивания по одному скалярному критерию к структурному, т. е. к диспетчеризации задач сразу по группе критериев. При этом очередность устанавливается не между отдельными задачами, а между группами равноценных задач. Такой подход не даёт никаких преимуществ, если для упорядочивания очереди задач имеется только один числовой показатель, но открывает новые возможности, если таких показателей несколько.

Планирование задач на верхнем уровне управляющих вычислительных систем. На рабочей станции центра мониторинга решаются десятки задач верхнего уровня управления, таких как обработка экологических данных в реальном времени, моделирование экологической обстановки в регионе, регистрация значений экологических параметров, обнаружение и прогнозирование техногенных угроз, оптимизационные задачи, диспетчерские задачи и другие. Период выполнения таких задач различный: некоторые выполняются раз в день, раз в месяц, раз в квартал; другие выполняются каждый час, каждую минуту, каждую секунду. При этом нужно учитывать, что система экологического и техногенного мониторинга – это система реального времени, где для каждой задачи задано, в течение какого интервала времени она должна быть выполнена. Поэтому нежелательно использовать динамический пересчет приоритетов, так как на него тратится немало времени, а также уменьшается вероятность выполнения всех задач к заданным срокам.

Вариант непосредственного использования диспетчера задач, встроенного в ОС, поставляемую вместе с компьютером, может оказаться также неприемлемым, так как такой диспетчер не учитывает особенности работы с комплексами задач систем управления. Например, в Windows XP/7 диспетчер задач постоянно пересчитывает приоритеты интерактивных процессов (приоритеты 0 - 15), так как приоритет процесса должен повышаться при взаимодействии с пользователем и уменьшаться, если пользователь с процессом не взаимодействует [2]. В системе управления приоритеты задач нужно пересчитывать только в случае изменения набора задач.

В диспетчере задач Windows XP/7 для выбора задачи на выполнение используются многоуровневые очереди с обратной связью. Этот метод используется также в ОС семейства Linux [1]. Используются приоритеты задач от 0 до 31 и имеется, соответственно, 32 очереди задач с разными приоритетами. Первыми выполняются задачи из очереди с наивысшим приоритетом, что может привести к бесконечному откладыванию исполнения низкоприоритетных задач. Они могут никогда не выполняться, если в более высокоприоритетные очереди будут постоянно поступать задачи. В системе реального времени это недопустимо, так как имеются строгие временные рамки на времена запуска и завершения выполнения каждой задачи.

Еще одно отличие способов управления задачами в системе реального времени и в ОС общего назначения заключается в том, что в системе реального времени абсолютные приоритеты задач не меняются в зависимости от событий, происходящих в системе. Только если состав задач изменился, нужно пересчитывать приоритеты задач относительно друг друга.

В ОС семейства Windows XP/7 приоритет повышается при выходе потока из состояния ожидания, при пользовательском вводе для окна потока, а также если поток не выполнялся долгое время. Приоритет уменьшается на 1, если поток использовал свой квант времени полностью. Диспетчер задач ОС производит перепланирование потоков, когда происходит любое из этих событий. В системе управления перепланирование должно происходить, когда

меняется состав задач – это происходит значительно реже, чем вышеперечисленные события.

В современных ОС повсеместно используются приоритетные модификации RR – кругового алгоритма диспетчеризации. Для кругового выполнения используются несколько очередей задач с разными приоритетами (многоуровневые очереди с обратной связью [2]). Для выполнения задач в режиме квантования времени выбирается непустая очередь с наивысшим приоритетом. Величина кванта времени q должна быть выбрана с учетом того, что большинство задач должны успеть выполняться за один квант времени, чтобы не тратить ресурсы на возвращение к задаче еще раз. Величину кванта времени выбирают, как правило, равной 0.02 - 0.05 сек. Это время больше времени выполнения большинства служебных задач программного комплекса.

Учитывая вышесказанное, в разрабатываемом методе планирования нужно по возможности уменьшить время реакции рабочих станций на события на объекте управления и операторские запросы, увеличить производительность рабочих станций. Чтобы увеличить производительность, т. е. увеличить количество задач, выполняющихся в единицу времени рабочей станцией, можно попробовать уменьшить время простоя задач в ожидании освобождения какого-либо ресурса другой задачей (файла, таблицы БД). Для этого желательно не запускать одновременно задачи, использующие одни и те же ресурсы. Также больше задач в единицу времени будут выполняться, если сначала запускать задачи, требующие меньшего времени для выполнения, меньше времени занятости каналов связи и т. д. Пользователь не в состоянии учесть все подобные ограничения при ручном назначении приоритетов вычислительным процессам в системе управления.

Подытоживая все сказанное, постановку задачи для ее реализации в системе экологического и техногенного мониторинга можно сформулировать следующим образом.

Нужно разработать метод планирования выполнения задач, максимизирующий загрузку рабочей станции и увеличивающий ее эффективную производительность за счет того, что при планировании задач на выполнение будут учитываться их комплексные (структурные) характеристики, а, значит, одновременно выполняющиеся задачи будут терять меньше времени в очередях ожидания совместно используемых ресурсов.

Алгоритм диспетчеризации задач по структурному критерию. Предлагаемый метод планирования задач по структурному критерию минимизирует время, которое тратится на простаивание в очередях ожидания освобождения последовательно используемых ресурсов:

$$\sum_{i=1}^n T_i \Rightarrow \min \quad (1)$$

где T_i – время ожидания i -м процессом освобождения ресурса.

Показателями, характеризующими задачу, могут являться: период её повторения, объём оперативной памяти, занимаемой задачей, время её решения, интенсивность работы с таблицами баз данных, время занятости каналов связи для получения значений экологических параметров от ОПС – серверов и т. д. Может быть установлен порядок решения задач по каждому из показателей, но информация, необходимая для сравнения этих показателей между собой, как правило, отсутствует. Одна задача может требовать большого времени для работы с таблицами баз данных, малого времени занятости

каналов связи и среднего времени решения, другая – малого времени для работы с таблицами баз данных, большого времени занятости каналов связи и большого времени решения. Как сравнить такие задачи?

Рассмотрим методику сравнения задач, характеризующихся несколькими числовыми свойствами. Для каждой задачи поместим значения всех её свойств в специальную структуру, называемую блоком управления задачей (tcb). При этом список всех задач, обрабатываемых алгоритмом планирования, будет представляться массивом структур размерности N ($tcn[N]$), где N – число всех задач. Будем считать, что задача $tcn[i]$ строго предпочтительнее задачи $tcn[k]$, если задача $tcn[i]$ превосходит задачу $tcn[k]$ хотя бы по одному свойству ($tcn[i].j > tcn[k].j$), а по всем остальным не хуже неё. Например, пусть задача $tcn[1]$ характеризуется следующими свойствами: число обращений к таблицам базы данных истории - 14, время решения - 9 секунд, задача $tcn[2]$ - 14 и 6 секунд соответственно. И пусть «лучшей» считается та задача, у которой число обращений к таблицам баз данных и время решения меньше. Тогда задача $tcn[2]$ будет строго предпочтительнее задачи $tcn[1]$, так как по второму свойству она лучше, а значения первого свойства у обеих задач одинаковы.

Будем считать, что задачи $tcn[i]$ и $tcn[k]$ несравнимы между собой, если задача $tcn[i]$ превосходит задачу $tcn[k]$ по значениям одних свойств, а задача $tcn[k]$ превосходит задачу $tcn[i]$ по значениям других. Например, $tcn[1] = \{14, 8\}$ и $tcn[2] = \{16, 7\}$ несравнимы между собой. Независимо от того, считается ли «лучшим» большее значение свойства или меньшее, сравнивать эти задачи без дополнительной информации мы не можем.

Отсутствие требования линейного упорядочения задач в списке позволяет объединить некоторые несравнимые и эквивалентные задачи в одну группу и этой группе присвоить номер (ранг), определяющий порядок выполнения: чем меньше номер, тем выше ранг группы задач.

Назначение приоритетов задачам выполняется так. Для каждой характеристики задачи создается своя очередь, в каждой из которых все задачи, требующие выполнения, ранжируются в порядке ухудшения одного параметра. В каждой очереди заявки выстраиваются в порядке убывания важности, т.е. первыми оказываются заявки с наилучшим значением характеристики.

Приоритеты задачам присваиваются таким образом.

Шаг 1. Выбирается первая задача из первой очереди.

Шаг 2. Выполняется поиск этой же задачи в следующей очереди. Составляется список задач, которые находятся выше нее в очереди. Все эти задачи лучше нее по второй характеристике, но хуже по первой. Если считать, что все характеристики одинаково важны, то установить первенство между такими задачами невозможно, а значит, они относятся к одной группе приоритетов.

Шаг 3. Выполняется поиск в следующей очереди каждой из выбранных ранее задач. Запоминаются все задачи, что находятся выше последней. Дальше п. 2 выполняется для каждой новой задачи из списка.

Шаг 4. П. 2, 3 повторяются до тех пор, пока находятся новые задачи в очередях по следующим характеристикам.

Шаг 5. Если задачи разных рангов представить в виде столбцов (рис. 1), тогда если в очередном столбце расширился набор задач конкретного ранга, надо вернуться во все предыдущие столбцы и найти худшее положение каждой задачи из этого набора.

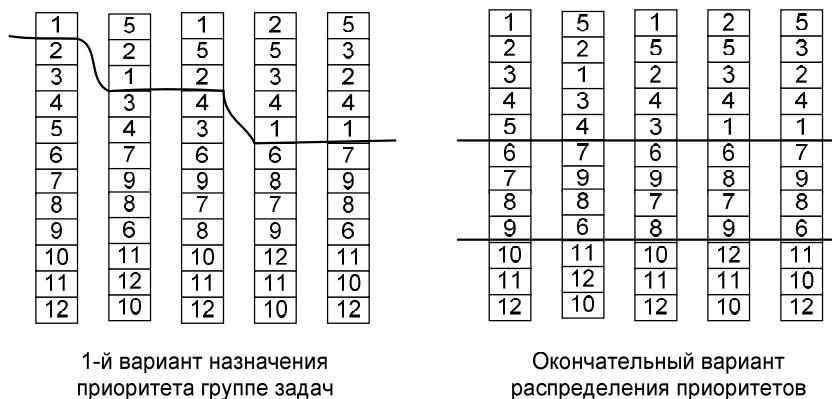


Рис. 1. Пример назначения приоритетов задачам

На приведенном рисунке значения характеристик нормализованы – приведены к шкале 1-12 для упрощения.

Т.е., в предложенном методе фактически используется существенно развитый вариант дисциплины обслуживания SJN(Shortest Job Next — следующим выполняется самое короткое задание), так как для определения рангов используются не только времена выполнения, но и другие характеристики задач.

Методика планирования по структурному критерию с учётом несовместимости задач по используемым ресурсам может быть реализована с помощью следующего простого алгоритма.

С целью предотвращения одновременного запуска на выполнение несовместимых между собой задач, для всех находящихся на выполнении и готовых к выполнению задач поддерживается симметричная булева матрица, каждый элемент которой определяется следующим образом:

$$tcn[i].r[j] = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-я задача совместима по используемым ресурсам} \\ & \text{с } j\text{-й задачей;} \\ 0 & \text{– в противном случае.} \end{cases}$$

Процедура выбора задач на выполнение заключается в следующем. Первый раз для выполнения выбираются задачи с самым высоким рангом. Далее просматриваются строки матрицы совместимости задач, помеченные номерами выполняемых задач. Отмечаются все столбцы матрицы, в которых в выделенных строках находятся единичные значения. Номера этих столбцов определяют задачи, совместимые с выполняемыми. Среди них и выбираются задачи с наиболее высоким рангом для выполнения. При завершении выполнения какой-либо задачи из матрицы совместимости задач удаляются соответствующие строка и столбец, и для свободных процессоров выбираются задачи в соответствии с откорректированной матрицей

Выбранные задачи запускаются на выполнение с помощью API функций базовой операционной системы [4]. Управляет ими дальше уже встроенный планировщик операционной системы, и задачи работают в соответствии с дисциплиной диспетчеризации этой ОС.

В этом методе при выборе задач учитываются ресурсы, ими используемые. На выполнение сначала запускаются задачи, использующие минимум ресурсов. При этом метод позволяет избежать одновременного запуска на выполнение задач, использующих одни и те же ресурсы.

Этот метод предназначен для использования во внешнем относительно ядра операционной системы планировщике (диспетчере) задач.

Реализация разработанного метода планирования задач. Был разработан диспетчер задач для пакета программ АСУТП, использующий предложенный метод планирования. Времена выполнения наборов задач сравнивались с временами выполнения этих же задач под управлением диспетчеров ОС Windows и ОС QNX. На рис. 2 приведены результаты для 5 наборов задач, на которых проводилось тестирование.

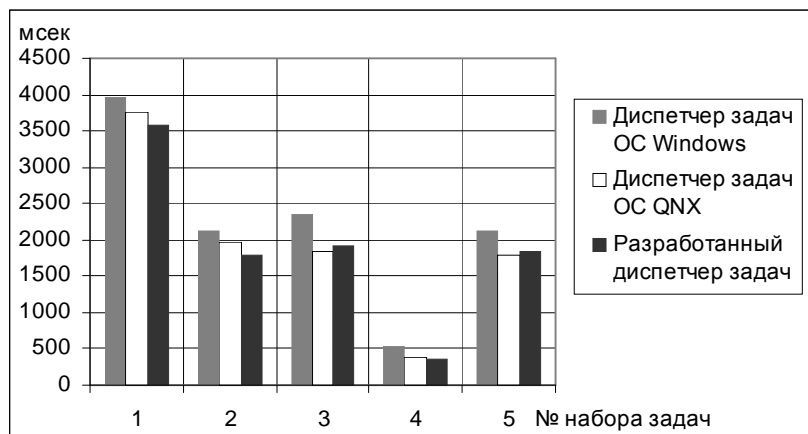


Рис. 2. Время выполнения 5 наборов задач разными диспетчерами

При использовании разработанного метода за счет сбалансированного использования ресурсов рабочей станции увеличивается загрузка процессора, повышается ее производительность, увеличивается пропускная способность. В среднем по всем тестам разработанный диспетчер показал лучшие результаты примерно на 11% (от -4% до +10% по сравнению с диспетчером ОС QNX и от +10% до +32% по сравнению с диспетчером ОС Windows).

Выводы

Для рабочих станций систем управления разработан метод планирования задач по многим характеристикам, обеспечивающий равномерное использование вычислительных ресурсов. В разработанном методе одинаковый ранг присваивается группе задач, сбалансированно загружающих вычислительные ресурсы рабочей станции, за счет чего увеличивается загрузка процессора рабочей станции, повышается ее производительность, увеличивается пропускная способность. В результате время выполнения типичных задач верхнего уровня автоматизированной системы управления технологическим процессом уменьшается примерно на 9 – 11%.

Список литературы

1. Дейтел Х. М. Операционные системы. Основы и принципы : пер. с англ. / Х. М. Дейтел, П. Дж. Дейтел, Д. Р. Чофнес. – 3-е изд. - М.: Бином-Пресс, 2006. – 1024 с.

2. Дейтел Х. М., Операционные системы. Распределенные системы, сети, безопасность / Х. М. Дейтел, П. Дж. Дейтел, Д. Р. Чофнес. – 3-е изд. – М.: Бином-Пресс, 2006. – 704 с.
3. Цилькер Б. Я. Организация ЭВМ и систем: учеб. для вузов / Цилькер Б. Я., Орлов С. А. – СПб.: Питер, 2004. – 668 с.
4. Щербаков Є.В. Діалогові засоби системного програмування : навч. посіб. / Є.В. Щербаков., М. Є. Щербакова, І. С. Скарга-Бандурова. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. – 408 с.

УДК 681.5.013

Джабран Абдалхамид, М.Г.Лория, А.Б.Целищев, П.И.Елисеев

СИСТЕМА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОПОЛОЧНЫМ РЕАКТОРОМ С МОДЕЛЬЮ

В работе рассматривается система управления с моделью колонны синтеза в производстве аммиака, которая позволит вести процесс синтеза аммиака в оптимальном режиме. Предлагаемая система управления позволит максимизировать степень преобразования синтез-газа в аммиак за один проход через колонну при различных нагрузках на агрегат с учетом изменения свойств катализатора и других параметров технологического процесса. Система не требует дополнительных капиталовложений и позволяет работать с теми измерительными каналами, которые уже реализованы на действующем производстве.

Современные химические производства характеризуются высокой технологичностью и сложным аппаратным оформлением. Большинство существующих в Украине химических производств строились в 70-е – 80-е годы прошлого века по схемам, которые на сегодняшний день характеризуются высокими энергетическими затратами на единицу продукции. Так в производстве аммиака затраты энергии на 1 тонну аммиака составляют порядка 10-11 Гкал [1]. Поэтому работы, направленные на оптимизацию технологического процесса и, как следствие, на снижение энергетических затрат на 1 тонну продукции, являются чрезвычайно актуальными.

Для таких производств, как производство синтетического метанола и аммиака, степень преобразования синтез-газа в целевой продукт за один проход через слой катализатора невелика и составляет порядка 2-3%. Для увеличения степени преобразования колонны синтеза в этих производствах представляют собой многополочные газовые реакторы. Это позволяет довести общую степень преобразования синтез-газа до 12-14%. Образовавшийся в результате реакции целевой продукт охлаждают, конденсируют и отделяют от циркуляционного синтез-газа. Циркуляционный газ смешивают со «свежим» газом для восстановления исходных концентраций реагентов и возвращают на вход колонны синтеза. Схема колонны синтеза в производстве синтетического аммиака приведена на рис.1.

Колонна синтеза в производстве аммиака работает следующим образом. Синтез-газ с температурой порядка 333 °С подается в цикл синтеза. На входе колонны синтеза 1 газ разделяется на пять потоков: основной ход (ОХ) и

холодные байпасы (ХБ). Синтез-газ, который подается в колонну по ОХ проходит через рекуперативный теплообменник 2, где нагревается до температуры порядка 420 °С отходящим из колонны газом [2].

Нагретый до температуры 420 °С газ подается на первую полку колонны синтеза 1. Для поддержания рабочей температуры на полках реактора, которая составляет около 520 °С, используют ХБ 1-4.

Колонна синтеза представляет собой сложный объект управления, характеризующийся большим количеством внутренних связей. На типовом производстве аммиака [2] температуры на полках колонны синтеза выставляются оператором-технологом вручную. Такой подход не может обеспечить оптимальную работу колонны синтеза при изменениях нагрузки на аппарат, состава синтез-газа, свойств катализатора.

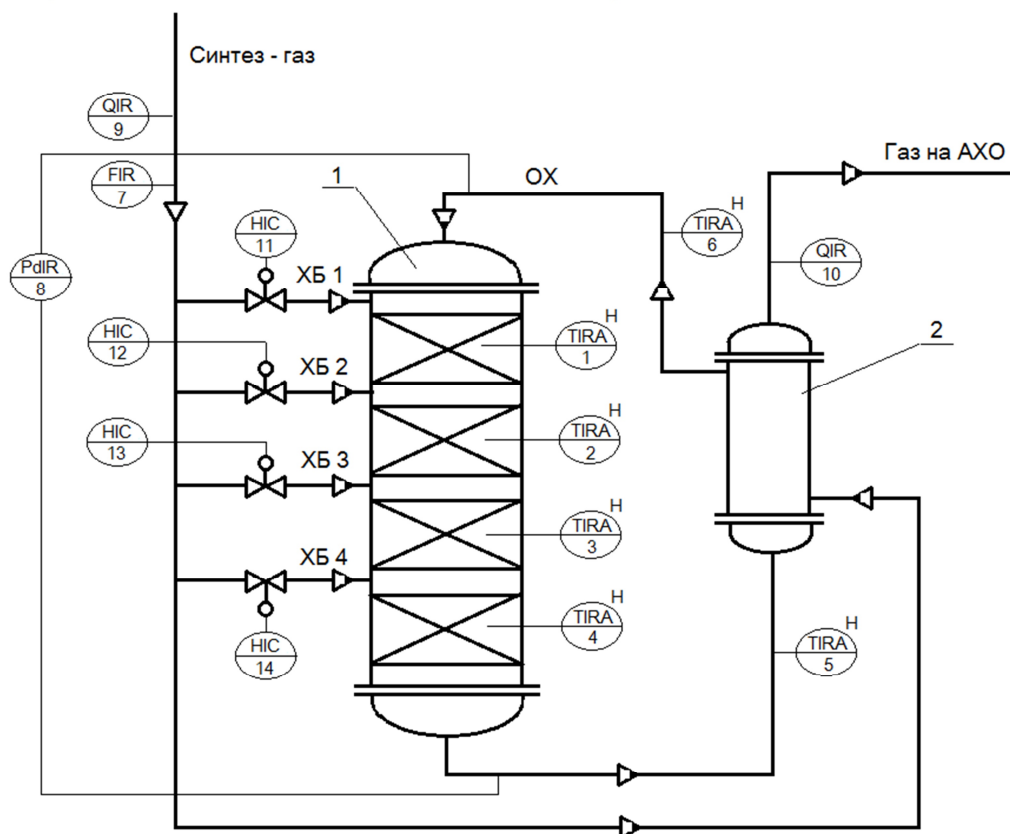


Рис.1. Схема многополочного газового реактора производства аммиака (1 - колонна синтеза, 2 – рекуперативный теплообменник)

Для построения САУ авторами предложена система экстремального управления, которая позволит оптимизировать технологические показатели производства.

Для поиска экстремума можно применять как регулярные, так и случайные методы поиска экстремума [3]. В рассматриваемом случае, учитывая большую тепловую инерционность аппарата (более 80 м³ металлического катализатора), применять методы поиска экстремума на самом объекте, внося тестовые возмущения на его вход, невозможно. Естественным решением в

данном случае может быть поиск экстремума по модели. Наибольшей сложностью данного подхода являются жесткие требования к адекватности математической модели.

Целью работы является разработка системы управления с моделью колонны синтеза в производстве аммиака, которая позволит проводить процесс синтеза аммиака в оптимальном режиме.

В [4] показано, что математическая модель газового реактора по концентрации целевого компонента описывается дифференциальным уравнением вида:

$$\tau_3 \frac{d^3 Q}{dt^3} + \tau_2 \frac{d^2 Q}{dt^2} + \tau_1 \frac{dQ}{dt} + Q = f(F, T, P, Q_0, \dots), \quad (1)$$

где τ_1, τ_2, τ_3 – постоянные времени;

Q – концентрация целевого компонента на выходе реактора;

$f(F, T, P, Q_0, \dots)$ – функция от расхода, температуры давления, начальной концентрации и т.д.

Составленные для четырех полок математические модели образуют систему четырех уравнений, которая, с учетом ограничения

$$F = F_{OX} + F_{XB1} + F_{XB2} + F_{XB3} + F_{XB4}, \quad (2)$$

представляет собой общую математическую модель колонны синтеза аммиака.

Основным показателем работы колонны синтеза является концентрация целевого компонента на выходе колонны. В нашем случае это концентрация аммиака на выходе четвертой полки. Концентрация аммиака является функцией от температуры на полке. С учетом того, что реакция является обратимой и экзотермической, зависимость будет унимодальной, т.е. иметь экстремум [3].

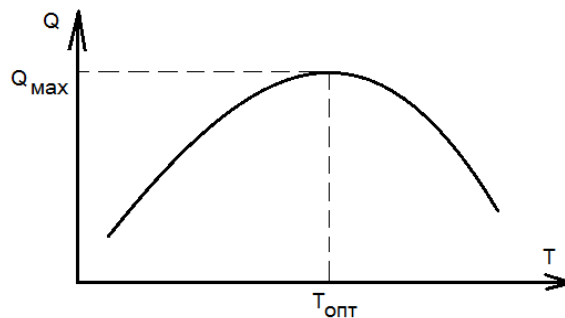


Рис. 2. Зависимость концентрации от температуры на полке

Решение системы уравнений относительно Q_4 дает возможность получить критерий качества управления и решить оптимизационную задачу. Решением этой задачи являются значения оптимальных температур на каждой полке колонны и значения расходов синтез-газа по ОХ и ХБ 1 – 4, при которых значение концентрации аммиака на выходе колонны будет максимальным [3].

Для реализации данной идеи предлагается система управления, которая схематически приведена на рис. 3 [5].

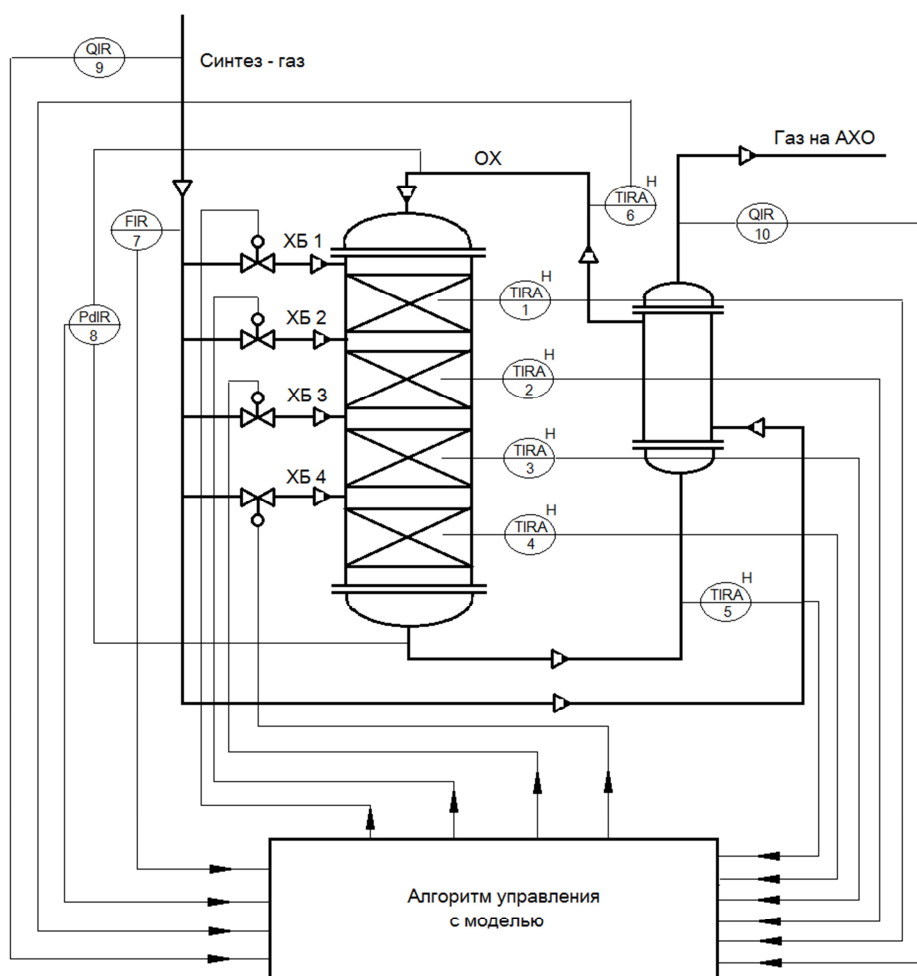


Рис. 3. Система экстремального управления с моделью колонной синтеза аммиака

Алгоритм функционирования системы может быть реализован в SCADA системе, например, в системе Trace Mode 6.

Выводы

Предлагаемая система управления позволит обеспечить максимальную степень преобразования синтез-газа в аммиак за один проход через колонну при различных нагрузках на агрегат с учетом изменения свойств катализатора и других параметров технологического процесса.

Положительной особенностью предлагаемой системы является то, что она не требует дополнительных капиталовложений и позволяет работать с теми измерительными каналами, которые уже реализованы на действующем производстве.

Задачами дальнейших исследований является:

- идентификация математической модели колонны синтеза аммиака и проверка ее адекватности;
- выбор и обоснование метода поиска экстремума оптимизационной функции;
- разработка компьютерной модели, реализующей данную систему управления.
- реализация системы управления на действующем производстве.

Список литературы

1. Лейтес И.Л. Теория и практика химической энерготехнологии. / Лейтес И.Л., Сосна М.Х., Семенов В.П. – М.: Химия, 1988. – 304 с.
2. Аммиак. Вопросы технологии / [И.М. Демиденко, Н.А. Янковский, В.А. Степанов, Б.И. Мельников, Э.Ф. Никитина, Б.В. Кравченко под редакцией Н.А. Янковского]. – Донецк: ГИК “Новая печать”, ООО “Лебедь”. 2001. – 497 с.
3. Теория автоматического управления / [Бабаков Н.А., Воронов А.А., Воронова А.А. и др.]. - М.: Высш. шк., 1986.-367с.
4. Математичні моделі технологічних об'єктів: Підручник. / [О.Б. Целіщев, П.Й.Єлісєєв, М.Г.Лорія, І.І.Захаров.]. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту, 2011. – 421 с.
5. Філюк О.О., Целіщев О.Б. Управління з моделлю: ідентифікація об'єкту керування // Автоматизація процесів управління: XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Технологія-2011» Сєверодонецьк: ТІ СНУ.-2011.с. 56.

УДК 681.3

А.М.Брежнев

МАШИНЫ ТЬЮРИНГА В ЗАДАЧАХ ПРОВЕРКИ СВОБОДНО КОНСТРУИРУЕМЫХ ОТВЕТОВ

Изложен подход к применению многоленточных машин Тьюринга для проверки свободно конструируемых ответов в системах электронного обучения алгоритмическим языкам. Определен способ задания и приведены примеры программ машин Тьюринга для свертки конструкций языка. Рис.2, Ист.7

Консорциум IMS (Instructional Management Systems) объединяет фирмы и национальные министерства образования многих стран мира для координации усилий в области систем электронного обучения. Для обеспечения совместимости данных в электронном обучении разработано 15 спецификаций. Предложенные в этих спецификациях форматы данных фактически стали стандартом для разработчиков. Спецификация IMS Questions and Tests Interoperability [1] задает модель данных, основанную на тестах и предназначенную для обучения и тренинга во всех областях и национальных контекстах. В данной спецификации присутствуют разновидности тестов, ответы на которые надо вводить в виде текста: заполнение бланка (Fill-in-blank), выбор текста (Select text), ввод короткого ответа, занимающего не более одной строки (Short answer) и ответ в форме эссе (Essay).

156

Как указывается в [2], создание вопросов типа короткий ответ требует однозначной трактовки вопроса. Ведь студент не видит возможные варианты ответов и не выбирает из имеющихся вариантов, а должен ввести ответ сам. Необходимо учитывать возможность написания студентом синонимов к введенному правильному ответу, правильного ответа с другим окончанием, в другом падеже и т.д.

В системе MOODLE при задании эталона ответа можно использовать символ "звездочка" (*) в качестве шаблона, заменяющего любую последовательность символов. Например, крас*ый будет соответствовать любому слову или фразе, начинающейся с "крас" и заканчивающейся "ый" (красный, красивый, красочный). Когда звездочка не используется, ответы сравниваются побуквенно.

MOODLE допускает задания, на которые ответ должен быть введен в форме эссе. При создании вопроса типа эссе необходимо заполнить 3 поля: название вопроса, текст вопроса и общий комментарий. Задание типа эссе - единственное из всех типов заданий, которое требует ручного оценивания преподавателем. Преподаватель может ввести отзыв и оценить эссе студента.

К этой категории относятся задания по написанию фрагментов и целых программ при изучении алгоритмических языков и программирования с использованием алгоритмических языков.

Все разновидности заданий могут быть разделены на две группы: задания на знание синтаксиса конструкций языка и задания на разработку программ. Очевидно, что использование теории синтаксического анализа [3 – 4] создает базу для разработки модулей проверки свободно сконструированных ответов на задания из первой группы. Проблема заключается в том, что изучение алгоритмического языка предусматривает решение десятков задач на темы задания атомов и операторов языка. Использование для целей проверки ответов существующих инструментальных средств, таких как, например, Microsoft Visual Studio, потребует для большинства алгоритмических языков создание контекста для проверяемого элемента языка, поскольку инструментальное средство требует на входе целостную программу. Несмотря на некоторые достоинства такого подхода, он неприемлем для дистанционного обучения.

Другой подход заключается в том, чтоб для каждой учебной задачи создается (или настраивается) модуль проверки решения. Вследствие этого, при изменении учебной программы или состава учебных задач необходима будет разработка или перенастройка модулей проверки решений. От трудоемкости этих процедур будет зависеть их применимость в составе систем электронного обучения.

Целью данной работы является оценка применимости совокупности двухленточных машин Тьюринга для проверки свободно конструируемых ответов в системах электронного обучения алгоритмическим или другим формальным языкам. В дальнейшем используется машина Тьюринга, которая имеет блок управления, две ленты и головки считывания / записи. Ленты разделяются на ячейки. Кроме того, каждая лента разбита на две дорожки: нетерминальных и терминальных символов (термов).

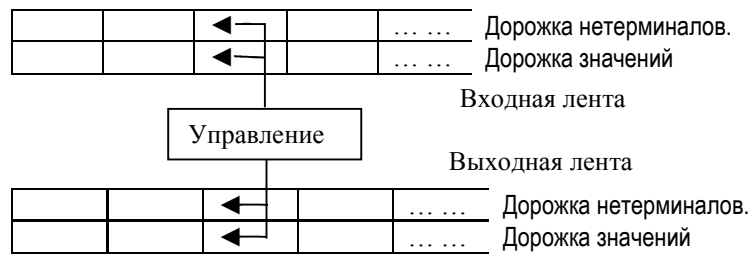


Рисунок 1 - Структура машины Тьюринга

За один такт машина Тьюринга (ТМ):

- 1) считывает содержимое ячейки входной ленты;
- 2) в зависимости от считанного содержания ячейки изменяет состояние;
- 3) записывает новое содержимое в ячейку выходной ленты;
- 4) сдвигает на одну ячейку входную и выходную головки влево, вправо или оставляет на месте.

Машина Тьюринга останавливается, если переходит в конечное состояние – команда Stop. Машина Тьюринга является формальной системой:

$$TM = (Q, V, W, \Gamma, \delta, q_0),$$

где Q — конечное множество состояний; $\Gamma = TUNU\bullet$ - конечное множество допустимых символов лент и символа \bullet (конец); T - множество терминальных символов языка; N - множество нетерминальных символов языка; $V \subseteq \Gamma$ - конечное множество допустимых символов входной ленты; $W \subseteq \Gamma$ - конечное множество допустимых символов выходной ленты; $\delta: Q \times V \rightarrow Q \times W \times D \times K$ - функция следующего такта (движения); $D = \{Left, Right, Nothing, Stop\}$ – множество команд управления движением входной ленты; $K = \{Left, Right, Nothing\}$ – множество команд управления движением выходной ленты; $q_0 \in Q$ — начальное состояние.

Введение символа \bullet (конец), который обязательно присутствует в конце информации на входной ленте, снимает проблему алгоритмической неразрешимости об остановке машины Тьюринга, если входная строка или часть ее не принадлежит распознаваемому языку.

Основная идея статьи заключается в том, чтобы использовать иерархию понятий, определяемых формальной грамматикой языка, для распределения по этим уровням отдельных машин Тьюринга и объединения их в конвейер по сворачиванию входной строки к одному или нескольким нетерминальным символам. При этом выходная лента одной машины будет входной для другой и каждая из машин должна быть сконфигурирована на сворачивание только одного понятия из входной ленты и занесения в выходную ленту символа (кода), сопоставленного этому понятию. Все другие символы из ячеек входной ленты, которые данной машиной Тьюринга не могут быть отнесены к распознаваемому понятию, переносятся без изменений в ячейки выходной ленты.

На самом нижнем уровне грамматической иерархии при распознавании языков методом «снизу-вверх» находятся терминальные символы из алфавита языка, которые предлагается разделить на три группы: буквы, цифры и разделители - все символы, не являющиеся буквами или цифрами. Если учесть, что символы в алфавите любого компьютера задаются как упорядоченные последовательности кодов, тогда распознавание символа как буквы или цифры

может быть реализовано путем проверки попадания кода символа в интервал. Для задания интервалов или списков символов в состав алфавита машины введены следующие терминальные знаки: \lfloor - начало интервала или списка; \rfloor - конец интервала или списка; \ddagger - связка «либо»; $\cdot\cdot$ – разделитель нижней и верхней границ интервала; \neg - операция отрицания; \boxtimes - метасимвол «любой»; $_$ (подчеркивание) – содержимое ячейки.

Пусть введены следующие нетерминальные символы: **b** – буква или цепочка букв; **d** – цифра или цепочка цифр; **s** – разделитель. Программа машины Тьюринга для сворачивания исходной строки в строку, состоящую из нетерминальных символов **b**, **d**, **s** имеет вид:

Сост	Вх. нетерминал.	Вх.знач	Вх. сдвиг	Сл. сост	Вых. нетерминал	Вых. знач	Вых. сдвиг
0		$\lfloor a..z \ddagger A..Z \ddagger a..я \ddagger A..Я \rfloor$	Right	1	b	\boxtimes	
0		$\lfloor 0..9 \rfloor$	Right	2	d	\boxtimes	
0		$\neg \lfloor a..z \ddagger A..Z \ddagger a..я \ddagger A..Я \ddagger 0..9 \ddagger \bullet \rfloor$	Right	0	s	\boxtimes	Right
0		\bullet	Stop	0			
1		$\lfloor a..z \ddagger A..Z \ddagger a..я \ddagger A..Я \rfloor$	Right	1	b	$_ \boxtimes$	
1		$\neg \lfloor a..z \ddagger A..Z \ddagger a..я \ddagger A..Я \rfloor$		0	b	$_ _$	Right
2		$\lfloor 0..9 \rfloor$	Right	2	d	$_ \boxtimes$	
2		$\neg \lfloor 0..9 \rfloor$		0	d	$_ _$	Right

Информация в колонках таблицы соответствует элементам выражения для функции следующего такта: «Сост.» - номер текущего состояния машины; «Вх. нетерминал» - значение ячейки дорожки нетерминалов входной ленты; «Вх.знач» - содержимое ячейки значения, сопоставленного нетерминалу входной ленты; «Вх. сдвиг» - команда управления движением входной ленты; «Сл. сост» - номер следующего состояния машины; «Вых. нетерминал» - содержимое ячейки дорожки нетерминалов выходной ленты; «Вых. знач» - значение, сопоставленное нетерминалу входной ленты; «Вых. сдвиг» - команда управления движением выходной ленты. Сочетание символов $_ \boxtimes$ или $\boxtimes _$ означает присоединить входной символ к содержимому ячейки справа или, соответственно, слева.

Под значением нетерминального символа понимается цепочка терминальных и/или нетерминальных символов, которые заменяет данный нетерминальный символ для последующего сворачивания заданной строки текста программы. При сканировании входной строки, составленной только из терминальных символов, ячейки дорожки нетерминалов остаются пустыми.

Например, для строки $-14/*R+3*/0.25e-7$; после обработки машиной Тьюринга с программой, описанной выше, будет получена выходная лента следующего вида:

s	d	s	s	b	s	d	s	s	d	s	d	b	s	d	s	•	Дорожка нетерминалов.
-	14	/	*	R	+	3	*	/	0	.	25	e	-	7	;		Дорожка значений

Предлагается машину Тьюринга с программой сворачивания цепочек букв, цифр и разделителей называть морфитом. Поскольку практически все алгоритмические языки базируются на алфавите, который содержит буквы, цифры и разделители, то морфит будет первым звеном в цепочке машин, проверяющих введенный ответ на любом алгоритмическом языке. Все другие

конструкции языка – имена, константы, операторы, комментарии и т.д., - будут складываться из цепочек букв, цифр и разделителей, которые с определенной степенью приближения можно назвать морфемами алгоритмического языка.

Выходная лента морфита может подаваться на вход следующей машины или на входы сразу нескольких машин, которые могут обрабатывать параллельно сразу несколько процедур свертки. Независимо от конкретного алгоритмического языка все его предложения строятся из атомов языка. Обычно к атомам языка относят литералы¹, комментарии, имена. Поэтому, на следующих уровнях после морфита целесообразно располагать машины Тьюринга с программами свертки атомов языка. Состав атомов зависит от конкретного алгоритмического языка и может быть достаточно обширным и изучение их может строиться произвольным образом. Для проверки конкретного свободно конструируемого ответа необходимо задавать связь между морфитом и машиной, обрабатывающей изучаемый атом. Другой путь – выходную ленту морфита подать на вход цепочки машин Тьюринга, каждая из которых предназначена для свертки одного или нескольких родственных атомов. Родственными атомами считаются те, которые строятся по принципу вхождения одного литерала в другой. Например, любая часть в записи вещественного литерала соответствует понятию целочисленного литерала, а действительная и мнимая часть комплексного литерала соответствуют понятию вещественного литерала. Очевидно, что выстраивать цепочку связей между машинами Тьюринга надо таким образом, чтобы свертка более общих конструкций проводилась на уровнях выше, чем свертка более простых.

Далее, если в языке определены понятия комментариев и строковых констант, то целесообразно перед выполнением всех последующих процедур свертки выполнить свертку комментариев и строковых констант. Это может существенно сократить количество шагов машины, особенно в тех случаях, когда в комментарии включены операторы алгоритмического языка. Аналогичная ситуация возникает, когда в строковой константе по ошибке не поставлена закрывающая кавычка, тогда весь последующий текст будет истолкован как строковая константа и выпадает из разбора.

Если ввести нетерминальный символ **h** для обозначения понятия «комментарий» и, используя определение комментария, как любой последовательности символов алфавита, размещенной между сочетаниями знаков /* и */, то программа машины Тьюринга, сворачивающая комментарий к символу **h**, будет иметь вид:

Сост	Вх. нетерминал.	Вх.знач	Вх. сдвиг	Сл. сост	Вых. нетерминал	Вых. знач	Вых. сдвиг
0	¬ • s		Right	0	α	α	Right
0	s	/	Right	1	s	α	
0	s	¬ /	Right	0	s	α	Right
0	•		Stop	0			
1	s	*	Right	2	h	α	
1	s	¬ *		0	s	α	Right
1	•		Stop	0	s	α	Right
1	¬ s •			0	s	α	Right

¹ ЛИТЕРАЛ (АНГЛ. LITERAL — КОНСТАНТА) — ЗАПИСЬ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩАЯ СОБОЙ ФИКСИРОВАННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

2	s	*	Right	3		α	
2	s	¬ *	Right	2		α	
2	•		Stop	0	h	—	Right
2	¬ s •		Right	2	h	α	
3	s	/	Right	0	h	—	Right
3	s	¬ /	Right	2		α	
3	¬ s •		Right	2		α	
3	•		Stop	0	h	—	Right

Для рассматриваемого примера после подключения выходной строки морфита на вход машины Тьюринга с описанной выше программой будет получена следующая лента:

s	d	h	d	s	d	b	s	d	s	•	Дорожка нетерминалов.
-	14	/*R+3*/	0	.	25	e	-	7	;		Дорожка значений

И хотя в строке есть выражение R+3, то теперь выполнять его обработку, как арифметического выражения не потребуется, что сократит время обработки. Таким образом, если в алгоритмическом языке есть конструкции, задаваемые как любые последовательности символов, заключенные между двумя ограничительными символами, то их обработка должна выполняться сразу же за обработкой входной ленты морфитом, а затем – обработку строковых литералов, далее – цепочек цифр и так далее по принципу «от простых конструкций к сложным». На рисунке 2 показана начальная часть конвейера обработки предложения алгоритмического языка.

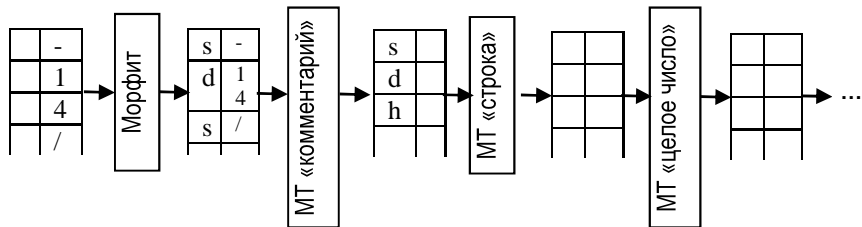


Рисунок 2 – Конвейер обработки предложения алгоритмического языка машинами Тьюринга (МТ).

Для системы проверки свободно конструируемых ответов при изучении алгоритмических языков потребуется «парк» машин Тьюринга, настроенных на свертку одной конструкции языка и средство формирования конвейера свертки. Принцип определения правильности ответа остается прежним – если конструкция языка записана правильно, то в выходной ленте останется только нетерминальный символ, соответствующий этой конструкции. В противном случае, в ячейках выходной ленты содержится информация для анализа ошибок.

ВЫВОДЫ. Совокупность двухленточных машин Тьюринга может обеспечить проверку свободно конструируемых ответов в системах электронного обучения алгоритмическим или другим формальным языкам.

Ввод в алфавит машины Тьюринга символа • (конец), который обязательно должен присутствовать в конце информации на входной ленте, снимает проблему алгоритмической неразрешимости об остановке машины

Тьюринга, если входная строка или часть ее не принадлежит распознаваемому языку.

Предложенная форма программ двухленточной машины Тьюринга обеспечивает задание любых программ проверки синтаксической правильности свободно конструируемых ответов и содержит необходимые средства, применение которых минимизирует количество шагов машины при проверке ответов.

Список литературы

1. IMS Q&T: ASI Information Model Specification Final Specification Version 1.2 // http://www.msglobal.org/question/qtiv1p2/imsqti_asi_infov1p2.html
2. Анисимов А.М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. Учебное пособие.– Харьков, ХНАГХ, 2009. – 292 с.
3. Ахо А., Ульман ДЖ. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции/ В 2-х т. // Т.1 "Синтаксический анализ"- М.: Мир, 1978.- 613 с.
4. Ахо А., Сети Р., Ульман Дж. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. Пер. с англ.- М., Изд.дом «Вильямс», 2003. – 768 с.
5. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений.. - М.: Изд.дом «Вильямс», 2002.- 528 с.
6. Давыдов В.И., Фомин П.Н. Спецификация IMS QTI и тесты со свободно-конструируемыми ответами -
7. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. - М.: Мир, 1979.- 536 с.

УДК 681.518

Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ СРЕДСТВАМИ JAVASCRIPT

Представлен вариант управления параллельной обработкой в приложениях, построенных на базе широко используемого в Интернет-программировании языка сценариев JavaScript. Показано, что с помощью специальных средств, так называемых «веб-исполнителей», можно обеспечить решение ресурсоемких вычислительных задач, а также обработку данных в реальном масштабе времени, не ухудшая характеристики визуального интерфейса пользователя. Рис. 2, Табл. 0, Ист. 4

Введение.

Одной из основных особенностей базового языка JavaScript является его однопоточная модель выполнения: браузер никогда не запускает два обработчика событий в одно и то же время. Например, он никогда не будет обрабатывать прерывание от таймера во время выполнения другого обработчика событий. Следствием является то, что функции JavaScript не должны работать слишком долго: в противном случае они заблокируют цикл обработки событий и веб-браузер перестанет откликаться на действия пользователя. Это является причиной того, что API-интерфейсы Ajax всегда являются асинхронными, а также того, почему клиентский JavaScript не может

иметь простых синхронных функций `load()` или `require()`, обеспечивающих загрузку библиотек JavaScript [1].

Спецификация «The Web Workers» [2] вводит механизм веб-исполнителей (Web workers), с помощью которых можно организовать эффективную параллельную обработку данных так, чтобы она не влияла на время реакции пользовательского визуального интерфейса, реализуемого браузером.

Основная часть.

Веб-исполнители представляют собой эффективно работающие потоки выполнения [3]. Веб-исполнители живут в автономной среде выполнения, однако без доступа к объектам `Window` или `Document` [4], и могут общаться с главным потоком только через механизм асинхронной передачи сообщений [5]. Это значит, что параллельная модификация объектной модели документа (DOM) все еще не возможна, но вместе с тем веб-исполнители дают возможность использовать синхронные API и писать длительно выполняющиеся функции, которые не тормозят цикл обработки событий и не подвешивают браузер. Создание нового исполнителя не является тяжеловесной операцией, такой, как открытие нового окна браузера. Но исполнители не самые простейшие потоки из всех, и поэтому не имеет смысла создание новых исполнителей для выполнения тривиальных операций. Для сложных веб-приложений может оказаться полезным создавать десятки исполнителей, но маловероятно, что приложения с сотнями или тысячами исполнителей будут встречаться на практике.

Как в любом потоковом API, имеются две части определения Веб-исполнителя. Первой частью является объект `Worker`: он определяет, как исполнитель представляется извне, со стороны потока, который его создает. Второй частью является `WorkerGlobalScope` – глобальный объект для нового исполнителя, определяющий, как поток исполнителя выглядит с внутренней стороны, из кода исполнителя.

Объект `Worker`. Чтобы создать новый исполнитель, достаточно использовать конструктор `Worker()`, передав ему URL, который определяет код JavaScript, который исполнитель должен выполнить:

```
var loader = new Worker("utils/loader.js");
```

Если указывается относительный адрес URL, он разрешается относительно URL документа, который содержит скрипт, из которого был вызван конструктор `Worker()`. Если указать абсолютный URL, он должен иметь то же происхождение (тот же протокол, хост и порт), что и основной документ.

Если имеется объект `Worker`, ему можно посылать данные с помощью `postMessage()`. Значение, которое передается `postMessage()`, копируется и результирующая копия доставляется исполнителю через событие `message`:

```
loader.postMessage("file.txt");
```

Метод `postMessage()` объекта `Worker` не имеет аргумента `origin`, который имеет метод `postMessage()` объекта `Window`. Кроме того, метод `postMessage()` объекта `Worker` в современных браузерах правильно копирует сообщения, в отличие от `Window.postMessage()`, который до сих пор ограничен строковыми сообщениями в некоторых браузерах.

Сообщения от исполнителя можно получать, прослушивая событие `message` объекта `Worker`:

```

worker.onmessage = function(e) {
    var message = e.data; // Получение сообщения из события
    console.log("URL contents: " + message); // Работа с ним
}

```

Если исполнитель возбуждает исключение, которое не перехватывается и не обрабатывается им самим, исключение распространяется как событие, которое можно прослушивать:

```

worker.onerror = function(e) {
    // Регистрация сообщения об ошибке,
    // включая имя файла и номер строки исполнителя
    console.log("Ошибка в " + e.filename + ":" + e.lineno + ": "
        + e.message);
}

```

Подобно всем приемникам событий, объекты Worker определяют стандартные методы `addEventListener()` и `removeEventListener()` и их можно использовать вместо свойств `onmessage` и `onerror`, если нужно управлять несколькими обработчиками событий.

Объект Worker имеет еще один метод, метод `terminate()`, который обеспечивает завершение выполнения потока исполнителя.

Область видимости исполнителя. Когда создается новый исполнитель с помощью конструктора `Worker()`, задается URL файла с кодом JavaScript. Этот код выполняется в новом нетронутом окружении выполнения JavaScript, полностью изолированном от сценария, создавшего исполнителя. Глобальным объектом для этого нового окружения выполнения является объект `WorkerGlobalScope`. `WorkerGlobalScope` – это что-то большее, чем глобальный объект базового JavaScript, но меньшее, чем полномасштабный объект `Window` клиентского JavaScript.

Объект `WorkerGlobalScope` имеет метод `postMessage()` и свойство обработчика событий `onmessage`, которые такие же, как у объекта `Worker`, но работают в противоположном направлении: вызов `postMessage()` изнутри исполнителя генерирует событие `message` вне исполнителя, а сообщения, посылаемые извне исполнителя, превращаются в события и доставляются обработчику `onmessage`. Нужно заметить, что так как `WorkerGlobalScope` является глобальным объектом для исполнителя, `postMessage()` и `onmessage` для кода исполнителя выглядят как глобальная функция и глобальная переменная.

Функция `close()` дает возможность исполнителю завершить самого себя и работает подобно методу `terminate()` объекта `Worker`. Однако, следует заметить, что нет API для объекта `Worker`, обеспечивающего проверку, закрыл ли себя исполнитель, и нет свойства обработчика событий `onclose`. Если вызвать `postMessage()` для исполнителя, который был закрыт, сообщение будет тихо сброшено и никакой ошибки не будет сгенерировано. В общем, если исполнитель намеревается вызвать `close()` для закрытия самого себя, хорошей идеей может быть предварительная посылка какого-то «закрывающего» сообщения.

Наиболее интересной глобальной функцией, определенной для `WorkerGlobalScope`, является `importScripts()`: исполнители могут использовать эту функцию для загрузки произвольного библиотечного кода, который им необходим. Например:

```
// Загрузка нужных классов и сервисов перед началом работы
importScripts("collections/Set.js", "collections/Map.js",
    "utils/base64.js");
```

Функции `importScripts()` передаются в качестве аргументов один или несколько URL, каждый из которых должен задавать файл с кодом JavaScript. Относительные URL разрешаются относительно URL, который был передан конструктору `Worker()`. Она загружает и выполняет эти файлы один за другим в порядке, в котором они были указаны. Если загрузка сценария вызывает сетевую ошибку или, если во время выполнения генерируется ошибка любого рода, ни один из последующих сценариев не загружается и не выполняется. Сценарий, загруженный с помощью `importScripts()`, сам может вызвать `importScripts()` для загрузки зависящих от него файлов. Однако, следует заметить, что `importScripts()` не пытается отслеживать, какие сценарии уже загружены и не делает ничего, чтобы предотвратить циклическую загрузку.

Функция `importScripts()` является синхронной: она не возвращает управления, пока все сценарии не будут загружены и выполнены. Загруженные сценарии могут использоваться сразу после возврата из `importScripts()`: нет нужды для обратной связи или в обработчике событий. После уяснения асинхронной природы клиентского JavaScript, может показаться странным возврат снова к синхронному программированию. Но в этом и заключается прелесть потоков: в исполнителе можно вызывать блокирующие функции без блокирования цикла обработки событий и без блокирования вычислений, выполняемых параллельно другими исполнителями.

Поскольку `WorkerGlobalScope` является глобальным объектом для исполнителей, он имеет все свойства глобального объекта базового JavaScript, такие как объект `JSON`, функция `isNaN()`, конструктор `Date()`. Кроме того, `WorkerGlobalScope` имеет следующие свойства клиентского объекта `Window`:

- `self`, являющееся ссылкой на сам глобальный объект. Однако, `WorkerGlobalScope` не имеет синонима свойства `window`, которое имеет объект `Window`.

- Методы таймера `setTimeout()`, `clearTimeout()`, `setInterval()` и `clearInterval()`.

- Свойство `location`, описывающее URL, который был передан конструктору `Worker()`. Это свойство ссылается на объект `Location`, так же как это делает свойство `location` объекта `Window`. Объект `Location` имеет свойства `href`, `protocol`, `host`, `hostname`, `port`, `pathname`, `search` и `hash`. В исполнителе эти свойства доступны только для чтения.

- Свойство `navigator`, который ссылается на объект со свойствами, подобными свойствам объекта `Navigator` окна. Объект `navigator` имеет свойства `appName`, `appVersion`, `platform`, `userAgent` и `onLine`.

- Обычные методы получателя событий `addEventListener()` и `removeEventListener()`.

- Свойство `onerror`, которое устанавливается к функции управления ошибками, подобной обработчику `Window.onerror`, описанному ранее. Обработчику ошибок, если он зарегистрирован, передаются сообщение об ошибке, URL и номер строки в качестве трех строковых аргументов. Он может вернуть `false`, указывающее, что ошибка была обработана и не должна распространяться как событие ошибки на объекте `Worker`.

Наконец, объект `WorkerGlobalScope` включает важные конструкторы объектов клиентского JavaScript. К ним принадлежат конструкторы: `XMLHttpRequest()`, с помощью которого исполнители могут выполнять запросы

HTTP, и Worker(), с помощью которого исполнители могут создавать их собственные потоки-исполнители.

Модель выполнения исполнителей. Поток исполнителя выполняет свой код (и все импортированные сценарии) синхронно сверху вниз, а затем входит в асинхронную фазу, в которой он отвечает на события и таймеры. Если исполнитель зарегистрировал обработчик события `onmessage`, он не будет завершен ни при каких обстоятельствах до тех пор, пока имеется возможность поступления новых сообщений. Но если исполнитель не слушает сообщений, он будет работать лишь до тех пор, пока существуют нерешенные задачи (такие как загрузки и таймеры) и не будут обработаны все обратные вызовы, связанные с задачами. После того, как завершится обработка всех зарегистрированных обратных вызовов, у исполнителя исчезает возможность начать новую задачу, и в это время можно безопасно завершить работу потока. Представим себе исполнителя без обработчика события `onmessage`, который загружает файл, используя `XMLHttpRequest`. Если обработчик `onload` для этой загрузки начинает новую загрузку или с помощью `setTimeout()` регистрирует тайм-аут, в потоке появляется новая задача, и он будет продолжать выполнение. Иначе, поток завершается.

Разделяемые исполнители. Потоки-исполнители, описанные выше, являются закрепленными (*dedicated*) исполнителями: они ассоциируются с или подчиняются одному родительскому потоку. Спецификация «Web Workers» определяет другой тип исполнителя – разделяемый (*shared*) исполнитель. Разделяемый исполнитель представляет собой разновидность именованного ресурса, обеспечивающего вычислительные услуги любому потоку, который позаботится о подключении к нему. На практике, взаимодействие с разделяемым исполнителем подобно общению с сервером через сетевой сокет.

В качестве сокета для разделяемого исполнителя служит `MessagePort`. `MessagePorts` определяет API для передачи сообщений, подобный описанным выше для закрепленных исполнителей и обмена сообщениями между документами: он включает метод `postMessage()` и атрибут обработчика событий `onmessage`. HTML5 позволяет создавать пары соединенных объектов `MessagePort` с помощью конструктора `MessageChannel()`. Объекты `MessagePort` можно передавать (через специальный аргумент `postMessage()`) другим окнам и другим исполнителям и использовать их как закрепленные (*dedicated*) коммуникационные каналы. `MessagePort` и `MessageChannel` относятся к продвинутому API, который не поддерживается пока большинством браузеров.

Примеры использования. Наиболее распространенное применение веб-исполнителей – это решение требующих длительных вычислений задач без торможения визуального интерфейса пользователя.

Например, для получения и отображения на экране последовательности простых чисел (рис.1) достаточно из потока главного окна запустить один веб-исполнитель.

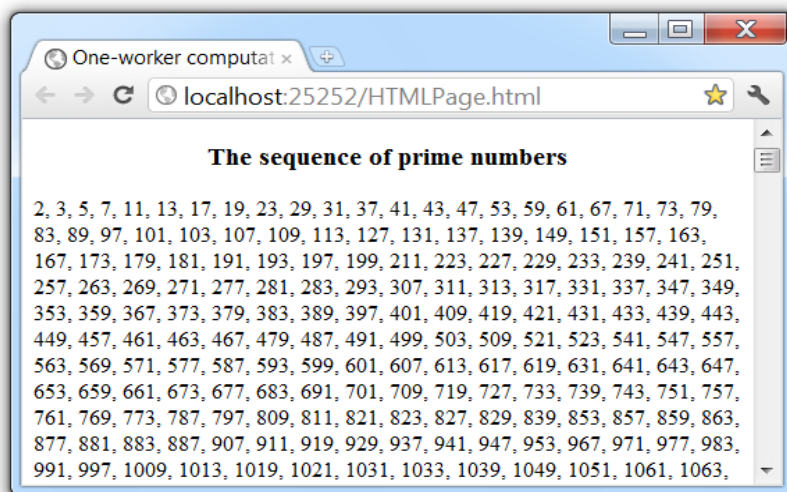


Рисунок 1. Главное окно с последовательностью простых чисел, получаемых одним фоновым веб-исполнителем

Наиболее простой вариант (но не решающий всех проблем визуального интерфейса, естественно) HTML-текста, приведенной на рисунке главной страницы, может выглядеть следующим образом:

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
  <head>
    <title>One-worker computation</title>
  </head>
  <body>
    <center><h3>The sequence of prime numbers</h3></center>
    <output id="result"></output>
    <script type="text/javascript">
      var worker = new Worker('worker.js');
      worker.onmessage = function (event) {
        document.getElementById('result').textContent +=
          event.data + ", ";
      };
    </script>
  </body>
</html>

```

Вызов конструктора `Worker()` создает веб-исполнитель и возвращает объект `worker`, который используется для коммуникаций с веб-исполнителем. Обработчик события `onmessage` этого объекта дает возможность главной странице получать сообщения от исполнителя и отображать простые числа. Текст сценария веб-исполнителя `'worker.js'` тоже занимает лишь несколько строк, как показано ниже:

```

var n = 1;
search: while (true) {
  n += 1;
  for (var i = 2; i <= Math.sqrt(n); i += 1)

```

```

    if (n % i == 0)
        continue search;
    // Найдено простое число
    postMessage(n);
}

```

Если в предыдущем примере можно было обойтись одним веб-исполнителем, то в более сложных задачах может понадобиться несколько десятков параллельно работающих веб-исполнителей. Естественно, при таком распараллеливании серьезного ускорения обработки и отображения данных можно достигнуть при решении задачи на компьютере с многоядерным процессором. На рис. 2 представлено изображение множеств Мандельброта - фрактала, определённого как множество точек на комплексной плоскости, для которых не уходит в бесконечность итеративная последовательность:

$$Z_0 = 0$$

$$Z_{n+1} = Z_n^2 + C$$

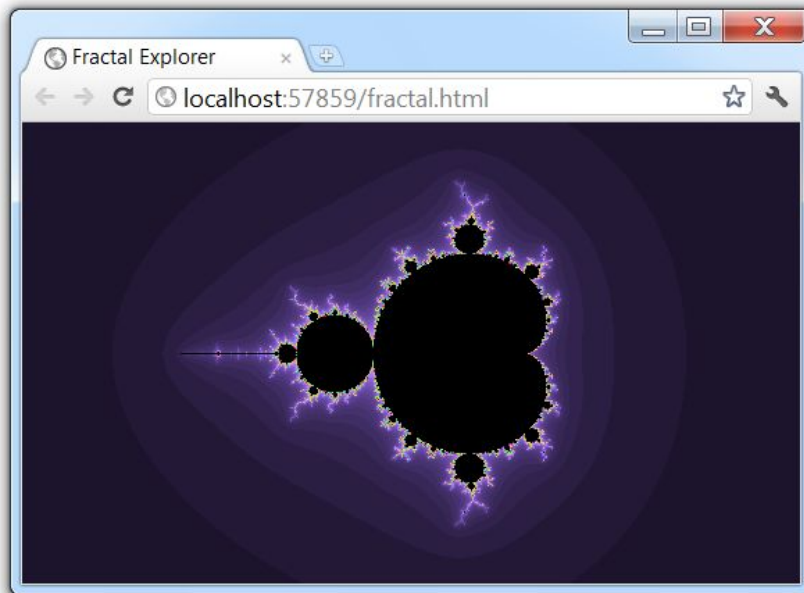


Рисунок 2. Представление в браузере изображения множества Мандельброта

Если получать приведенное на рисунке изображение последовательно с помощью одного веб-исполнителя, то на его отображение понадобится около 20 секунд. Так как итерации для получения изображения ведутся построчно, вычисления распределяются между группой параллельно работающих веб-исполнителей, итерирующих соседние строки изображения. В результате время получения изображения уменьшается на порядок. В программе предусмотрено автоматическое масштабирование изображения в зависимости от размеров окна браузера. Кроме того, после щелчка мышью в какой-то точке изображения устанавливаются новые границы множества Мандельброта с установленным коэффициентом масштабирования, равным 8, и с помощью тех же веб-исполнителей вычисляется новый фрактал, поддерживающий соотношение сторон текущего размера окна. На рис.3 представлен один из таких фракталов.

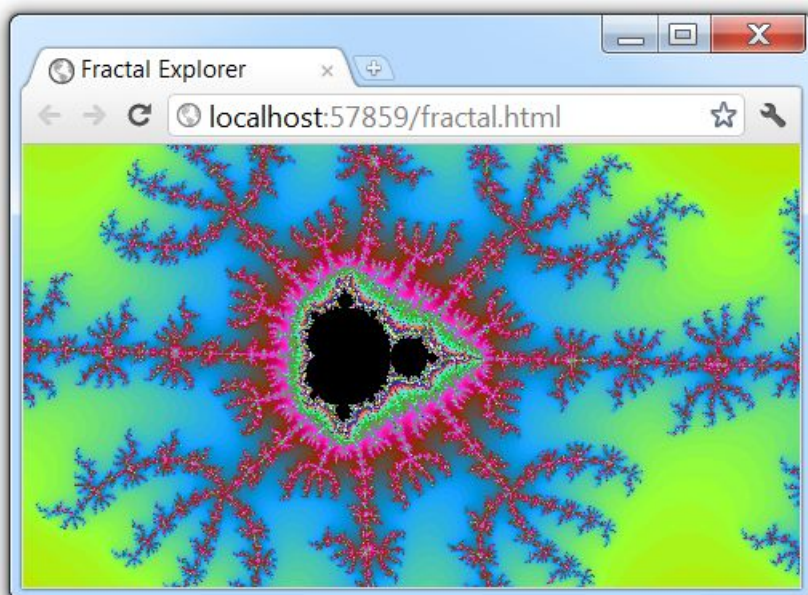


Рисунок 3. Один из фракталов, полученный масштабированием одного из прямоугольных участков на границе множества Мандельброта

Выводы.

Представленные средства параллельных вычислений JavaScript являются весьма перспективными и при их надлежащей реализации браузерами могут существенно расширить область применения клиентского языка JavaScript. Технология веб-исполнителей совместно с другими современными средствами клиентской веб-разработки, такими как строгий режим и типизированные массивы JavaScript, API для непосредственного рисования (canvas) и другие продвинутые возможности HTML5, могут составить серьезную конкуренцию таким технологиям как SilverLight (Microsoft) и Adobe Flash, особенно, при программировании планшетных компьютеров и других интеллектуальных устройств.

Список литературы

1. Флэнаган Д. JavaScript. Подробное руководство : пер. с англ. / Д. Флэнаган – СПб. : Символ_Плюс, 2008. – 992 с.
2. Web Workers : [Электронный ресурс] . - <http://dev.w3.org/html5/workers/>.
3. Лонсон Б. Изучаем HTML5. Библиотека специалиста / Б. Лонсон, Р. Шарп. – СПб. : Питер, 2011. – 272 с.
4. Щербаков Е. В. Особенности объектно-ориентированного программирования в языке JavaScript / Е. В. Щербаков, М. Е. Щербакова // Вісник СНУ ім. В.Даля №10(164). – 2011. - ч.2. - С. 229-234.
5. Щербаков Є.В. Діалогові засоби системного програмування : навч. посіб. / Є.В Щербаков., М. Є. Щербакова, І. С. Скарга-Бандурова. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2010. – 408 с.

О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук

РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ КЕРУВАННЯ НА НИЖНЬОМУ РІВНІ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ АЕРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛІЗУ

Запропонована структурна схема керування виконавчими пристроями нижнього рівня системи автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу. Для реалізації керування в алгоритмі програмного забезпечення запропоновано використати рівняння для визначення часу ходу виконавчого пристрою.

Огляд літератури. Проблема науково-обґрунтованого підходу при проектуванні систем автоматизації керування (САК), впровадження методів і алгоритмів керування процесом аерозольного нанокаталізу є на даному етапі досить актуальною задачею в зв'язку з високими темпами накопичення промислових відходів хімічних виробництв [1].

Актуальність питання викликана тим фактором, що хімічні сполуки, які утворюються в результаті промислової діяльності, негативно впливають на стан екологічної безпеки і здоров'я людини.

Дослідження теоретичних основ процесів хімічної технології, широке застосування програмно-технічних засобів (ПТЗ) створюють умови для переходу на якісно нові методи аналізу та проектування САК складними хіміко-технологічними процесами. При цьому зменшуються витрати на створення проміжних, дослідно-конструкторських установок, збільшується надійність та екологічна безпека проектних рішень.

Постановка задачі. Особливістю сучасних процесів хімічної технології є велика швидкість протікання реакцій при високих температурах та їх складність, що насамперед полягає у нелінійній залежності між вхідними і вихідними параметрами. Виникає необхідність розроблення ефективних методів керування виконавчими пристроями нижнього рівня САК. Для реалізації функцій САК на нижньому рівні процесом аерозольного нанокаталізу необхідно скористатись відповідними статичними та динамічними математичними моделями підсистем процесу [2].

Рішення задачі. Аналіз функцій САК аерозольного нанокаталізу та ПТЗ для їх реалізації показав, що для виконання необхідних вимог (якість керування, точність та ін.) необхідні відповідні ПТЗ, що застосовуються в САК. ПТЗ можуть групуватися в різні системи керування, які отримали термін програмно-технічні комплекси (ПТК). ПТК займають в структурі САК технологічними процесами (ТП) суттєве місце. ПТК, що утворюють САК ТП, поділяються на два рівні ієрархії – верхній та нижній.

На нижньому рівні ієрархії виконуються задачі централізованого контролю та безпосередньо керування процесом. При цьому реалізуються інформаційні функції ПТК, метою яких є збір інформації з датчиків, фільтрація перешкод, визначення достовірності значень величин на основі показів датчиків, виявлення відхилень технологічних параметрів від установлених регламентних значень, контроль та прогнозування аварійних ситуацій.

САК процесом аерозольного нанокаталізу можна представити як ПТК, що об'єднує вимірювальні датчики, виконавчі пристрої, механізми, ПЛК нижнього рівня ієрархії з робочою станцією верхнього рівня і далі з рівнем керування

підприємством. Метою функціонування САК є забезпечення ефективного керування шляхом відповідного вибору керуючих дій.

Основним інструментом для вирішення проблем керування є САК, які забезпечують автоматизований збір і обробку інформації, необхідної для керування.

Під терміном процес, що керується, визначають процес, для якого визначені вхідні впливи, встановлені залежності між вхідними та вихідними параметрами об'єкту керування, реалізовано автоматичну зміну вхідних параметрів і керування.

В залежності від функціонального призначення САК задачі керування можуть формулюватись по-різному. Найбільш поширеною є задача стабілізації, коли потрібно з заданою точністю підтримувати постійними визначені параметри процесу. Функція людини в таких САК зводиться до завдання величин параметрів, що підтримуються на заданому рівні.

Задача автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу сформульована наступним чином: по отриманим даним про стан об'єкту керування реалізувати таку послідовність керуючих впливів, щоб функціонування САК, схему якої наведено на рис.1, забезпечило задовільну якість процесу за деяким узагальненим критерієм [3].



Рис. 1. Загальна схема системи автоматизації керування

В більш складних ситуаціях, дослідження трендів параметрів процесу може бути враховано для ускладнення закону регулювання з метою підвищення якості (зменшення нестабільності параметру, що контролюється) або економічної ефективності (зменшення витрат теплоносія з метою зменшення плати за енергоресурси). Найбільш складною є задача програмного керування. В цьому випадку величина, що регулюється змінюється по заданому закону (програмне керування з автоматичною зміною уставки).

Якість керування залежить від кількості параметрів збурення і від того, наскільки повно вони враховуються в законі керування.

Реалізацію функцій нижнього рівня забезпечують ПЛК, які входять до складу технологічної мережі і виконують функції вводу інформації з аналогових і дискретних вхідних каналів, первинну обробку прийнятої інформації (фільтрацію, лінеаризацію, масштабування, перетворення в фізичні величини сигналів, контроль на достовірність, реєстрацію подій), функції керування (цифрове ПІД-регулювання, керування виконавчими пристроями, інтелектуальне керування),

функції технологічного захисту і блокування.

Гнучкість ПЛК полягає в можливості застосування під конкретні задачі широкої номенклатури аналогово-цифрових перетворювачів, модулів формування дискретних сигналів (МФДС), модулів вводу дискретних сигналів (МВДС) та ін.

Суттєву увагу при проектуванні САК приділяють зменшенню впливу перешкод промислової частоти. Для цього канали вводу аналогових сигналів виконуються з гальванічною розв'язкою (малогабаритні трансформатори, оптрони), для запобігання виходу зі строю вузлів ПЛК. Сучасні канали з гальванічною розв'язкою забезпечують захист від електростатичної напруги до ± 15 кВ.

В ПЛК джерелом дискретних сигналів є різноманітні датчики положення ("Відкрито" – "Закрито"), датчики досягнення граничних значень (температура, тиск, рівень і ін.), сигнали, що характеризують режими роботи або інформують про початок визначеної дії.

Важливий критерій, який стараються мінімізувати при обробці сигналів нижнього рівня – додаткова похибка, що вноситься при обробці аналогових сигналів, яка в сучасних ПЛК не перевищує 0,1 % – 0,15 %.

До керуючих функцій відносять дистанційне керування, автоматичне регулювання, технологічні блокування. Дистанційне керування здійснюється для реалізації команд оператора-технолога. Автоматичне цифрове керування здійснюється як за стандартними законами регулювання (П, ПІ, ПІД) з необхідним перетворенням вхідної і вихідної інформації, яке здійснюється засобами САК, так і за алгоритмами, розробленими при створенні САК.

В даний час існують сотні моделей ПЛК, які випускаються як закордонними фірмами - Fastwell, MicroPC (фірма Octagon Systems), Advantech (фірма Advantech), Fanuc (фірма General Electric Fanuc Automation), Simatic S-7 (фірма Siemens), Modicon (фірма Schneider), Omron та інші, так і українськими - МСКУ (ПрАТ „НВО „Імпульс” м. Северодонецьк), "Уніконт" (ТОВ „НВП "Уніконт" м. Северодонецьк) та ін.

При проектуванні і розробці САК разом з правильним вибором ПТЗ, мережевого обладнання, програмних протоколів керування мережею велике значення має і розподілення програмних модулів між робочою станцією та ПЛК. При коректному розподіленні задач можна збільшити продуктивність САК, зменшити час реакції на події.

Структурну схему реалізації керування виконавчими пристроями наведено на рис. 2.

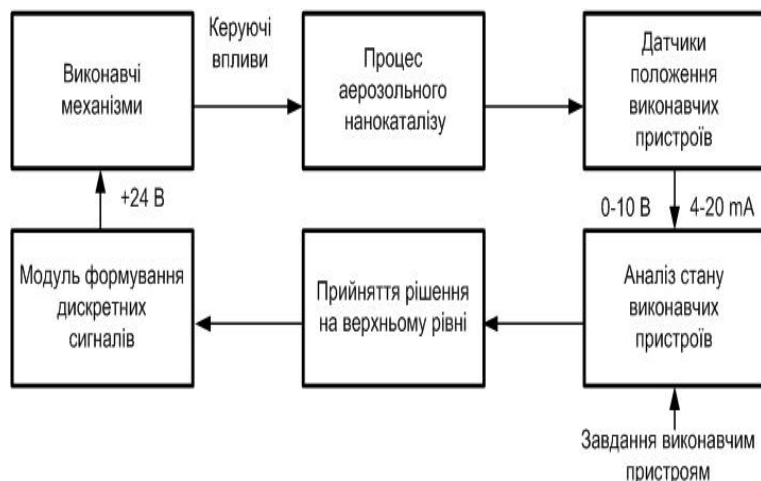


Рис. 2. Структурна схема керування виконавчими пристроями

Для керування виконавчими пристроями процесу аерозольного нанокаталізу в підсистемах подачі реагентів та вібрації використовуються дискретні імпульсні сигнали, які видає модуль формування дискретних сигналів ПЛК.

В ПЛК джерелом дискретних сигналів є різноманітні датчики положення ("Відкрито" – "Закрито"), датчики досягнення граничних значень, сигнали, що характеризують режими роботи та інформують про початок або кінець визначеної дії.

З метою діагностики роботи виконавчих пристроїв підсистеми реагентів розроблено програмний імітатор роботи крану.

Для реалізації керування в алгоритмі програмного забезпечення імітатора запропоновано використати константу ходу виконавчого пристрою. Час ходу виконавчого пристрою визначається по формулі:

$$Чх = Kx \cdot Tc, \quad (1)$$

де $Чх$ – час ходу виконавчого пристрою;
 Kx - константа ходу ($Kx=20$ мс);
 Tc – такт системи ($Tc=200$ мс).

Для визначення керуючого впливу для кранів подачі реагентів необхідно скористатись рівнянням

$$F_{пов} = \frac{F_{ДХЕ}}{k_1 \cdot \lambda}, \quad (2)$$

де $F_{пов}$ - витрати повітря (г/год);
 $F_{ДХЕ}$ - витрати ДХЕ (г/год);
 K_1 - коефіцієнт наявності кисню в повітрі ($K_1=0,2095$);
 λ – коефіцієнт стехіометричного відношення ($\lambda=1,0248$).

Для кожного виконавчого пристрою розроблена мнемосхема керування, яка включає наступні елементи та виконавчі органи:

1. Найменування та номер крану.
2. Можливість установки режимом керування краном ("Автомат"/"Дистанція") з індикацією стану режиму "Автомат" – А, "Дистанція" – Д.

В режимі А кран керується програмним алгоритмом. В такому режимі він недоступний оператору.

3) Відображення стану крану: "Відкрито", "Закрито", "Несправний". Відкритий стан крану відображається на мнемосхемі трикутником зеленого кольору, закритий – трикутником червоного кольору, несправний – трикутником фіолетового кольору. Керування виконавчими механізмами здійснюється як за допомогою повзунків, так і при введенні значень у відповідні поля графічного зображення кранів. При завданні параметрів на відкриття крану подачі реагенту автоматично обчислюється параметр керуючого впливу, а також процент відкриття крану, що подає повітря в реактор.

Фрагменти мнемосхем керування виконавчими пристроями та паспорт цифрового ПІД-регулятора представлено на рис. 3.

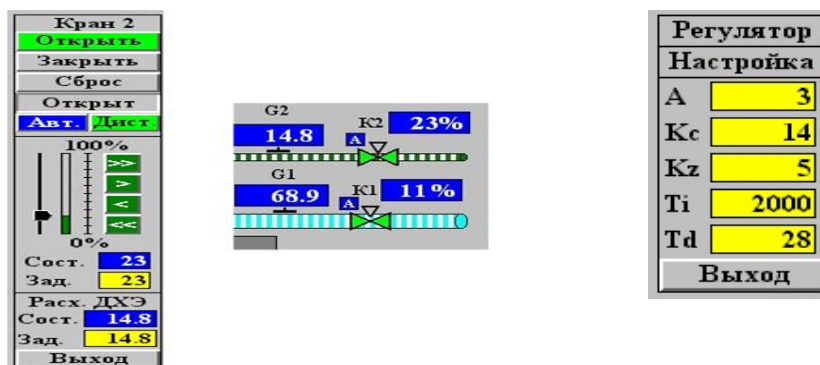


Рис. 3. Фрагменти мнемосхем керування виконавчими пристроями та паспорт цифрового ПІД-регулятора

Виклик паспорта, з метою запобігання зміни режиму його роботи, здійснюється введенням паролю. Початковий пароль паспорту 0000. Для динамічного налаштування оператором є можливість змінити наступні параметри паспорту:

- а) T_i - час інтегрування;
- б) T_d - час диференціювання;
- в) K_p - коефіцієнт пропорційності (відношення K_c / K_z);
- д) A - зона нечутливості.

Висновки. Для досягнення глобальної мети автоматизації керування – максимального питомого виходу продуктів при відсутності молекулярного хлору у вихідних продуктах – запропонована структурна схема автоматизації керування виконавчими пристроями на нижньому рівні системи автоматизації дворівневої ієрархічної системи автоматизації керування, в якій ПЛК координується робочою станцією, що задає робочі режими та ліквідує вплив факторів збурення.

Розроблене програмне забезпечення та методи керування дозволили реалізувати видачу керуючих впливів для виконавчих механізмів 24 В в такті не більше 200 мс з похибкою виміру параметрів 0,1%.

Список літератури

1. Рязанцев О. І. Система автоматизації керування технологічним процесом аерозольного нанокаталізу у віброзрідженому шарі / О. І. Рязанцев, В. С. Кардашук

// Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжя: Вид-во ЗНТУ. – 2010. – № 1(22). – С. 164 – 172.

2. Рязанцев О. І. Побудова математичної моделі технологічного процесу аерозольного нанокаталізу у віброзріженому шарі для організації керування / О. І. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2009. – № 6(136). – Ч.1. – С. 274 – 279.
3. Рязанцев О. І. Математичне моделювання процесу аерозольного нанокаталізу / О. І. Рязанцев, В. С. Кардашук // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля. – Луганськ, 2011. – № 10(2). – Ч.2. – С. 142 – 149.

УДК 681.325.65

Е.П.Герасименко

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Данная статья посвящена разработке технологии компьютерного анализа зависимости волнового сопротивления полосковых линий, являющихся составной частью высокочастотных многослойных печатных плат РЭА, с использованием модернизированного программного модуля Signal Integrity, смонтированного в САПР P-CAD и Altium Designer. Рис.3, табл.4, ист.5.

Постановка задачи. С ростом тактовой частоты цифровых схем и линий передачи информации все более важной для разработчиков становится проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) различных устройств радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), построенной с использованием полосковых линий различных конструкций. ЭМС – научно - техническое направление разработки РЭА, позволяющее создавать аппаратуру с заданным уровнем помех не превышающих допустимых [1].

Полосковая линия представляет собой сигнальный проводник, расположенный между двумя, как правило, заземленными экранами (см. рис. 1). Полосковые линии являются основным конструктивным элементом многослойных печатных плат (МПП) РЭА сверхвысокого быстродействия. С точки зрения электротехники, полосковая линия представляет собой цепь с распределенными параметрами, основным параметром которой является волновое сопротивление.

Волновое сопротивление линий передачи сигналов – отношение амплитуды напряжения бегущей волны к амплитуде силы тока бегущей волны в линии, по которой распространяется бегущая волна. Волновое сопротивление однозначно зависит от таких параметров линии, как емкость, индуктивность, сопротивление, относительная диэлектрическая проницаемость материала печатной платы. Волновое сопротивление не зависит от длины линии.

Одной из важных задач, решаемых в процессе анализа ЭМС РЭА, является проблема расчета основных параметров МПП с целью обеспечения заданных уровней волновых сопротивлений отдельных цепей.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам анализа волнового сопротивления и его зависимости от параметров МПП посвящен ряд работ [2,3]. Большинство современных САПР печатных плат поставляются со встроенными программами, позволяющими проектировать топологию полосковых линий с заданными параметрами. В качестве примера можно назвать такие программы, как AppCAD, CITS25, TXLine, Polar Instruments, Allegro, Signall Integrity[4]. Наибольший практический интерес представляет программный модуль **Signal Integrity (SI)**, вмонтированный в САПР **P-CAD** и **Altium Designer (Protel)** сквозного проектирования МПП [5]. Это объясняется тем обстоятельством, что программный модуль **SI** располагает более полным объемом процедур для решения задач ЭМС. Программный модуль **SI** включает расчет волновых сопротивлений с помощью программ анализа электромагнитных полей, моделирование переходных процессов электрически длинных линий (ЭДЛ), согласование ЭДЛ с источником и приемником сигналов, моделирование процесса взаимных наводок и другие процедуры. Кроме того, модуль **SI** вмонтирован в сквозные современные системы проектирования МПП, поэтому обеспечивается интерфейс данных между модулем **SI** и другими этапами проектирования МПП.

Цель работы. Целью настоящей статьи является разработка технологии компьютерного анализа волнового сопротивления полосковых линий, входящих в различные конструкции высокочастотных МПП, с использованием модернизированного программного модуля **SI**, вмонтированного в САПР **P-CAD** и **Altium Designer**.

Классификация полосковых линий. Широкое применение в РЭА полосковых линий объясняется высоким технологическим совершенством (при их проектировании и изготовлении используется технология многослойных печатных плат), большим диапазоном варьирования параметров различных типов, возможностью создания новых СВЧ - устройств и их миниатюризации.

Волновое сопротивление полосковых линий (линий передачи сигналов) зависит от следующих параметров печатного монтажа:

- класса (вида) волнового сопротивления;
- конструкции печатной платы (сигнальные и потенциальные слои, их взаимное расположение, параметры);
- частотных свойств материала печатной платы;
- конфигурации печатного проводника (однородные и неоднородные полосковые линии).

Следует обратить внимание на следующие виды волновых сопротивлений, которые наиболее часто используются при разработке топологии РЭА[3].

1. Простое волновое сопротивление (рис.1) образуется благодаря взаимодействию одиночного сигнального печатного проводника и одного или двух потенциальных слоев (планов) земли (питания).

2. Дифференциальное волновое сопротивление образуется благодаря взаимодействию противоположных (инверсных) сигналов в двух параллельно расположенных сигнальных печатных проводниках, которые могут взаимодействовать с одним или двумя потенциальными слоями (планами) земли (питания).

3. Компланарное волновое сопротивление образуется благодаря одному печатному проводнику, окруженному находящимися под потенциалом проводниками или полигонами. Сигнал и потенциал могут взаимодействовать также с одним или двумя потенциальными слоями (планами) земли (питания).

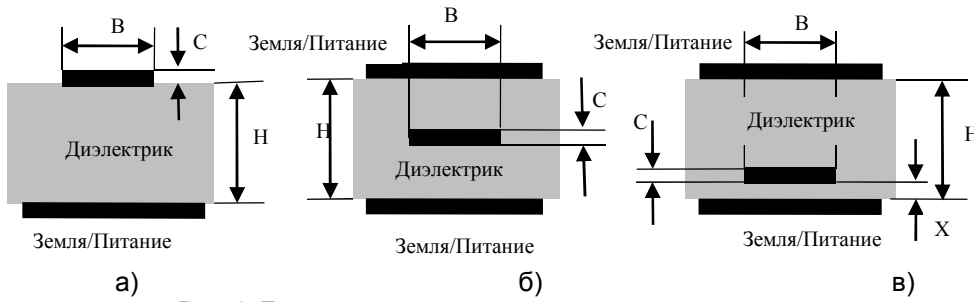


Рис. 1. Полосковые линии передачи широкого применения:
 а – поверхностная микрополосковая линия (модель **MPL**);
 б – симметричная полосковая линия (модель **SPL**);
 в – несимметричная полосковая линия (модель **NSPL**)

Расчет волновых сопротивлений полосковых линий. Волновое сопротивление в конструкциях полосковых линий, представленных на рис.1, возникает благодаря взаимодействию одиночного сигнального проводника и одного или двух потенциальных слоев (планов) земли (питания). Величина волнового сопротивления определяется конструктивными параметрами печатной платы (рис.1), где

- B** – ширина сигнального проводника, мм;
- H** – толщина диэлектрика, мм;
- C** – толщина слоя металлизации, мм;
- ε** – относительная диэлектрическая проницаемость;
- X** – расстояние от потенциального слоя земли (питания) до слоя сигнального проводника, мм.

Таблица 1

Таблица зависимости волнового сопротивления от ширины проводника

B, мм	SPL	MPL	H, мм	ε	C, мм
	Z, Ом	Z, Ом			
0,1	61,66	117,80	0,5	4,5	0,035
0,15	53,58	105,72			
0,2	47,60	96,91			
0,3	39,11	84,26			
0,5	28,92	68,16			

Таблица 2

Таблица зависимости волнового сопротивления от толщины диэлектрика

H, мм	SPL	MPL	B, мм	ε	C, мм
	Z, Ом	Z, Ом			
0,1	34,11	45,04	0,2	4,5	0,035
0,2	44,66	65,85			
0,3	49,75	79,27			
0,4	52,65	89,12			
0,5	54,47	96,91			

Таблица 3

Таблица зависимости волнового сопротивления от относительной диэлектрической проницаемости

ε	SPL	MPL	B, мм	H, мм	C, мм
	Z, Ом	Z, Ом			
3,0	53,73	93,44	0,2	0,3	0,035
5,0	48,53	75,82			
7,0	44,62	65,52			
10,0	40,22	55,80			
15,0	35,13	46,23			

Таблица 4

Таблица зависимости волнового сопротивления от изменения смещения (параметр X) сигнального проводника

X, мм	Z(X), Ом	H-X, мм	Z(H-X), Ом	Z, Ом	B, мм	ε	C, мм
0,1	34,11	0,4	52,65	41,4			
0,15	40,47	0,35	51,38	45,27			
0,2	44,46	0,3	49,75	47,06			
0,25	47,60	0,25	47,60	47,60			

Расчет волновых сопротивлений выполняется с использованием программного модуля **Signal Integrity** (табл.1-4), а графики волнового сопротивления (рис.2) построены с использованием программы **Excel**.

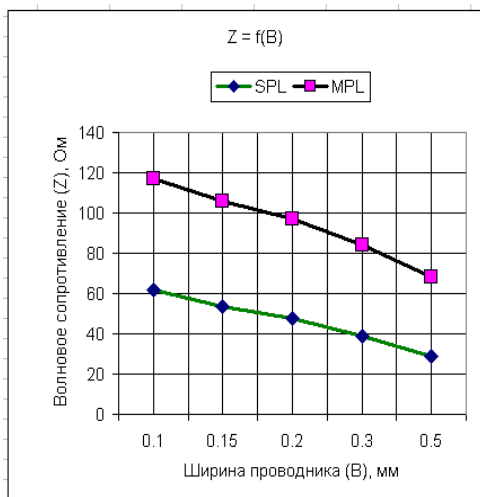
Эти таблицы и графики позволяют проследить тенденцию изменения волнового сопротивления полосковых линий:

- при увеличении ширины печатного проводника волновое сопротивление уменьшается (рис.2а, табл.1);

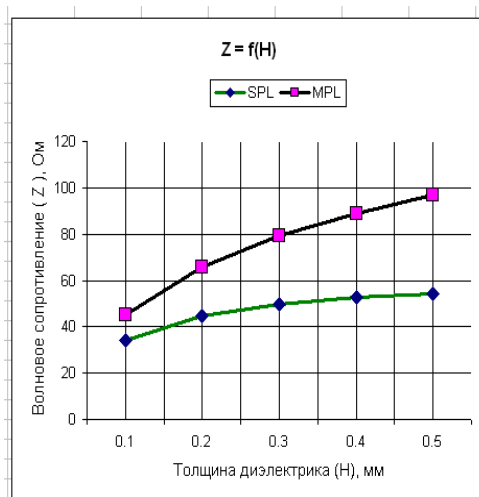
- при увеличении толщины диэлектрика волновое сопротивление повышается (рис.2б, табл.2);

- при увеличении относительной диэлектрической проницаемости волновое сопротивление уменьшается (рис.2в, табл.3);

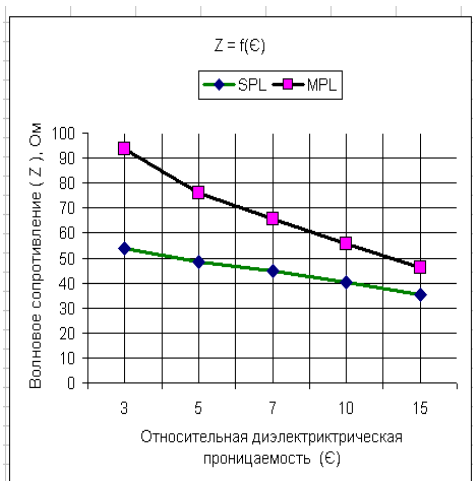
- характер проявления волнового сопротивления для несимметричной полосковой линии в зависимости от изменения смещения (параметр X) сигнального проводника (рис. 2г, табл.4).



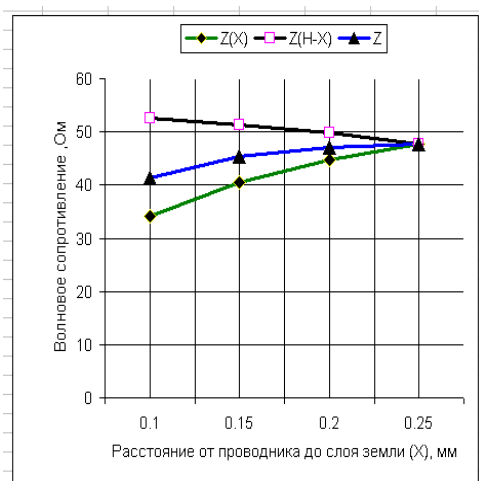
а)



б)



в)



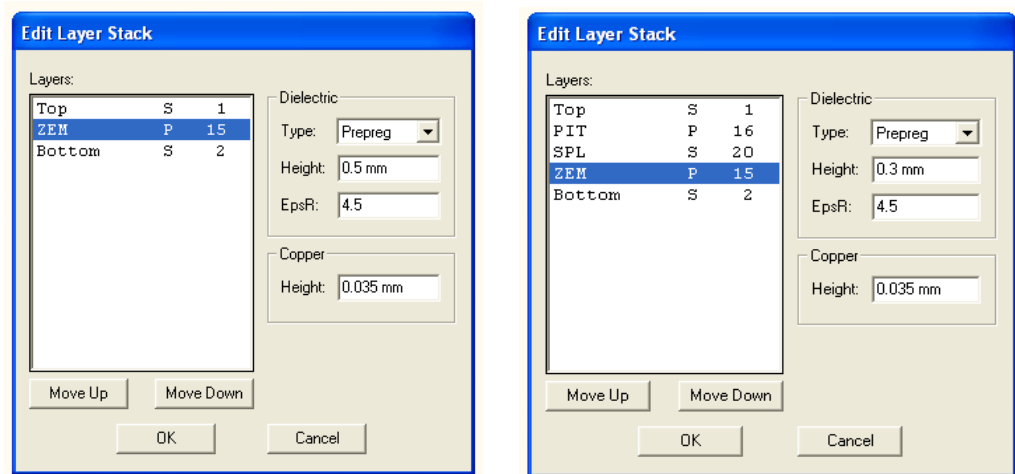
г)

Рис.2. Графики зависимости волнового сопротивления от параметров печатного монтажа:

- а - от ширины проводника (B);
- б - от толщины диэлектрика (H);
- в - от относительной диэлектрической проницаемости (ϵ);
- г - от параметра X для несимметричных полосковых линий.

Программный модуль **Signal Integrity** запускается командой (**Utils>Signal Integrity**) из редактора **PCB** печатных плат, в который предварительно введено описание топологии (файл *.рсв). Список цепей печатной платы и их топология автоматически загружается в модуль **SI**.

Одновременно со списком цепей в модуль **SI** загружается информация о стеке слоев печатной платы в точном соответствии с установками, сделанными в окне **Options Layer** редактора платы. При необходимости можно изменить эти установки в окне **Edit Layer Stack** (рис.3). Кроме того, в этом окне можно задать:



а) б)
 Рис.3. Описание моделей полосковых линий:
 а – модель поверхностной полосковой линии (MPL);
 б – модель симметричной полосковой линии (SPL).

- тип диэлектрика: Prepreg. – препреговый, эластичный, заполняющий зазоры до прилегающего слоя металлизации;
- последовательность расположения слоев МПП и информацию о типе слоя (S – сигнальный, P – потенциальный или экранный) и номере слоя;
- толщину диэлектрика (Height);
- относительную диэлектрическую проницаемость материала печатной платы (EpsR).

На рис.3а – представлено описание модели поверхностной полосковой линии (MPL), а на рис.3б – модели симметричной полосковой линии (SPL). Несимметричную полосковую линию можно представить двумя симметричными моделями, отличающимися одна от другой только одним параметром – толщиной диэлектрика. В одной модели толщина диэлектрика равна X, а в другой модели толщина диэлектрика равна H – X (рис.1в).

Выводы. 1. При приближении сигнального проводника к потенциальному слою волновое сопротивление поверхностной полосковой линии снижается (рис.2б), а при удалении сигнального проводника от потенциального слоя волновое сопротивление поверхностной полосковой линии возрастает.

С несимметричными полосковыми линиями (рис.1в) обстоятельства складываются сложнее, так как нужно учитывать расстояние от сигнального проводника, как до верхнего, так и до нижнего потенциального слоя. Тот из потенциальных слоев, который находится ближе к сигнальному проводнику, оказывает наибольшее влияние на волновое сопротивление линии. Если сигнальный проводник находится посередине между потенциальными слоями (рис.1б), то оба они оказывают одинаковое влияние.

2. При расширении сигнального проводника волновое сопротивление всех типов полосковых линий широкого применения снижается (рис.2а), а при сужении сигнального проводника волновое сопротивление возрастает.

3. При увеличении относительной диэлектрической проницаемости диэлектрика, отделяющего сигнальный проводник от потенциального слоя, волновое сопротивление всех типов полосковых линий снижается (рис.2в).

4. Отработана технология решения задачи, обратной, задаче расчета волнового сопротивления: определение структуры МПП и ее параметров для достижения требуемой величины волнового сопротивления.

5. Рассмотренные в статье методы проектирования высокочастотных многослойных печатных плат с реализацией высокочастотных цепей на отдельных слоях в виде симметричных и несимметричных полосковых линий апробированы в учебно–исследовательской САПР РЭА(ТИ ВНУ, г. Северодонецк) с использованием программного модуля **Signal Integrity**.

Результаты исследования используются студентами при проведении лабораторных работ и выполнении дипломных проектов высокочастотных устройств РЭА.

6. Дальнейшее развитие работ по тематике компьютерного анализа электромагнитной совместимости РЭА предполагается вести в направлении разработки методов проектирования дифференциальных полосковых линий МПП.

Список литературы

1. Князев А.Д. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости. / Князев А.Д., Кечиев Л.Н., Петров Б.В. - М.: Радио и связь, 1989,-224 с.
2. Садовский Н.В. Разработка, исследование и практическое применение математических моделей полосковых линий на основе расчета электромагнитного поля методом статистических испытаний. Диссертация канд. техн. наук: 05.12.07/ Садовский Николай Владимирович. – М., 1984. - 255 с.
3. Акулин А.Д. Волновое сопротивление и многослойные печатные платы.– Режим доступа к журн. : (www.chip-news.ru).
4. Signal Integrity – система анализа электромагнитной совместимости многослойных топологий – Режим доступа к журн. : (www.tektronix.com/signal integrity).
5. Анализ целостности сигналов в системе Protel 99 SE – Режим доступа к журн. : ([www.Eurointech.ru/ index.sema.htm](http://www.Eurointech.ru/index.sema.htm)).

УДК 681.58

Д.А. Недзельский, В.Я. Сидоренко

АРХИТЕКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ

Рассмотрены структурные и архитектурные особенности современных микроконтроллеров для встраиваемых систем. Приведены преимущества архитектур фирмы ARM, в т.ч. Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4. (Рисунков 1, таблиц 3, источников 3).

Встраиваемая система — это специализированная компьютерная система управления, которая встроена непосредственно в устройство (прибор, технологический объект) и является его неотъемлемой частью. Встраиваемые системы собирают необходимые данные о работе объектов, обрабатывают эти

данные в соответствии с имеющейся программой, выдают необходимые управляющие воздействия или какую-то информацию.

Использование компьютерных систем управления в изделиях промышленного и культурно-бытового назначения не только приводит к повышению технико-экономических показателей изделий (стоимости, надежности, потребляемой мощности, габаритных размеров) и позволяет многократно сократить сроки разработки и отодвинуть сроки "морального старения" изделий, но и придает им принципиально новые потребительские качества (расширенные функциональные возможности, модифицируемость, адаптивность и т.д.).

В связи со снижением стоимости и уровня энергопотребления встраиваемых систем, они используются для выполнения все более сложных задач.

Особенности МК встраиваемых систем

Рассмотрев различные устройства, которыми должны управлять встроенные компьютерные системы, можно сделать следующие выводы:

многие встроенные компьютерные системы работают в реальном времени;

для значительной части устройств необходимы:

большая производительность. Это обусловлено, как необходимостью работы в реальном времени, так и сложными алгоритмами обработки информации;

значительные объемы памяти для хранения программ и данных;

разнообразные интерфейсы для приема информации из внешнего мира, а также для выдачи информации и управляющих воздействий во внешний мир;

обширный набор периферийных устройств;

часть устройств должна работать от батарейного питания, а это означает, что встроенная система управления должна мало потреблять;

зачастую встроенная система должна иметь минимально возможную стоимость;

вся встроенная система управления должна быть как можно меньшей. В идеале вся встроенная система управления должна быть реализована в одной микросхеме.

Типы МК

Существует огромное количество типов МК, отличающихся архитектурой процессорного модуля (ядра), размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д.

По архитектуре ядра различают:

8-разрядные МК;

16-разрядные МК;

32-разрядные МК.

Структурные особенности МК

Процессорные ядра лучших современных МК построены по так называемой гарвардской структуре. Они имеют:

раздельные памяти программ и данных;

индивидуальные шины для обращения в память программ, данных, к периферийным устройствам;

память программ реализована с использованием Flash-памяти;

обширный набор периферии:
универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод;
различные интерфейсы ввода-вывода, такие как UART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;
компараторы;
широотно-импульсные модуляторы;
таймеры;
контроллеры дисплеев и клавиатур;
радиочастотные приемники и передатчики;
встроенный тактовый генератор и сторожевой таймер;
контроллер прямого доступа к памяти и др.

Современные архитектуры МК

Архитектура ARM

В настоящее время архитектура ARM занимает лидирующие позиции и охватывает свыше 75% рынка 32-разрядных встраиваемых RISC-микроконтроллеров. Фактически можно говорить об архитектуре ARM как о промышленном стандарте. Распространённость ядра предоставляет возможность разработчику более гибко использовать свои и сторонние программные наработки, как при переходе на новое процессорное ARM-ядро, так и при «миграциях» между разными типами ARM-МК.

Хотя в своей основе ядро ARM отталкивается от идеологии RISC-архитектуры (ограниченный набор команд, очередь выборки инструкций, активное использование регистров и ограниченный доступ к памяти), оно не является «чистым» представителем архитектуры RISC. Не все команды архитектуры ARM выполняются за один цикл. Например, есть инструкции, позволяющие переслать между памятью и регистрами 16 слов по 32 разряда. Поскольку подобные операции активно используются компиляторами при каждом вызове и возврате из процедур, введение таких команд существенно ускоряет работу программы и минимизируют размер программ.

В состав системы команд входят также команды обращения к аппаратному сопроцессору. Это позволяет разработчикам МК на базе архитектуры ARM расширять возможности базовой архитектуры, добавляя свои сопроцессоры в случае необходимости. Дополнительно к ARM-архитектуре могут интегрироваться несколько расширений:

- Thumb - 16-разрядный набор инструкций, улучшающий эффективность использования памяти программ;
- DSP - набор арифметических инструкций для цифровой обработки сигналов;
- Jazelle - расширение для аппаратного непосредственного исполнения Java-инструкций;
- Media - расширение для 2...4-кратного увеличения скорости обработки аудио- и видеосигналов.

Набор инструкций Thumb

Первоначальная система команд ARM содержала только 32-разрядные команды. Однако для систем, критичных к стоимости и объёму памяти программ,

к которым относятся практически все встраиваемые системы реального времени, большая длина команд оказалась «узким местом», ограничивающим распространение архитектуры.

В 1995 г. система команд ARM дополнилась новым набором 16-разрядных команд, получившим название Thumb. Из всего набора команд ARM были отобраны наиболее употребительные команды и преобразованы в 16-разрядный формат. При выборке такой команды процессор ARM с помощью простого аппаратного дешифратора восстанавливает истинный 32-разрядный код команды, который и выполняется процессором. Таким образом, стандартное 32-разрядное ядро без каких-либо переделок получило возможность работы с 16-разрядными командами.

При разработке Thumb пришлось пожертвовать некоторыми командами, было уменьшено количество доступных регистров, режимов адресации, ограничен доступ к некоторым системным ресурсам (регистрам состояния, сопроцессорам). Однако при необходимости процессор может легко сменить режим выбора команд, переходя из режима Thumb в режим ARM и обратно. Имея это в виду, разработчик может гибко управлять поведением своей программы, используя наиболее эффективный для каждого случая набор команд: для снижения необходимого объема памяти от 35 до 50% можно использовать режим Thumb, для достижения максимальной производительности - режим ARM.

Технология SIMD

Технология SIMD (несколько данных в одной команде) используется в media-расширениях и нацелена на увеличение скорости обработки данных в приложениях, где требуется малое энергопотребление. SIMD-расширения оптимизированы под широкий диапазон программного обеспечения, в том числе под аудио/видеокодеки, где эти технологии позволяют увеличить быстродействие обработки в 4 раза.

Набор инструкций DSP

Многие приложения предъявляют повышенные требования по быстродействию реально-временной обработки сигналов. Традиционно в таких ситуациях разработчики прибегают к использованию цифрового сигнального процессора (DSP), что увеличивает энергопотребление и стоимость как самой разработки, так и конечного устройства. Для устранения этих недостатков в ряд ARM-процессоров интегрированы команды DSP, выполняющие 16- и 32-разрядные арифметические операции.

Технология Jazelle

Технология ARM Jazelle позволяет ядру выполнять Java-код на аппаратном уровне. При этом достигается высокое быстродействие исполнения Java-программ. Таким образом, разработчики имеют возможность свободно реализовывать Java-приложения, в том числе операционные системы и прикладные программы, на одном процессоре.

Традиционные ARM-процессоры поддерживают два набора команд. В режиме ARM поддерживаются 32-разрядные команды, а в режиме Thumb наиболее популярные команды сжимаются до 16-разрядного формата. Технология Jazelle расширяет эту концепцию, добавляя третий набор команд - Java, который активизируется в новом Java-режиме.

Векторный контроллер прерываний

Для систем реального времени в состав МК вводится дополнительный аппаратный модуль, называемый векторным контроллером прерываний, который обеспечивает переход на адрес обработки прерывания одного из 32 источников прерывания с помощью единственной команды перехода.

Смысл его работы сводится к тому, что в состав контроллера входят 32 регистра адреса, в которые предварительно записываются адреса подпрограмм обработки для каждого из 32 возможных источников прерывания. При возникновении прерывания ядро ARM вызывает передачу управления на адрес, соответствующий внешнему прерыванию. По этому адресу располагается команда, которая считывает данные из контроллера прерываний, а контроллер в этот момент подставляет значение именно того регистра адреса, который соответствует возникшему прерыванию. Таким образом, микроконтроллер переходит сразу на программу обработки нужного прерывания, не используя ни единой дополнительной инструкции.

Оптимизация доступа к портам ввода-вывода

Характерной задачей встраиваемых систем является манипулирование разрядами на портах ввода-вывода. Процедура изменения разряда обычно подразумевает чтение всего слова, наложение разрядной маски и запись нового значения слова обратно в порт. В RISC-процессорах такая операция производится одной командой, выполняющей неразрывный цикл «чтение-модификация-запись».

В архитектуре ARM нет команд, обеспечивающих такой цикл при обращении к памяти, поэтому для повышения эффективности работы с портами в ARM-МК каждый порт представлен в виде двух виртуальных регистров, один из которых служит только для установки разрядов, а другой - только для их сброса. В результате отпадает необходимость в предварительном чтении порта, запрете прерываний и вся процедура модификации разряда выполняется одной инструкцией.

Архитектура Cortex

Архитектура Cortex - это развитие версии ARMv7 архитектуры ARM. Процессоры с архитектурой Cortex выпускаются в различных прикладных профилях. Существует три профиля:

Cortex-A (Application) - прикладные процессоры, ориентированные на высокопроизводительные применения, в нее входят ядра A5, A8 и A9, A15 и их дальнейшие варианты. Поддерживают наборы команд ARM, Thumb и Thumb-2.

Cortex-R (Real Time) - для приложений, работающих в реальном времени. В эту группу входит всего одно ядро R4. Поддерживают наборы команд ARM, Thumb и Thumb-2.

Cortex-M - микроконтроллерный профиль, оптимизированный под требования, где одновременно необходимы низкая стоимость, высокая 32-разрядная производительность и малое энергопотребление. В него входят ядра Cortex-M0 и Cortex-M1, разработанное специально для использования в микросхемах программируемой логики, Cortex-M3, Cortex-M4. Поддерживает только набор команд Thumb-2.

Особенности архитектуры Cortex

Распределение памяти

Адресное пространство для программиста линейное размером 4 Гбайт. В МК, выполненных на основе архитектуры Cortex, используется стандартное распределение памяти.

Регистровый файл образуют шестнадцать 32-разрядных регистров. Регистры R0-R12 - обычные регистры, которые могут использоваться для хранения программных переменных. У регистров R13-R15 имеются особые функции в рамках ядра Cortex:

регистр R13 - указатель стека; регистр R14 - регистр связи; регистр R15 - счетчик программы.

Режимы работы

Процессор Cortex поддерживает два режима работы: режим Thread (или потоковый режим) и режим Handler (или режим обработчика). Ядро запускается в режиме Thread при непрерываемом, фоновом выполнении команд и переключается в режим Handler при обработке исключительных ситуаций. Кроме того, ядро Cortex может выполнять программы в привилегированном или непривилегированном режиме.

В привилегированном режиме ядро имеет доступ ко всему набору команд, а в непривилегированном режиме некоторые команды отключаются (например, команды MRS и MSR, осуществляющие доступ к регистру xPSR и его разрядным группам). В этом режиме также отключается доступ к большинству регистров управления системными ресурсами процессора Cortex. Также можно сконфигурировать использование стека. Основной стек (R13) может использоваться в обоих режимах Thread и Handler. Альтернативно режим Handler можно настроить на использование стека процесса (альтернативный регистр R13).

Набор команд Thumb-2

Набор команд ARM Thumb-2 представляет собой смесь 16- и 32-разрядных команд, позволяющий добиться производительности 32-разрядного набора команд ARM и плотности программ, свойственной 16-разрядному набору команд Thumb.

Набор команд Thumb-2 (включая управление разрядным полем, табличное ветвление, условное исполнение) ориентирован на компиляторы языков C/C++. Это означает, что программа для Cortex-MK может быть полностью написана на языке высокого уровня Си.

Преимущества ядра Cortex-M3

Одна из сильнейших сторон ядра Cortex-M3 - его высокая производительность.

Ядро Cortex-M3 имеет:

Гарвардскую структуру с отдельными шинами данных, команд и управления периферией. Это избавляет от задержек, которые могут возникнуть с структурами фон - Неймана, где весь поток информации к ядру идет через одну шину.

аппаратное умножение 32*32 разряда включено в ядро Cortex-M3 и выполняется за один цикл тактирования, если результат требуется в 32-разрядном формате;

аппаратное деление выполняется за 2...12 циклов в зависимости от сложности деления;

улучшенную эффективность размещения данных в памяти и выполнения операций поразрядной обработки;

интегрированные элементы, используемые операционными системами реального времени (ОСРВ), в том числе системный таймер и блок защиты памяти;

поддержку экономичных режимов работы;

стандартизованное распределение адресного пространства памяти;

более простую модель программирования, избавляющую от необходимости написания какого-либо ассемблерных частей программ, глубокого изучения процессора и его набора регистров;

стандартную систему программирования всех МК с ядром Cortex-M3.

Если придерживаться данного стандарта, можно добиться простоты портирования проектов между МК с ядрами Cortex-M3 разных производителей.

значительно улучшенную схему прерываний: встроен контроллер прерываний NVIC, который позволяет установить до 256 приоритетов между прерываниями с возможностью их динамического изменения. Потеря времени при возникновении конкурирующих прерываний значительно улучшена (12 циклов вместо 24...42 в случае ядра ARM7).

набор команд Thumb-2 (смесь 16- и 32-разрядных команд без перехода) и оптимизированное использование памяти RAM (bit banding);

оптимизированную по стоимости структуру, благодаря чему созданные МК способны конкурировать по цене с 16-разрядными и даже некоторыми 8-разрядными МК.

За несколько лет архитектура Cortex-M3 стал индустриальным стандартом. Все основные производители МК, кроме компании Microchip, имеют или развивают решения на основе этой архитектуры (компании STMicroelectronics, Texas Instrument, NXP, ATMEL, Analog Devices, Renesas).

На рис. 1 показано общее количество проданных в мире МК с ядром Cortex-M3. В 2008 году было продано порядка четырех миллионов МК, а затем три года подряд ежегодный рост составлял 400...500%. Это говорит о высоком качестве и привлекательности МК на базе ядер Cortex-M3.

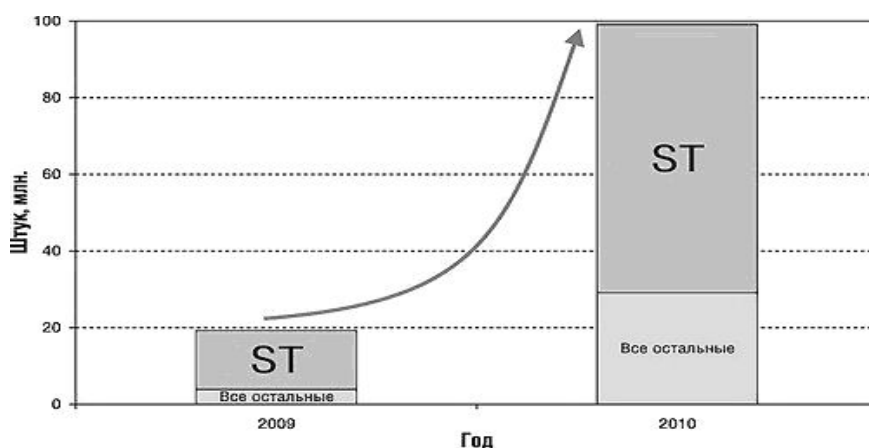


Рис. 1. Продажи МК с ядром Cortex-M3 по всему миру

В 32-разрядном сегменте разработчики редко работают с ассемблером, они в основном используют языки высокого уровня, например, язык С. Поэтому если вдруг понадобится переход с МК одного производителя на МК другого производителя (срыв поставок, отсутствие нужных библиотек, новые функциональные требования, увеличения цен, и т.д.), то часть программ, связанная с ядром, даже не потребует изменения. Необходима будет только работа на уровне драйверов периферии. В итоге получается, что если разработать программы с четким делением между ядром и периферией, то можно обеспечить условия для очень быстрого перехода с МК одного производителя на МК другого.

Архитектуры Cortex-M0, Cortex-M4 и Cortex-R4

Архитектура Cortex-M0 - это архитектура Cortex-M3 с усеченным набором команд, предназначенная для более дешевых и менее требовательных с точки зрения производительности решений.

Следующими по возрастанию возможностей и технических характеристик являются архитектуры Cortex-R4 и Cortex-M4.

Ядро Cortex-R4 было предложено для встроенных приложений реального времени, рассчитанных на системы управления приводами жёстких дисков, автомобильной безопасности и модемы для беспроводной связи. Это ядро ориентировано на производство по технологическим нормам не более 90 нм. Достоинством ядра Cortex-M4 является поддержка команд цифровой обработки сигналов и расширения для работы с плавающей запятой (по заказу). Оно позволяет создавать так называемые цифровые сигнальные МК, сочетающие возможности цифровой обработки сигналов и поддержки режима реального времени в рамках традиционных для продуктов ARM небольшого энергопотребления, площади кристалла и цены микросхемы.

В 2011г. компания NXP продемонстрировала оригинальный двухъядерный цифровой сигнальный МК типа LPC4300 на основе ядра ARM Cortex-M4 (для выполнения алгоритмов цифровой обработки сигналов) и ядра Cortex-M0 (для осуществления общих функций управления). МК LPC4300 предлагается компанией NXP для приложений по управлению электродвигателями.

Архитектура Cortex-M4 - это архитектура Cortex-M3, обогащенная новыми командами для обработки данных и предназначенная для применений требующих более высокой производительности, с более сложной обработкой сигнала (операции с плавающей запятой на аппаратном уровне). МК с архитектурой Cortex-M4 можно использовать в нижнем сегменте DSP-приложений.

Если сравнивать ядра Cortex-R4 и Cortex-M4, то первое является более производительным.

Программы для ядра Cortex-M0 будут в полном объеме работать и на ядре Cortex-M3, поскольку для ядра Cortex-M3 действуют все команды Cortex-M0. Программы для ядра Cortex-M3 также будут работать на ядре Cortex-M4, поскольку для ядра Cortex-M4 остаются действующими все команды ядра Cortex-M3.

Это означает, что разработав изделие на базе МК с архитектурой Cortex-M3 можно будет далее разработать его более дешевые и простые варианты на базе МК с архитектурой Cortex-M0, или более дорогие и сложные изделия на базе архитектуры Cortex-M4 с минимальными затратами на переработку программ.

Поскольку архитектура Cortex-M3 уже стала мировым стандартом, и поскольку архитектуры Cortex-M0 и Cortex-M4 являются продолжениями архитектуры Cortex-M3, то они также станут стандартами в ближайшее время.

Выпуск МК с ядрами Cortex-M0 и Cortex-M4 состоялся в 2011 году. В этом направлении активно работают компании STMicroelectronics, Texas Instruments, Freescale, NXP и др.

В итоге можно сказать, что выбирая МК с ядром Cortex-M3, разработчик выбирает микроконтроллер с перспективой перехода на другие ядра Cortex-M, но при этом не закрывает себе двери для продукции остальных производителей. Итог - огромный выбор и большая гибкость!

Архитектура AVR фирмы Atmel

Основные особенности архитектуры и структуры МК AVR:

три вида памяти на кристалле:

Flash-память программ с возможностью программирования (загрузки) по последовательному интерфейсу;

программируемая энергонезависимая память данных EEPROM и ОЗУ данных;

программируемые разряды защиты от чтения и записи программной памяти и EEPROM; защита программ от несанкционированного доступа для выделенного во Flash-памяти блока;

32 восьмиразрядных регистра общего назначения, которые представляются единым регистровым файлом и не разбиваются на альтернативные наборы регистров;

RISC-подобное процессорное ядро, использующее многоуровневый конвейер;

развитая система прерываний, в том числе 4 уровня приоритетов внешних запросов;

встроенные в кристалл развитые интерфейсные возможности;

специальные средства для управления встроенной системой отладки, поддерживающие протокол JTAG;

FUSE-разряды для задания настроек ряда внутренних блоков МК путем установки энергонезависимых "перемычек" на этапе программирования МК, что обеспечивает МК существенный запас гибкости при настройке на конкретное приложение.

система команд полностью ортогональная и имеет около 130 команд; 5 режимов адресации (в т.ч. косвенные автоинкрементная и автодекрементная);

6 возможных режимов энергосбережения, в том числе за счет широкого диапазона источников питания (от 1,6 до 3,6 вольт).

Наибольшую известность получили 8-разрядные МК. Но фирма Atmel известна также и в области производства 32-разрядных МК.

Архитектура MIPS

МК на основе архитектуры MIPS32 M4K используются во встроенных системах для мобильной телефонии и цифрового телевидения, кабельных модемов и систем глобального позиционирования, поскольку одной из особенностей этой архитектуры является возможность расширения набора команд, что позволяет оптимизировать МК для специализированных приложений.

Развитием архитектуры MIPS32 M4K является ядро компании MIPS Technologies - MIPS32 M14K, которое поддерживает расширение microMips,

189

позволяющее снизить объём программ на 30%. При этом ядро MIPS32 M14K обеспечивает по сравнению с ядром MIPS32 M4K, расширенные возможности отладки, меньшие задержки обработки прерываний, ускоренное обращение к флэш-памяти. Поддержка программного обеспечения ядра (ОСРВ и ОС класса Linux, инструментарий разработчика) осуществляется многими компаниями.

Ядра MIPS32 M4K/M14K рассматриваются компанией MIPS Technologies в качестве конкурентов Cortex-M0/Cortex-M3, однако следует отметить, что сегодня архитектура MIPS в большей степени востребована в платформах, применяемых в мобильном (портативном) оборудовании, предъявляющем высокие требования к коммуникационной и мультимедийной составляющим своего функционала.

В числе достоинств архитектуры MIPS называют возможность «прозрачного» использования наработок в области программного обеспечения на базе ОС Android, Linux, приложения Adobe Flash Player, современных кодеков и web-браузеров.

Выводы

Наиболее перспективными и распространенными архитектурами современных МК для встраиваемых систем являются архитектуры фирмы ARM семейства Cortex (Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4, Cortex-R4).

Использование МК с этими архитектурами обеспечивает высокую производительность, работу с большими объемами памяти, программирование на языках высокого уровня, портирование программ с МК одного производителя на МК других производителей.

Список литературы

1. П. Павлов. Консолидация архитектур на рынке микроконтроллеров: пожелания, реальность и прогнозы. - // Современная электроника. - 2010. - №5. - С.6–11.
2. П. Павлов. Некоторые тенденции на рынке микроконтроллеров. - // Современная электроника. – 2009. - №8. – С.8–15.
3. П. Вовк. Введение в архитектуру Cortex-M3. - // Современная электроника. – 2008. - №6. – С.18–20.
4. П. Редькин. AT32UC3 с ядром AVR32. - // Современная электроника. – 2008. - №6. – С.10–17.
5. Н. Королев. AVR-контроллеры: развитие семейства. Ч.1. - // Компоненты и технологии. – 2010. - №5. – С.82-86.

Н.П. Ретинская, Я.Б. Думыч

ПРОГРАММНАЯ И СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЦ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

Рассмотрены проблемы, возникающие при использовании аналоговых датчиков в микроконтроллерных системах управления и контроля. Предложены программные и схемотехнические решения по реализации аналого-цифровых преобразователей на базе микроконтроллеров AVR, позволяющие повысить точность преобразования.

Введение.

В современных измерительных и управляющих устройствах обработка информации осуществляется с помощью цифровых устройств, в качестве которых широко используются микроконтроллеры (МК). При этом возникает необходимость преобразования аналогового выходного сигнала датчика в цифровой код. Для реализации таких задач в МК, как правило, предусмотрен аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

При небольшом диапазоне изменения выходного сигнала датчика и относительно высоких требованиях к точности измерения необходимо использовать АЦП с достаточно высокой разрядностью.

В данной статье рассматривается метод повышения точности преобразования аналоговых сигналов в цифровой код путем формирования АЦП на базе МК AVR с возможностью изменения его разрешающей способности.

Постановка задачи.

Несмотря на интенсивное развитие направления по созданию датчиков с цифровым выходом, на практике возникает необходимость в использовании аналоговых датчиков. Для контроля температуры достаточно часто используются малогабаритные и дешевые полупроводниковые датчики с аналоговым выходом, диапазон выходного напряжения которых изменяется в пределах до 1В. Например, термодатчики типов ADT45/ADT50, LM135/235/335, K1019EM1, позволяют производить измерение температуры в диапазоне от -50 до $+150^{\circ}\text{C}$ с погрешностью $\pm 1^{\circ}\text{C}$ и обладают линейной зависимостью выходного напряжения от температуры [1]. Если требуемая точность измерения составляет величину $\leq 0.1\text{В}$, для преобразования такого сигнала в цифровую форму требуются АЦП с разрядностью не ниже 14. Некоторые виды наиболее распространенных в настоящее время восьмиразрядных МК семейства AVR, например ATtiny15, ATmega8535 содержат в своем составе 10-разрядные АЦП. Таким образом, возникает необходимость в использовании методов, позволяющих повысить точность преобразования аналоговых сигналов в цифровой код. Общий подход к решению такой задачи изложен в [2].

Реализация метода рассматривается применительно к МК ATtiny2313 фирмы Atmel, имеющего для этого достаточные ресурсы. Этот восьмиразрядный МК имеет развитую периферию, в состав которой входят 2 таймера/счетчика (T/C0 и T/C1) с поддержкой режима широтно-импульсной модуляции (ШИМ) и встроенный аналоговый компаратор (АК). Объединение 8-разрядного RISC-процессора с внутрисистемной перепрограммируемой Flash-памятью объемом 2 Кбайта на одном кристалле делают микросхему ATtiny2313 мощным средством,

которое обеспечивает очень гибкие и недорогие решения многих прикладных задач управления.

Решение задачи.

Для решения поставленной задачи используется АК, входящий в состав микроконтроллера. Способ реализации метода можно объяснить с помощью рис.1.

На инвертирующий вход АК (вход PB1 микроконтроллера) поступает измеряемое напряжение $U_{ВХ}$, а на прямом входе (вход PB0) формируется линейно нарастающее напряжение U_C . Величиной этого напряжения управляет МК, подавая с выхода PB2 на вход RC-цепи импульсы, длительность которых формируется программой МК.

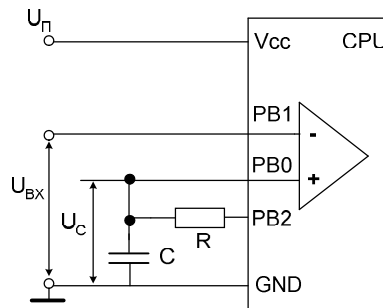


Рис.1. Измерение входного напряжения с помощью компаратора микроконтроллера

Период следования импульсов $T_{ИМП} = t_{И} + t_{П}$, где $t_{И}$ – длительность формируемого импульса, $t_{П}$ – пауза между импульсами. Если постоянная заряда конденсатора $\tau_{зар} = RC \gg T_{ИМП}$, конденсатор заряжается до значения $U_C = U_M t_{И} / T_{ИМП}$, где U_M – амплитуда импульсов. При неизменной амплитуде и частоте импульсов напряжение U_C пропорционально длительности импульсов. Для правильной работы АЦП необходимо соблюдать условия: $\Delta U_{ВХ} \leq U_M$; $U_{ВХmin} \geq U^0$; $U_{ВХmax} \leq U^1$.

При сравнении напряжения U_C с измеряемым напряжением $U_{ВХ}$, на выходе компаратора сформируется логическая 1, что является сигналом окончания преобразования и в соответствующем регистре микроконтроллера к этому моменту будет сформирован двоичный код, пропорциональный измеряемому напряжению. Этот код можно использовать для фиксации измеряемого параметра.

Для формирования импульсов используется T/C0, представляющий собой универсальный восьмиразрядный счетный модуль (регистр TCNT0) с двумя независимыми модулями совпадения и с поддержкой ШИМ. Основу модуля совпадения составляет восьмиразрядный компаратор, который непрерывно сравнивает содержимое регистра TCNT0 с содержимым каждого из 2-х восьмиразрядных регистров совпадения (OCR0x, где x = A или B). В рассматриваемом примере выбран регистр OCR0A. Каждый раз, когда содержимое TCNT0 оказывается равным содержимому OCR0A, внутренний компаратор модуля совпадения вырабатывает сигнал совпадения OSCOA (рис. 2,а).

В МК реализовано несколько режимов ШИМ, из которых для решения поставленной задачи наибольший интерес представляет режим FastPWM (быстрый ШИМ). В этом режиме формируется самый высокочастотный сигнал ШИМ. Кроме того, регистры OCR0x имеют двойную буферизацию, которая синхронизирует момент обновления регистра OCR0x с моментом достижения таймером верхнего или нижнего пределов. Синхронизация предотвращает возникновение ассиметричных ШИМ-импульсов, то есть импульсов, длина которых равна нечётному количеству тактов. Таким образом, обеспечивается высокое качество сигналов ШИМ.

Быстрый ШИМ отличается от других режимов тем, что для формирования сигнала счётчик формирует только возрастающую последовательность. То есть изменение значения счётчика имеет вид пилообразного сигнала с односторонним наклоном.

Счёт начинается с минимального значения BOTTOM, когда его содержимое равно 0x00 и заканчивается значением TOP. После этого счётчик перезапускается (снова устанавливается значение BOTTOM). Значение TOP в данном случае равно максимальному значению 0xFF. Принцип формирования ШИМ-импульсов показан на рис. 2, б.

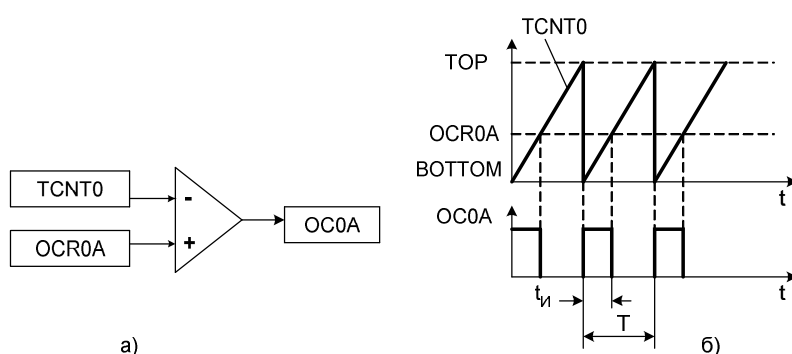


Рис.2. Принцип формирования ШИМ-импульса

Сигнал ШИМ формируется путем установки (сброса) внутреннего регистра модуля вывода сигнала совпадения OC0A в момент совпадения значений OCR0A и TCNT0, а так же сброса (установки) этого регистра в первом тактовом цикле, после перезагрузки счетчика (изменении его значения с TOP на BOTTOM). При использовании режима неинвертирующего выхода сигнал совпадения OC0A сбрасывается в момент совпадения значений OCR0A и TCNT0 и перехода к BOTTOM.

Частота сигнала ШИМ на выходе может быть рассчитана при помощи следующего выражения:

$$f_{OC0APWM} = \frac{f_{clk_I/O}}{N \cdot 256}, \quad (1)$$

где $f_{clk/I/O}$ – частота тактового сигнала системы ввода/вывода; N – коэффициент предварительного деления (1, 8, 64, 256 или 1024).

Флаг переполнения Т/С (TOV0) устанавливается каждый раз, когда счетчик достигает значения TOP. Если прерывание разрешено, то вызывается процедура обработки прерывания, которая может быть использована для обновления уровня совпадения.

Путем изменения содержимого регистра сравнения OCR0A в сторону увеличения на 1 при каждом выводе нового импульса формируется ШИМ-сигнал с изменяющейся скважностью. Этот сигнал через RC-цепь поступает на прямой вход АК МК. В момент равенства этого сигнала с входным напряжением, подаваемым на инверсный вход АК, в регистре OCR0A фиксируется накопленный двоичный код, являющийся цифровым эквивалентом текущему значению преобразуемого аналогового сигнала.

Для программной реализации рассмотренного метода необходимо выполнить предварительные настройки Т/С, АК и используемых выводов МК.

Режим работы Т/С устанавливается с помощью регистров TCCR0A и TCCR0B. Структура регистров приведена на рис. 3.

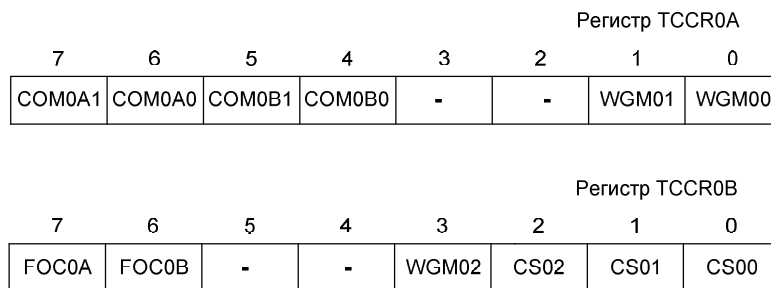


Рис.3. Структура регистров задания режимов работы Т/С

Для установки режима FastPWM необходимо в регистре TCCR0A установить биты WGM01 и WGM00 в 1; в регистре TCCR0B установить бит WGM02 в 0. Для реализации режима выхода сигнала совпадения ОС0А внутреннего компаратора Т/С используются биты COM0A1 и COM0A0. При использовании режима неинвертирующего выхода необходимо установить следующие комбинации сигналов: COM0A1 = 1 и COM0A0 = 0.

Биты CS00, CS01 и CS02 регистра TCCR0B обеспечивают выбор режима тактового генератора. При комбинации значений CS00 = 1, CS01 = 0 и CS02 = 0 обеспечивается самый скоростной режим работы. В этом случае не используется предварительное деление и максимально возможная тактовая частота Т/С равна частоте системного генератора $f_{clk/O}$.

Для настройки аналогового компаратора используется регистр статуса и управления ACSR, структура которого приведена на рис.4.

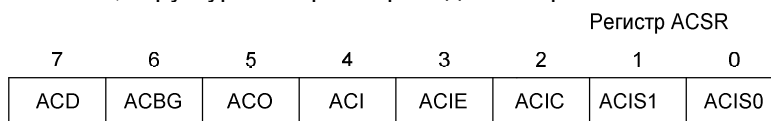


Рис.4. Структура регистра управления АК

Установкой соответствующих битов регистра необходимо разрешить прерывание от АК и выбрать условия возникновения прерывания. Прерывания разрешаются установкой в единицу бита ACIE. В рассматриваемой схеме измерения входного напряжения (рис.1) целесообразно установить возникновение прерываний по переднему фронту выходного сигнала компаратора. Эта ситуация возникает в момент, когда напряжение на прямом

входе компаратора (U_c) превысит напряжение на инверсном входе ($U_{вх}$). Требуемый режим обеспечивается одновременной установкой битов ACIS1 и ACIS0 в 1.

Для уменьшения потребляемой мощности АК можно отключить цифровые входные буферы для входов АК AIN1 и AIN0. Это можно сделать с помощью регистра DIDR, установив в 1 биты AIN1D и AIN0D.

Алгоритм программы, реализующий АЦ-преобразование по изложенному выше методу должен состоять из последовательности следующих действий:

1) настройка портов PB0 и PB1 на ввод (установка битов DDB0 и DDB1 в ноль; отключение нагрузочных резисторов для этих разрядов порта B); настроить порт PB2 на вывод (установка бита DDB2 в единицу);

2) инициализация T/C и АК согласно приведенному выше описанию;

3) загрузка в регистр сравнения OCR0A начального единичного значения;

4) анализ флага OCF0A, фиксирующего момент совпадения содержимого регистров OCR0A и TCNT0;

5) анализ флага прерывания от компаратора ACI;

6) если флаг ACI установлен, то необходимо выполнить последовательность действий, приведенную в п.6.1; если флаг не установлен, выполнить последовательность действий, приведенную в п.6.2;

6.1) запретить прерывания; извлечь содержимое регистра OCR0A; обнулить регистр OCR0A; разрешить прерывания; перейти к пункту 3;

6.2) запретить прерывания; увеличить на 1 содержимое регистра OCR0A; разрешить прерывания; перейти к пункту 4.

Разрешающая способность АЦП определяется по формуле:

$$S = U_M / P_{MAX}, \quad (2)$$

где для 8-разрядного микроконтроллера $P_{MAX} = 2^8 - 1 = 255$.

Разрешающей способностью АЦП можно управлять, изменяя напряжение U_M . Для этого в схеме, приведенной на рис.5 используется делитель, состоящий из резисторов R1, R2 и подстроечного резистора R3.

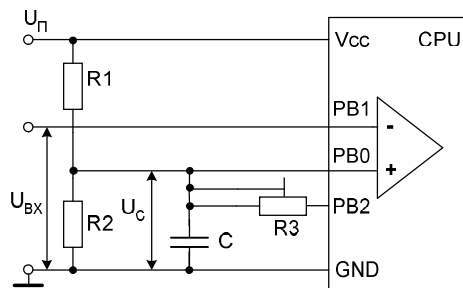


Рис.5. Схема регулировки амплитуды импульса U_M

При формировании на выходе PB2 низкого уровня напряжения R3 соединен с общей точкой. Тогда

$$U_{c1} = U^0 = \frac{U_{\Pi} \cdot R2 \parallel R3}{R1 + R2 \parallel R3}. \quad (3)$$

При высоком уровне сигнала на этом выходе резистор R3 соединен с источником питания. В этом случае

$$U_{c2} = U^1 = \frac{U_{\Pi} \cdot R2}{R2 + R1 \parallel R3}. \quad (4)$$

Принимая R1 = R2 = R, выражение для амплитуды импульса будет выглядеть следующим образом:

$$U_M = U_c^1 - U_c^0 = U_{\Pi} \left(\frac{R}{R + 2R3} \right). \quad (5)$$

Используя выражение (5) можно рассчитать сопротивление R3 для обеспечения необходимой разрешающей способности:

$$R3 = 0.5R \left(\frac{U_{\Pi}}{U_M} - 1 \right). \quad (6)$$

Например, необходимо получить для АЦП разрешающую способность, равную S = 1мВ. Тогда $U_M = S \cdot P_{\text{MAX}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 255 = 0,255 \text{ В}$.

Если принять R1 = R2 = R = 100 кОм при $U_{\Pi} = 5 \text{ В}$, используя формулу (6), получим:

$$R3 = 0,5 \cdot 100 \cdot 10^3 \left(\frac{5}{0,255} - 1 \right) = 930 \text{ кОм}$$

Расчет емкости конденсатора С необходимо производить с учетом периода следования импульсов, используя следующее соотношение:

$$R3C \geq 10T_{\text{ИМП}}.$$

Период следования импульсов $T_{\text{ИМП}}$ определяется по частоте сигнала ШИМ на выходе РВ2 МК. Согласно формуле (1) при N = 1 и $f_{\text{цикл/O}} = 8 \text{ МГц}$ получим:

$$f_{\text{ОСОАРВМ}} = \frac{8 \cdot 10^6}{256} = 0,031 \cdot 10^6 = 31 \text{ кГц},$$

$$T_{\text{ИМП max}} = \frac{1}{f_{\text{ОСОАРВМ}}} = \frac{1}{31 \cdot 10^3} = 0,032 \text{ мс}.$$

Таким образом, емкость конденсатора С определяется из условия $R3C \geq 0,32 \text{ мс}$:

$$C \geq \frac{0,32 \cdot 10^{-3}}{0,93 \cdot 10^6} = 0,342 \cdot 10^{-9} \text{ Ф} = 0,34 \text{ нФ}.$$

Выводы. Анализ проблем, возникающих в микроконтроллерных системах при измерении аналоговых сигналов, показал, что интегрированные в МК наиболее распространенные 10-разрядные АЦП в ряде случаев не обеспечивают требуемую точность преобразования.

Рассмотрен метод АЦ-преобразования с использованием встроенного в МК аналогового компаратора. Приведены рекомендации по разработке программного обеспечения метода и схемотехнические решения, позволяющие повысить точность преобразования.

Список литературы

1. Волович Г. Полупроводниковые датчики температуры / Г. Волович // Схемотехника. – 2005. - № 2. - С. 21 -23.
2. Вострухин А. АЦП на базе микроконтроллера AVR / А. Вострухин // Схемотехника. – 2006. - № 3. - С. 39 -40.
3. Белов А. В. Микроконтроллеры AVR в радиолюбительской практике. – Спб. : Наука и техника, 2007. – 352 с.

УДК 338.45:66(477)

Г.З. Шевцова

ПОСТКРИЗОВИЙ РОЗВИТОК ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Проаналізовано особливості та результати функціонування підприємств хімічної промисловості у посткризовий період. Надано авторське бачення пріоритетних напрямків розвитку галузі в контексті зменшення її енергетичної залежності. Рис. 1, табл. 3, джер. 8.

Постановка проблеми

На теперішній час хімічний комплекс – це 7,1 % загального обсягу реалізованої промислової продукції, 5,6 % чисельності персоналу і 12,3 % інвестицій в основний капітал промисловості України.

Незважаючи на руйнівний вплив негативних явищ фінансово-економічної кризи 2008-2009 рр., українським підприємствам хімічної та нафтохімічної промисловості вдалося (тією чи іншою мірою) зберегти свій виробничий і експортний потенціал, відновити стабільну роботу і забезпечити беззбитковість операційної діяльності по ключових секторах і виробництвах. Але при цьому залишилися не вирішеними (або ще більше загострилися) системні проблеми, які супроводжували функціонування галузі протягом останнього десятиліття (падіння внутрішнього платоспроможного попиту, нестабільність кон'юнктури зовнішніх ринків, неврегульованість питань із забезпеченням природним газом, тощо). Виникли й нові чинники, переважно інституційного і соціально-політичного характеру, які справляють неоднозначний вплив на розвиток підприємств галузі.

Тож в рамках вирішення загальної проблеми вдосконалення системи управління розвитком підприємств хімічного комплексу у сучасних умовах подальші розробки у цьому напрямку мають спиратися на вивчення і детальний науковий аналіз умов, особливостей, тенденцій і перспектив розвитку суб'єктів господарювання галузі у посткризовий період. У цьому і полягає актуальність даного дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед нечисленних наукових праць, присвячених сучасним проблемам розвитку підприємств хімічної промисловості України, варто виділити монографічне дослідження [1], де розглянуто теоретичні засади та практику розвитку вітчизняного хімічного комплексу з урахуванням наслідків світової економічної кризи, опрацьовано питання застосування інструментів маркетингового та антикризового управління, стратегічного партнерства та соціальної відповідальності у галузі.

Окремі аспекти організаційно-економічного та інвестиційного забезпечення розвитку хімічних підприємств досліджено у матеріалах дисертаційних робіт [2, 3]. Результати моніторингу загального стану й тенденцій розвитку хімічного комплексу, а також функціонування його окремих секторів і ринків щорічно публікуються фахівцями галузі [4, 5].

Однак підвищений динамізм інституційних і соціально-економічних

процесів у галузі, різновекторний вплив зовнішніх факторів і збереження основних загроз для галузевого виробництва у посткризовий період обумовлюють необхідність детального аналізу й узагальнення сучасних особливостей і результатів діяльності підприємств хімічної промисловості та виявлення на цій основі пріоритетних напрямків її розвитку. У цьому і полягає основна мета даного дослідження.

Основні результати

У 2010-2011 рр. хімічний комплекс України демонстрував поступове подолання наслідків фінансово-економічної кризи, відновлення докризового рівня галузевого виробництва і стабілізацію фінансової діяльності (табл. 1). І хоча зрозуміло, що достатньо високі показники 2010 р. пояснюються низькою базою порівняння 2009 р., у 2011 р. у галузі було досягнуто реальне економічне зростання: обсяг реалізованої продукції становив 79,4 млрд. грн. (+42,8 % у порівнянні з 2008 р.), індекс промислової продукції за той же період – 107,9 %. Зовнішньоторговельний оборот, який в 2009 р. впав до \$11,06 млрд., у 2011 р. збільшився до \$18,85 млрд. За минулий рік експорт хімічної продукції зріс у 1,5 рази і зараз становить 9,3 % від загальної суми валютних надходжень українських експортерів.

Таблиця 1

Основні показники розвитку хімічного комплексу України у 2007-2011 рр.

Показники	Роки				
	2007	2008	2009	2010	2011
1. Обсяги реалізованої продукції (у фактичних цінах), млрд. грн.	43,9	55,6	48,5	62,3	79,4
2. Індекси промислової продукції, %	108,4	91,4	77,0	122,5	114,4
3. Індекси цін виробників (грудень до грудня попереднього року), %	117,3	125,2	121,8	113,7	115,6
4. Інвестиції в основний капітал (у фактичних цінах), млн. грн.	3666	5107	4656	7202	н/д
5. Середньорічна кількість найманих працівників, тис. осіб	181	174	156	159	н/д
6. Середньомісячна номінальна заробітна плата найманих працівників, грн./особу	1481	1905	1880	2363	2862*
7. Експорт, млрд. \$	5,03	6,04	3,08	4,16	6,33
8. Імпорт, млрд. \$	8,73	11,44	7,98	10,10	12,52
9. Прямі іноземні інвестиції (на початок року), млн. \$	688,6	840,8	949,9	1205,6	1356,4
10. Рентабельність (збитковість) операційної діяльності, %	5,6	4,7	-1,0	0,6	н/д
11. Фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування, млрд. грн.	2,326	0,587	-2,886	-1,485	-300,2*
12. Частка збиткових підприємств, %	33,7	40,6	39,9	39,3	35,3*

* - попередні дані

Майже весь 2011 р. галузь демонструвала прибутковість діяльності (фінансовий результат від звичайної діяльності до оподаткування за 11 міс. 2011 р. +352,7 млн. грн.), але за підсумками року цей показник став від'ємним. До 35,3 % скоротилася частка збиткових підприємств.

Однак ряд негативних тенденцій у галузі, які виникли чи поглибилися в кризовий період, так і не вдалося подолати.

Так, однією з важливих складових системи антикризових заходів була мінімізація витрат на оплату праці, що призвело до скорочення чисельності персоналу галузі на 25 тис. осіб і зниження середньої заробітної плати. Зворотна динаміка менш помітна – на фоні поліпшення фінансово-економічної ситуації підприємства не поспішають відновлювати докризову чисельність персоналу, хоча динаміка зростання заробітної плати в 2010-2011 рр. є прийнятною (в середньому 20-25 %).

Важливою особливістю посткризового розвитку товарного виробництва в галузі є неоднорідність динаміки і значна нерівномірність відновлення окремих секторів і підгалузей. Так, основним локомотивом зростання валових показників галузі стало збільшення виробництва базової хімічної продукції на 30 % (табл. 2). 2011 р. став рекордним (за всі роки незалежності) для українських виробників аміаку – 5,26 млн. т (рис. 1). Виробництво азотних добрив становило близько 3 млн. т, а їх експорт зріс майже вдвічі.

Таблиця 2

Індекси промислової продукції за 2007-2011 роки, %

Підгалузі	Роки				
	2007	2008	2009	2010	2011
Хімічна та нафтохімічна промисловість, у тому числі:	108,4	91,4	77,0	122,5	114,4
- Хімічне виробництво	106,8	89,2	77,3	126,6	118,4
виробництво основної хімічної продукції	106,3	86,5	67,7	127,4	130,4
виробництво лаків та фарб	112,0	92,7	78,8	105,9	101,3
фармацевтичне виробництво	106,4	91,0	101,9	134,8	100,3
виробництво мила та миючих засобів, засобів для чищення та полірування; парфумерних та косметичних засобів	102,3	97,3	100,8	109,3	102,6
- Виробництво гумових та пластмасових виробів	114,5	99,1	76,3	110,1	100,6
виробництво гумових виробів	90,3	84,5	64,7	108,5	71,9
виробництво пластмасових виробів	129,1	105,2	80,2	110,6	108,2

За збільшенням об'ємних показників зовнішньої торгівлі хімічними продуктами криється ряд структурних диспропорцій: нарощування від'ємного торгового сальдо (з \$4,9 млрд. у 2009 р. до \$6,2 млрд. у 2011 р.), скорочення номенклатури вітчизняних хімпродуктів через їхню низьку конкурентоспроможність і зростання частки імпорту у внутрішньому споживанні, домінування продуктів з низьким рівнем технологічного переділу і посилення моноструктури експорту. Так, у 2011 р. 57,1 % експортних поставок хімічної

продукції забезпечили дві групи – неорганічні продукти та добрива (табл. 3).

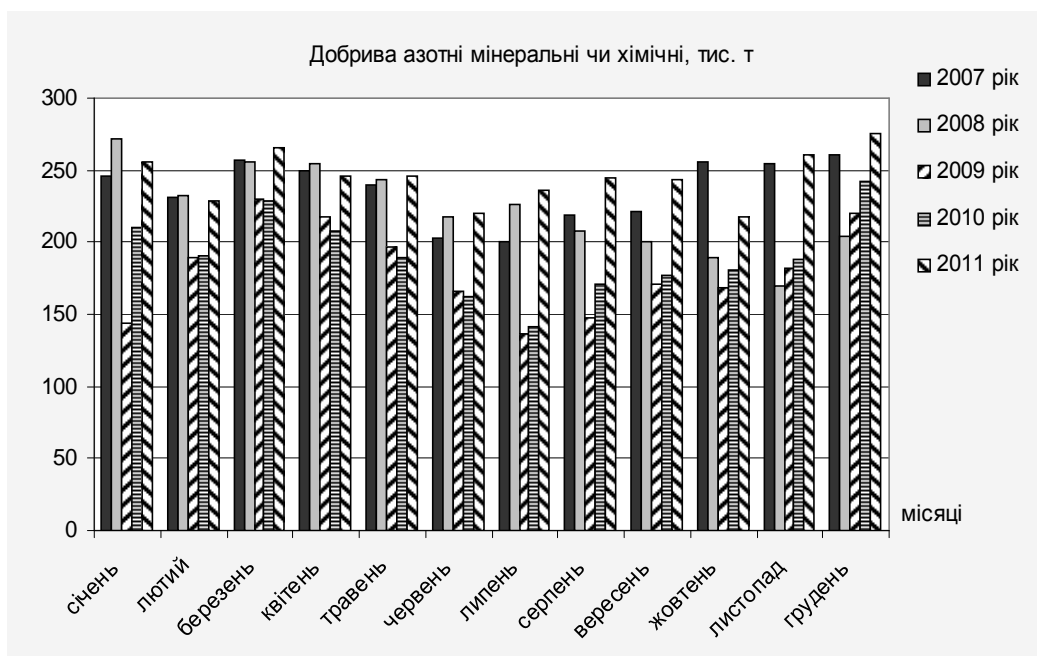
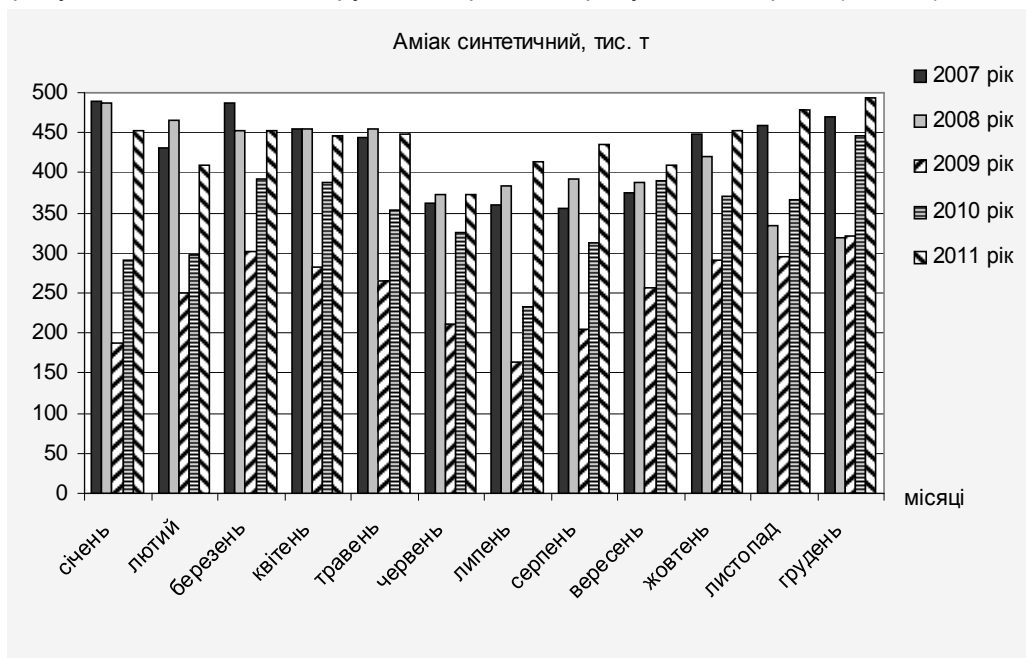


Рис. 1. Динаміка виробництва основних продуктів азотної підгалузі.

Структура експорту хімічної продукції у 2007-2011 рр., %

Групи хімічної продукції	Роки				
	2007	2008	2009	2010	2011
Продукти неорганічної хімії	22,96	26,54	22,33	27,12	28,35
Органічні хімічні сполуки	14,53	7,95	4,95	10,70	10,33
Фармацевтична продукція	2,57	2,50	4,87	4,77	3,08
Добрива	26,33	33,04	27,87	22,59	28,75
Екстракти дубильні, барвники	5,14	4,20	6,56	6,27	5,77
Ефірні олії, косметичні препарати	2,23	2,34	4,44	3,92	2,79
Полімерні матеріали, пластмаси	13,99	11,26	12,87	12,30	12,09
Каучук, гума	5,62	5,25	5,43	4,16	2,73
Інші продукти хімічної промисловості	6,63	6,92	10,68	8,17	6,11

Ступень зносу основних засобів хімічної промисловості становить 66,8 %, у тому числі по хімічному виробництву – 72,8 %. Процеси оновлення і модернізації виробництва, які практично були заморожені у кризові часи, поступово відновлюються. Найбільша активність спостерігалася в азотній підгалузі, де рівень енергоємності виробництва є ключовим техніко-економічним показником, що визначає цінову конкурентоспроможність товарної продукції. Однак переважна частина коштів інвестується у підтримку працездатності і підвищення енергоефективності діючих виробництв, що, звісно, є необхідним, але цього вже недостатньо для розвитку галузі. Відсутність механізму стимулювання власників (не тільки хімічних) підприємств до великомасштабних інвестицій інноваційного характеру залишається однією з ключових проблем в процесі системної трансформації української промисловості.

Позитивні результати 2010-2011 рр. обумовлені двома основними факторами: активізацією продаж на зовнішніх ринках завдяки сприятливій товарній і ціновій кон'юктурі і забезпеченість ключових виробників галузі відносно дешевим природним газом. Так, на першу половину 2010 р. були пролонговані цінові й тарифні преференції (передусім пільгова ціна на природний газ для азотних підприємств), що передбачалися системою урядових антикризових заходів. Проте основні тенденції розвитку галузі у 2010-2011 рр. визначали позаекономічні фактори – процеси активного переформатування її інституційної структури, концентрації і консолідації ключових хімічних активів (насамперед у складі хімічного холдингу «OstChem Group»), поглиблення монополізації ринків і періодичне загострення ситуації в енергетичній сфері під впливом політичних факторів.

На цьому варто акцентувати особливу увагу: в основі поточних успіхів хімічної галузі лежить не міцний фундамент сучасних конкурентоспроможних інноваційно орієнтованих виробництв, а хиткі підмостки ситуативних факторів ринкового і (в більшій мірі) політичного характеру. І в цьому полягає ключова загроза майбутньому української «великої» хімії.

Довгострокова стратегія розвитку хімічного комплексу України повинна будуватися на чіткому розумінні того факту, що дешевого природного газу вже не буде. Виходячи з цього положення і пропонується сконцентрувати увагу на двох ключових пріоритетах розвитку галузі.

Перше. Кардинальним кроком для вирішення проблеми забезпечення

діючих хімічних підприємств енерго-сировинними ресурсами, розвитку їх виробничого й експортного потенціалу може стати активне промислове використання технологій газифікації вугілля, в тому числі підземної. У теперішній час урядом опрацьовуються питання переведення на вугілля частини українських ТЕЦ, однак більш масштабний підхід до проблеми дозволяє запропонувати її комплексне вирішення: будівництво потужних газогенераторних установок для забезпечення технологічними газами хімічних підприємств (для синтезу аміаку та метанолу) і поставок горючого газу на ТЕЦ. Існують відповідні науково-технічні й комерційні пропозиції провідних вітчизняних й іноземних фірм-розробників. Для подібного пілотного проекту можна запропонувати промислові площадки ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот» і ПАТ «Концерн Стирол», що розташовані у Донбаському регіоні. (Зрозуміло, що підприємства різних форм власності мають суперечливі інтереси й слабкий інтеграційний потенціал, але шляхи взаємодії тут треба шукати на засадах державно-приватного партнерства).

Друге. Оптимізація структури хімічної промисловості та її диверсифікація у напрямку створення нових виробництв, які мають власну ресурсну базу, високий інноваційний потенціал і зменшують залежність від критичного імпорту і ситуації в енергетичній сфері. В якості конкретного проекту, який має всі необхідні ресурсні передумови, ґрунтується на використанні національних науково-технічних розробок і підкріплюється стійким ринковим попитом, пропонується розглянути створення вітчизняного високотехнологічного промислового виробництва йоду на базі Північно-Сиваського родовища пластових вод у Херсонській області (детально див. [6-8]).

Однак подібні проекти національного масштабу потребують всебічної експертизи і вирішення широкого комплексу організаційно-правових і фінансово-економічних питань (насамперед про джерела та умови їхнього інвестування). Паралельно з організацією таких «точок росту» завдання завершення системної трансформації хімічної галузі потребує удосконалення промислової політики і по таких напрямках:

- визначення ключових державних інтересів у хімічному комплексі (особливо в сфері приватизації і постприватизаційного розвитку стратегічних підприємств) і формування системи адекватних регулюючих механізмів, завершення на цій основі реформування інституційної структури галузі;

- розвиток нових виробничих систем із застосуванням механізмів інтеграції інноваційного і виробничого потенціалу вітчизняних підприємств з фінансовим капіталом як національного, так і іноземного походження;

- формування цілісної системи взаємовигідних відносин основних учасників ринку хімічної та нафтохімічної продукції на принципах державно-приватного партнерства, у тому числі створення організаційно-економічного механізму залучення і стимулювання інвестицій у кардинальну перебудову техніко-технологічної бази галузі;

- запровадження нових інструментів політики соціальної відповідальності для комплексного вирішення проблем збереження й розвитку трудового потенціалу хімічних підприємств, регулювання соціально-трудова відносин і забезпечення стійкого прибуткового розвитку галузі;

- розробка нових моделей захисту інтересів вітчизняних товаровиробників-експортерів, у тому числі їхня підтримка в процесах адаптації до вимог нового європейського екологічного законодавства REACH і активізація окремих елементів протекціоністської політики (з урахуванням обмежень в рамках СОТ).

Висновки

Таким чином, у статті проаналізовано особливості та основні показники діяльності підприємств хімічного комплексу у посткризових умовах. Показано, що відновлення галузевого виробництва відбулося за рахунок сприятливої зовнішньої кон'юнктури та позаекономічних ситуативних факторів. У той же час ключові системні загрози набули прихованого характеру і зберігають свій руйнівний потенціал.

Автором надано конкретні пропозиції щодо зменшення енергетичної залежності галузі і зміцнення її виробничого потенціалу на новій ресурсній основі як пріоритетні напрямки її розвитку. З опрацюванням механізмів реалізації цих напрямків і мають бути пов'язані перспективи подальших досліджень.

Список літератури

1. Шубін О.О. Хімічна промисловість України: економічні трансформації та перспективи: монографія / О.О. Шубін. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. – 628 с.
2. Литюга Ю.В. Інвестиційний потенціал підприємства: формування та розвиток (за матеріалами хімічних підприємств України): автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами» / Ю.В. Литюга. – Київ, 2009. – 18 с.
3. Тяжкороб І.В. Організаційне забезпечення змін в хімічному комплексі регіону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.05 «Розвиток продуктивних сил і регіональна економіка» / І.В. Тяжкороб. – Донецьк, 2010. – 20 с.
4. Ковеня Т.В. Хімічний комплекс України. Аналіз роботи підприємств у 2009 році / Т.В. Ковеня // Хімічна промисловість України. – 2010. – № 1. – С. 3-16; № 2. – С. 3-15.
5. Ковеня Т.В. Аналіз роботи підприємств хімічного комплексу України в 2010 році / Т.В. Ковеня // Хімічна промисловість України. – 2011. – № 2. – С. 5-16; № 3. – С. 3-16; № 4. – С. 3-25.
6. Клияненко Б.Т. Об организации промышленного производства йода в Украине / Б.Т. Клияненко, А.З. Шевцова // Экономика Украины. – 2004. – № 10. – С. 37-42.
7. Амоша О.І. Інноваційне оновлення техніко-технологічної бази промислового виробництва на синергетичних засадах: теорія і практика / О.І. Амоша, І.П. Булеев, Г.З. Шевцова // Економіка промисловості. – 2007. – № 1 (36). – С. 3-9.
8. Шевцова Г.З. Хімічна промисловість України. Невідкладний напрям диверсифікації // Г.З. Шевцова, З.Н. Мемедляев // Хімічна промисловість України. – 2009. – № 2. – С. 25-26.

УДК 332.142+339.138

О.А. Овечкіна, О.В. Маслош

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНОЇ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НАЦІОНАЛЬНИХ ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ЗАСАДАХ ЕКОЛОГІЧНОГО МАРКЕТИНГУ

В статті обґрунтовано актуальність організації екологоорієнтованої господарчої діяльності національних виробничих підприємств та розглянуто теоретичне підґрунтя вдосконалення їх екологічної політики. Джерел 16.

Постановка проблеми. Реалії сьогодення вимагають від виробників продукції переходу від моделі прийняття господарських рішень, заснованої на концепції традиційного маркетингу до екологоорієнтованої моделі, в основі якої полягає концепція соціально-етичного маркетингу. Якщо раніше управління не враховувало і, навіть нині, практично не враховує екологічних наслідків розвитку виробництва, то зміна способу життя людини, її світогляду стосовно місця в єдиному природно-енерго-інформаційному всесвіті, обумовлює необхідність ретельного перегляду концепції управління виробництвом, оцінки його можливостей як з точки зору задоволення споживацького попиту, так і з точки зору збереження й відтворення природи. Дослідниками цього комплексного питання відзначається, що підприємства різних галузей економіки стають все більш зацікавленими в тому, щоб досягти достатньої ефективності й результативності екологічної політики, контролюючи вплив своєї діяльності, продукції або послуг на навколишнє середовище та завойовуючи прихильність всіх ринкових партнерів, перед усім споживачів[1,2,3].

Проте, така екологічна політика і цільові екологічні показники діяльності часто є не внутрішньою потребою, а зворотною реакцією підприємств на посилення заходів екологічного законодавства, впровадження інструментів макроекономічної екологічної політики та інших дій, спрямованих на охорону навколишнього середовища, внаслідок чого, проблема створення й підтримки відповідних умов для проведення підприємствами ефективною та довготривалою екологічної політики не втрачає своєї значущості, а набуває нових аспектів, підсиленіх мінливістю внутрішнього й зовнішнього середовища.

З урахуванням вищенаведеного, **метою** проведених досліджень є характеристика та визначення етапів створення екологоорієнтованої моделі господарської діяльності вітчизняних промислових підприємств в процесі підвищення ефективності їх екологічної політики на засадах екологічного маркетингу. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язання наступних **задач**:

- викладення основних положень екологічного маркетингу як складової системи екологічного менеджменту підприємств та напряму соціально-етичного маркетингу;
- визначення внутрішніх мотивів і зовнішніх заохочувань вітчизняних виробників щодо організації екологоорієнтованої моделі господарської діяльності;
- загальна характеристика необхідних умов екологічної орієнтації господарської діяльності національних підприємств – виробників з метою вдосконалення прийнятої екологічної політики та підвищення її ефективності.

Викладення результатів дослідження. Екологічний менеджмент є складовою частиною загального менеджменту, яка включає організаційну структуру, планування видів екологічної діяльності, розподіл відповідальності, забезпечення ресурсів для розробки, впровадження та оцінки результатів реалізації екологічної політики, стимулювання пошуку нових напрямів екологічної діяльності. Дослідниками проблем екологічного менеджменту розрізняються поняття "екологічне управління" та "екологічний менеджмент" [4, с.31-32]. Екологічне управління трактується як діяльність державних органів і економічних суб'єктів, головним чином спрямована на дотримання обов'язкових вимог природозахисного законодавства та розробку і реалізацію відповідних цілей, проектів і програм, тобто для підприємств це зовнішньо стимульована екологічна діяльність. В той же час екологічний менеджмент розуміється як ініціативна і

результативна діяльність економічних суб'єктів, орієнтована на досягнення власних екологічних цілей і реалізацію проектів і програм, тобто це внутрішньо мотивована діяльність на основі принципів екологічної ефективності та конкурентоспроможності, прийнятих підприємствами.

В системі екологічного менеджменту екологічний маркетинг характеризується також двоїсто, водночас, як складова екологічного менеджменту та як напрям соціально-етичного маркетингу [5,с.9-14]. Концепція соціально-етичного маркетингу виникла як реакція суспільства на погіршення стану навколишнього середовища внаслідок господарської діяльності підприємств, підкреслюючи: а) необхідність розвитку їх екологоорієнтованого виробництва з точки зору інтересів суспільства споживачів та під контролюючим зовнішнім впливом неурядових екологічних організацій, об'єднань споживачів, груп суспільної екологічної експертизи; б) екологічні наслідки діяльності підприємств; в) суспільне значення виробництва й споживання екологічно «чистої» продукції.

Дотримуючись ідеї зовнішнього стимулювання переходу підприємств-виробників до екологоорієнтованої діяльності, багато дослідників екологічного маркетингу характеризують його:

- по-перше, як екологічну політику, реалізація якої формує екологічну відповідальність бізнесу [6];
- по-друге, як інструмент екологічного менеджменту в процесі забезпечення прозорості виробничого процесу, достовірності екологічного маркування продукції, створюючи стійкий та взаємовигідний зворотній зв'язок між виробниками і споживачами [7];
- по-третє, як формування фінансових структур підтримки екологічних дій (екологічний аудит, екологічне страхування, зміна форм звітності, нові методи реклами - наприклад, реклама продажу екологічно «чистих» продуктів)[8, с.34];
- по-четверте, як систему ефективних економічних інструментів управління економічним потенціалом суб'єктів господарювання з урахуванням вимог еколого-економічної безпеки суспільства (збереження й відтворення екологічного потенціалу, раціональне використання природних ресурсів, зменшення та усунення негативного впливу на зовнішнє середовище в процесі організації екологічного виробництва)[9, с.1-9].

Узагальнюючі наведені визначення екологічного маркетингу, можна тлумачити його як модель економічної поведінки всіх зацікавлених економічних суб'єктів шляхом організації екологічного виробництва та забезпечення задоволення: а) потреб споживачів у екологічно «чистих» товарах; б) економічних інтересів національних виробників, посередників та постачальників у пропозиції висококонкурентної екологічної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках; в) економічних інтересів суспільства у мінімізації шкоди навколишньому середовищу на всіх стадіях життєвого циклу товарів, збереженні природних ресурсів та підвищенні якості життя. Отже, екологічний маркетинг - це управління спеціально організованим екологічним відтворенням (виробництвом, збутом та споживанням), промислового підприємства, орієнтованим на досягнення гармонії екологічних інтересів всіх його ринкових економічних суб'єктів.

Аналіз розвитку екологічного виробництва й попиту в розвинених країнах, здійснених зарубіжними вченими, показав, що кількість екологічних товарів стрімко зростає (5,6% на рік) [10], при цьому продажі екологічних товарів тільки в 206

Європі подвояться до 2015 року, не зважаючи на їх підвищену вартість (в середньому на 46% вище традиційно-якісних товарів) [11]. Адаптуючись до означених змін світового попиту й пропозиції значна частка західних компаній (60% від їх загальної кількості) вписала природоохоронні проекти в свою загальну стратегію розвитку та здійснює ефективну екологічну діяльність, керуючись основними правилами і принципами екологічного маркетингу [12]. На світовому ринку та національних ринках розвинених країн спостерігається також зростання екологічних потреб споживачів: аналіз загальносвітових тенденцій в попиту і поставках, проведений компанією McKinsey, показав, що дві тенденції з десяти основних мають чітку виражену екологічну спрямованість, забезпечуючи популяризацію здорового способу життя [13].

На фоні інтенсивної екологізації світового попиту й пропозиції значущість прискореної організації екологоорієнтованого виробництва вітчизняних підприємств підсилюється тим, що:

- Україна відчуває негативні наслідки різкого погіршення екологічної обстановки та, в цілому, кризи навколишнього середовища, що спричинені як об'єктивними закономірностями розвитку сучасного виробництва (збільшенням обсягів використання природних ресурсів через зростання виробничих потужностей, забрудненням довкілля тощо), так і суб'єктивними проблемами (протиріччями країн-виробників небезпечних відходів і країн -«поглиначів», неприйняттям суспільством негативного впливу виробництва на загальний світовий простір; виникненням політичного, соціально-етичного змісту екологічної свідомості і світогляду тощо);
- хоча в Україні відсутня остаточно сформована система екологічного маркетингу, але вже існують передумови для його інтенсивного становлення й подальшого розвитку, а саме: підсилюється екологоорієнтована позиція керівників і персоналу підприємств, які мають здійснювати екологоорієнтовану виробничу діяльність через можливість: а) зв'язати воедино процеси, що спрямовані на послідовне поліпшення якості продукції в цілому; б) інтегрувати систему екологічно значущих напрямів діяльності, що збільшать ефективність його екологічної політики; в) підсилити конкурентоспроможність продукції, що задовольнятиме потребам екологоорієнтованого попиту споживачів, які переважають екологічно «чисту» продукцію; г) запозичити та використати досвід іноземних виробників екологічної продукції щодо пошуку нових засобів управління споживацьким попитом.

Екологоорієнтована господарська, перед усім виробнича, діяльність вітчизняних економічних суб'єктів не може впровадитися одночасно директивним способом. Це достатньо тривалий процес, що передбачає перехід до нової якості управління виробництвом, нового рівня культури споживання, усвідомлення всіма економічними суб'єктами загроз, що обумовлені погіршенням стану навколишнього середовища, та переваг, що матиме суспільство в процесі розвитку екологічного виробництва та застосування екологічного маркетингу в ході прийняття господарських рішень за всіма напрямками господарської діяльності. На наш погляд, організація екологоорієнтованої господарської діяльності в Україні має початися зі:

1. Створення завершеної концепції стійкого екологічного розвитку економічних суб'єктів всіх рівнів організації;

2. Розробки й впровадження заходів щодо підвищення ефективності екологічної політики, обрані національними підприємствами для задоволення екологічних інтересів всіх зацікавлених економічних суб'єктів, що має супроводжуватись: а) створенням екологічної складової моделі конкурентоспроможності продукції; б) поєднанням внутрішніх мотивів та зовнішніх заохочувань вітчизняних виробників щодо організації екологоорієнтованої господарської діяльності; в) формуванням бази екологоорієнтованого розвитку мікрорівня національної економічної системи, екологічний потенціал якого безпосередньо формує еколого-економічний потенціал регіонів та країни в цілому [14, с.22-27].

Отже, вдосконалення діючої екологічної політики підприємств має розглядатися як первинний двигун активізації екологічної орієнтації їх господарської діяльності на засадах екологічного маркетингу. Системне вдосконалення процесу розробки й реалізації екологічної політики має починатися з усвідомлення: по-перше, необхідності її проведення всіма ринковими партнерами підприємства; по-друге, доцільності гармонійного поєднання зовнішніх стимулів та внутрішніх мотивів екологізації господарської діяльності будь-яких економічних суб'єктів, по-третє, дотримання останніми наступних вимог до планування перспектив подальшого екологоорієнтованого розвитку власного виробництва (та інших видів бізнесу):

- усвідомлене прийняття екологічних зобов'язань керівництвом підприємств не лише під зовнішнім впливом, а керуючись власними мотивами на основі оцінки негативного дії підприємства на навколишнє середовище;
- поєднання екологічних цілей і задач з метою і задачами розвитку підприємств в цілому з розподілом функцій та відповідальності та вдосконаленням існуючої моделі використання ресурсів в напрямі її раціоналізації;
- використовуючи результати екологічних наукових досліджень, розробка заходів щодо мінімізації негативного впливу підприємств на стан навколишнього середовища та розвитку екологічно чистого виробництва. Вітчизняними дослідниками проблем екологізації виробництва визначено перелік цих заходів, до яких, як відомо, відносять: 1) орієнтацію технологічних процесів на зменшення викидів; 2) впровадження маловідходних та безвідходних технологій та рециклінг відходів; 3) раціональне використання природних ресурсів (зниження матеріалоємності, енергоємності виробів та ін.); 4) модернізацію обладнання; 5) екологічні інновації процесів; 6) впровадження інноваційних продуктів; 7) поліпшення екологічних характеристик продукції [16];
- мотивація і залучення всіх зацікавлених суб'єктів (персоналу, споживачів, постачальників, посередників) в екологічну діяльність підприємства;
- відповідність чинному природоохоронному законодавству, екологічним нормам і правилам; розробка власних екологічних норм і правил, доповнюючих державні вимоги.
- формування екологічної культури виробництва (свідоме застосування в практичній діяльності підприємства основ сучасної екологічної культури);
- підключення до системи добровільного екологічного страхування та екологічної добродійності;

- оприлюднення результатів діяльності, незалежна оцінка результатів екологічної діяльності підприємства (здійснення систематичного екологічного аудиту) тощо.

Для усвідомлення необхідності вдосконалення екологічної політики підприємства його керівництво має проаналізувати й об'єктивно оцінити:

- ефективність існуючого на підприємстві екологічного менеджменту й маркетингу та їх місце в загальній системі менеджменту;
- екологічні параметри готової продукції та використаної сировини, матеріалів, енергоресурсів;
- джерела виділення забруднюючих речовин і утворення відходів, а також діючі на підприємстві системи очищення стічних вод, газів тощо;
- системи розміщення і видалення (використання, переробки, ліквідації, поховання тощо) відходів;
- заходи щодо зниження негативних екологічних наслідків попередньої виробничої діяльності;
- ефективність існуючої діяльності з попередження надзвичайних екологічних ситуацій і заходів в умовах останніх;
- ефективність дії існуючої системи екологічного моніторингу та ведення екологічної документації (зовнішньої і внутрішньої).

Саме результати проведеного керівництвом підприємства аналізу й оцінки основних аспектів екологічної діяльності можуть стати об'єктивно обґрунтованим підґрунтям впровадження системи "тотального менеджменту якості" TQM (Total Quality Management) і системи екологічного менеджменту (EMS) на основі стандартів ISO 14000, що, як відомо, орієнтовані, перед усім, не на кількісні параметри (об'єм викидів, рівень концентрації речовин і т.п.), а на якісні характеристики виробничих процесів (використання "найкращих" доступних технологій", технологічних інновацій), що на практиці дозволить розпочати процес вдосконалення екологічної політики підприємства, забезпечуючи йому кредит «довіри» у відносинах зі всіма зацікавленими в його діяльності організаціями, споживачами, отже стане «першим кроком» на шляху організації екологоорієнтованої господарської діяльності на засадах екологічного маркетингу.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Підсумовуючи вищевикладений матеріал, слід зауважити, що створення екологоорієнтованої моделі господарської діяльності вітчизняних промислових підприємств має стати закономірним результатом впровадження заходів щодо підвищення ефективності їх екологічної політики. Теоретичним підґрунтям вдосконалення екологічної політики підприємств є концепція екологічного маркетингу, розробка основних положень якого має здійснюватися: по-перше, з позицій гармонічного поєднання екологічних інтересів і потреб всіх економічних суб'єктів, зацікавлених у ефективній екологічній діяльності підприємств-виробників; по-друге, з урахуванням особливостей внутрішньої мотивації й зовнішніх заохочувань вітчизняних підприємств щодо організації екологоорієнтованої господарської діяльності останніх. Подальші дослідження у цьому напрямку можуть бути пов'язані з вдосконаленням існуючих методів прийняття господарських рішень в сфері екологічної діяльності національних підприємств-виробників; з розробкою нових методик оцінки ефективності їх екологічної політики з позицій гармонізації екологічних інтересів і потреб всіх ринкових партнерів.

Список літератури

1. Экологический маркетинг в развитии теории: неиспользуемые возможности [Электронный ресурс] / Терешина М. В., Федорова Ю. С. - Режим доступа: <http://www.sworld.com.ua/index.php/uk/economy/where-to-stay-productive-forces-and-regional-economy/1846-tereshina-mv-fedorov-jus>
2. Древаль О. Ю. Проблеми управління економічним потенціалом регіону з урахуванням вимог еколого-економічної безпеки / О. Ю. Древаль, І. В. Грищенко // Вісник Сумського державного університету. Сер. Економіка. - 2011. - № 1. - С. 21-26.
3. Губанова Е. Р. Оценка адекватности инструментов отечественного механизма экологического регулирования рыночным условиям хозяйствования / Е. Р. Губанова // Вісник Одеського державного екологічного університету. - 2011. - Вип. 11. - С. 73-81.
4. Масленникова И. С. Экологический менеджмент : учеб. пособие / И. С. Масленникова, Л. М. Кузнецов, В.Н.Пшенин. - СПб : Изд-во СПбГИЭУ, 2005. - 324с.
5. Смирнова Е. В. Экологический маркетинг / Е. В. Смирнова // Практический маркетинг. - 2010. - № 4 (158). - С. 9–14.
6. Галечьян Н. В чем выгода экологически благополучного имиджа компании / Галечьян Н. // Корпоративная имиджология. - 2008. - № 02 (03). [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ci-journal.ru/article/103/200802eco_mar_keting (10.06.2011).
7. Хачатуров А. Е. Экологический маркетинг / А. Е. Хачатуров, Т. В. Гусева, И. И. Кретов., Г. С. Панин // Маркетинг в России и за рубежом. - 2000. - № 4. - С. 23-29.
8. Эриашвили Н. Д. Маркетинг / Н. Д. Эриашвили, К. Ховард, Ю. А. Цыпкин, Б. А. Соловьев [и др.] - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. - 330с.
9. Малиш Н. А. Екологічна політика: конфліктність, стратегія, тактика [Електронний ресурс] / Н. А. Малиш // Державне управління: теорія і практика. – 2009. – № 2 (10). – С. 1–9. Режим доступа: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Dutp/2009_2/doc.pdf/Malysh.pdf
10. Is green marketing Responsible Marketing? 2009. [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <http://responsiblemarketing.com/blog/2009/02/16/is-green-marketing-responsible-marketing> (10.06.2011).
11. Franz P. Green retail sales set to double in Europe by 2015. 31 травня 2010 р. <http://www.digitaljournal.com/article/292735> (10.06.2011).
12. Прощання з ілюзіями // Комп&ньоН. 2008. - № 35.
13. Сухаревський А. Нова ера економії // [Електронний ресурс]. — Експерт, 18 квітня 2011. - №15. Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2011/15/novaya-era-ekonomii> (10.06.2011).
14. Замула І. В., Економічна та екологічна безпека у контексті стійкого розвитку/ І. В. Замула, Г. В. Кірейцева // Вісник ЖДТУ. Економічні науки. - № 1 (55). - С.196-198.
15. Боронос В. Н. Проблемы согласования эколого-экономических интересов в условиях рынка / В. Н. Боронос, В. В. Буряковський, П. Н. Рубанов // Екологічна економіка та управління. – Суми, 1997. – Т.2. – С. 22-27.
16. Петрушенко М. М., Принципи моделювання організаційно-економічного механізму екологізації промислового підприємства / М. М. Петрушенко, Т. В. Бондар, Т. Г. Грищенко // Вісник Сумського державного університету. - Сер. Економіка. - 2011.- № 1. - С. 72- 82.

В.С. Заболотникова, Д.В. Ніколаєнко

ВИКОРИСТАННЯ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ СУБ'ЄКІВ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Розглянуто використання методу кластерного аналізу для розподілу платників податків за категоріями уваги з метою підвищення ефективності системи податкового контролю. Рис. 2, Табл. 1, Джер. 15.

Податкова система – найактивніший важіль державного регулювання соціально-економічного розвитку. Необхідною складовою ефективною податковою політики є система податкового контролю. Ефективність роботи податкових органів базується, перш за все, на збільшенні надходжень податків та зборів у бюджет країни, а також на зниженні заборгованості та недоїмки за належним чином організованій системи податкового контролю.

Проблема підвищення ефективності системи податкового контролю і податкової системи в цілому є актуальною як в Україні, так і за кордоном [8]. В Україні ця проблема взагалі стоїть особливо гостро. З одного боку, масштабного характеру набули ухилення платників податків від виконання податкових зобов'язань. З другого, технології податкового контролю є недостатньо досконаліми, бо більш ніж однієї третьої виїзних податкових перевірок виявляються нерезультативними. Одним зі способів підвищення податкової контрольної роботи є ефективний відбір платників податків для виїзних перевірок. Проте, у зв'язку з обмеженими фінансовими і людськими можливостями податкових органів, останнім часом практично постійно доводиться вирішувати проблему обґрунтованого відбору платників податків для проведення податкового контролю, оскільки перевірка всіх платників податків невіршена ні в одній з країн світу.

Таким чином, для системи податкового контролю актуальною науково-технічним завданням є завдання розподілу платників податків за категоріями уваги. Рішення даної задачі спричинить підвищення ефективності податкового контролю і, як слідство:

- скорочення трудомісткості аналітичної роботи при відборі платників податків;
- створення умов для змістовного управління контрольної роботи податкових органів;
- автоматизація податкових перевірок на базі математичної моделі;
- використання більш повної інформації про платників податків при плануванні контролю;
- зниження ризику корумпованості робітників податкових органів та вірогідності прийняття суб'єктивних рішень;
- зменшення ймовірності похибки в розрахунках;
- зниження кількості проведення вищими органами перевірок щодо адекватності відбору;
- створення умов для подальшої автоматизації контрольної роботи податкових органів.

Для підвищення ефективності податкового контролю в роботі пропонується проводити відбір платників податків для виїзних перевірок, який можна вважати слідством розподілу суб'єктів підприємницької діяльності на деякі

групи за певними ознаками. В роботі пропонується провести розподіл платників податків за категоріями уваги на «Сумлінних платників», «Платників податків помірною ризику», «Платників податків високого ризику», «Платників податків високого ризику з ознаками шахрайства» [14].

Питаннями моделювання відбору платників податків присвячені роботи як зарубіжних, так і вітчизняних науковців: А. Сандмо, Ч. Колфелтера, А. Вітте, Д. Вудбері, В. Пружанського, Л. Уайлда, М. Мареллі, А. Лаффера, В. Мірабо, Т.Г. Ськоріка, А.А. Васіна, О.І. Панової, Г.І. Букаєва. Сучасні принципи розподілу суб'єктів підприємницької діяльності в Україні в основному ґрунтуються на експертно-евристичних методах. Проте можливість такого ґрунтування вельми обмежені в сучасних умовах, що зумовлює роль суб'єктивного чинника. У зв'язку з цим витікає необхідність використання нових методів та підходів до розподілу та відбору платників податків для виїзних перевірок, зокрема математичного моделювання.

Організація роботи органів державної податкової служби ґрунтується на таких принципах:

- неупереджене ставлення до платників податків та забезпечення максимального рівня сервісу під час їх обслуговування;
- максимальна автоматизація процесів адміністрування податків;
- орієнтація податкового аудиту на «ризикових» платників податків;
- застосування адекватних заходів до суб'єктів господарювання і, що ухиляються від сплати податків.

Органи державної податкової служби повинні забезпечити:

- своєчасність реагування на податкову поведінку платника податків;
- однаковий підхід до платників податків з однаковою податковою поведінкою.

Для забезпечення зазначеного органам державної податкової служби необхідно провести саме розподіл суб'єктів підприємницької діяльності за категоріями уваги. Категорія уваги – характеристика суб'єктів господарювання існуючого рівня ризику, що сформована на основі критеріїв оцінки та розподілу, які визначені Методичними рекомендаціями відносно порядку розподілу платників податків за категоріями уваги [15].

Метою даної роботи є рішення наукової задачі розробки нової технології розподілу платників податків за категоріями уваги засобами математичного моделювання з метою підвищення ефективності податкового контролю. Основна ідея полягає в використанні кластерного аналізу.

Суб'єкти господарювання, що знаходяться на податковому обліку розподіляються органами державної податкової служби за їх фіскальній поважності, податковою поведінкою та в залежності від характеристики галузі та регіону, в якому вони здійснюють свою діяльність. Розподілу не підлягають ліквідовані та зняті з обліку платники податків, а також що визначені в судовому порядку банкрутами [14].

Існують наступні методи розподілу та відбору платників податків для виїзних перевірок (табл. 1).

Слід зазначити, що у майбутньому до впливу людського чинника додасться фактор зміни соціально – економічного (ділового) середовища, який буде виражатися в ускладненні, диверсифікації діяльності платника податків; збільшенні різноманіття юридичних аспектів операцій між платниками, а також підвищенні ризикованості діяльності платників податків. У зв'язку з цим витікає необхідність використання нових методів та підходів до розподілу та відбору платників податків для виїзних перевірок, зокрема математичного моделювання.

В роботі в основу розподілу платників податків покладено принцип аналогії, а для усунення недоліків експертних методів застосовано статистичне моделювання з метою піти від суб'єктивізму і формалізувати процес розподілу платників податків, підвищити вірогідність виявлення порушень податкового законодавства і, як наслідок, максимізувати суми донарахувань до бюджету.

Таблиця 1

Основні методи розподілу та відбору платників податків

Метод відбору	Спосіб реалізації	Принцип, закладений в основу способу реалізації
Експертний	Технологія камеральної перевірки	Принцип прямого рахунку
	За максимальним індивідуальним показником платника податків	Принцип «великі платники податків дають основний об'єм податкових донарахувань»
	За наслідками порівняння показника платника податків з середнім значенням показника в кластері	Принцип «аналогічно»
	На основі передісторії платника податків	Принцип вірогідності повторення порушення
	На основі циклічності податкових перевірок в часі	Принцип регулярності (систематичності) контролю
	Спосіб, заснований на досвіді і знаннях податкових інспекторів	Принцип вірогідності повторення порушень
Методи економіко – математичного моделювання	Виявлення емпіричної залежності по чистій вибірці і розповсюдження її на всю генеральну сукупність платників податків	Принцип «аналогічно»
Випадковий відбір	Вибіркова перевірка платників податків	Принцип виховання законності

Наближений аналог платника податків можна знайти тільки при порівнянні досить великої кількості подібних платників (функціонуючих як мінімум в аналогічному (подібному) економічному середовищі, мають аналогічний профілюючий вид діяльності і аналогічний масштаб діяльності, а також аналогічний об'єкт оподаткування) податків в певний період часу. А це, у свою чергу, зумовлює збір статистичних даних про платників податків і розділення їх статистичної сукупності по сукупності найістотніших ознак на класи, тобто кластеризацію.

Кластерний аналіз є одним з методів багатомірного статистичного аналізу, а ці методи, як відомо, є найбільш діючим кількісним інструментом дослідження соціально-економічних процесів, що описуються великим числом характеристик. Крім того, він найяскравіше відображає риси багатомірного аналізу в класифікації.

Кластерний аналіз – це сукупність методів, що дозволяють класифікувати багатовимірні спостереження за відсутності навчаючих вибірок, тобто апріорної інформації про розподіл генеральної сукупності, з якої зроблена вибірка досліджуваних об'єктів [3]. Головне призначення кластеризації – розбиття безлічі досліджуваних об'єктів і ознак на однорідні у відповідному розумінні групи, або кластери. Це означає, що розв'язується задача класифікації даних і виявлення відповідної структури в ній.

Методи кластерного аналізу – досить прості евристичні процедури, які не мають, як правило, суворого статистичного обґрунтування, але дозволяють звести до мінімуму вірогідність припущення помилки при трактовці результатів кластерного аналізу [13].

Методи кластерного аналізу дозволяють вирішувати наступні задачі:

- розбиття вихідної сукупності об'єктів на порівняно невелику кількість областей групування (кластерів) так, щоб елементи одного кластера були максимально подібними між собою, тобто, розташовувалися на невеликій відстані один від одного;

- виявлення структури сукупності досліджуваних об'єктів;

- визначення природного розшарування вихідних об'єктів на чітко виражені кластери, які розташовані на деякій відстані один від одного, і які розпадаються на так само віддалені одна від одної частини [1].

Вагомою перевагою кластерного аналізу є те, що він дозволяє робити розбиття об'єктів не за одним параметром, а за цілим набором ознак. Крім того, кластерний аналіз, на відміну від більшості математико-статистичних методів, не накладає ніяких обмежень на вигляд даних об'єктів і дозволяє розглядати безліч початкових даних практично довільною природи [7].

Стосовно розподілу суб'єктів підприємницької діяльності можна визначити, що оскільки статистичне моделювання здійснюється на всій вибірці платників податків, то повинні бути сформульовані особливі вимоги до принципів кластеризації. Чим повнішими та обґрунтованими є принципи кластеризації, тим вище точність моделювання й вірогідність досягнення позитивних результатів від його застосування. Тому кластеризація повинна будуватися на наступних принципах:

- принцип головних видів діяльності. Він полягає у тому, що у різних платників податків існують схожі види діяльності, які можна виділити і прийняти як стандартні. Основні види діяльності залишаються незмінними на деякому проміжку часу і можуть бути описані з прийнятною точністю «типовими» моделями. Тому кластеризацію платників податків слід проводити по однаковому стандартному виду діяльності;

- принцип зіставлення платників податків за масштабами діяльності;

- принцип однорідності за податками, що нараховуються (всі платники податків одного кластера повинні бути платниками одних і тих же податків).

Рішенням задачі кластерного аналізу є розбиття, що задовольняє деякому критерію оптимальності. В роботі в якості функціонала, що являє собою цей критерій оптимальності, було обрано внутрішньогрупову суму квадратів відхилення

$$W = \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2 = \sum_{j=1}^n x_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n x_j \right)^2, \quad (1)$$

де x_j - є вимірюваннями j -го об'єкту.

Розподіл суб'єктів підприємницької діяльності за категоріями уваги проводилася методом ближнього сусіда. Він є одним з агломеративних методів кластерного аналізу, суть його полягає у послідовному об'єднанні двох найбільш подібних кластерів в один.

Для об'єднання двох об'єктів в один кластер застосовували евклідову відстань (2), що обґрунтоване наступним:

- спостереження обираються з генеральної сукупності, що має багатовимірний нормальний розподіл, а ознаки X_i взаємно незалежні і мають однакову дисперсію;

- ознаки однорідні за змістом і однаково важливі для проведення аналізу;

- ця відстань є інтуїтивним представленням про близькість, а також є вдалою завдяки своїй квадратичній формі

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ki} - x_{kj})^2} \quad (2)$$

Слід зазначити, що при використанні евклідової відстані початкові дані підлягають стандартизації, тобто виражаються через відношення їх значень до деякої величини, що відображає певні властивості даного показника. Стандартизацію можна проводити декількома шляхами. Але найбільш поширеним є стандартизація шляхом центрування та нормування або обчислення, так званого, стандартизованого внеску. Його ще називають Z-внеском. Він показує, скільки стандартних відхилень відділяє дане спостереження від середнього значення

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}, \quad (3)$$

де x_{ij} – реалізація j – тої ознаки на i – тому об'єкті,

\bar{x}_j - середнє значення j - тої ознаки,

S_j - середньоквадратичне відхилення j – тої ознаки.

В результаті здійснюється перехід від матриці вихідних даних X до матриці стандартизованих даних Z . Стандартизація означає визнання всіх ознак рівноцінними з погляду з'ясування схожості даних об'єктів.

В роботі стандартизація проведена з урахуванням того, що логічні значення факторів «так» та «ні» замінювались відповідно на «1» та «0».

Після проведення стандартизації було сформовано для подальшого процесу кластеризації симетричну матрицю евклідових відстаней.

Початково кожен об'єкт належав окремому кластеру. Далі проводилося об'єднання кластерів за методом ближнього сусіда. Тобто визначалась найменша відстань між кластерами, які об'єднувались в один кластер, відстань від якого до інших кластерів визначалась за наступною формулою

$$d_{rs} = 0,5d_{ps} + 0,5d_{qs} - 0,5\gamma |d_{ps} - d_{qs}| \quad (4)$$

На кожному кроці процес повторювався. В результаті останнього кроку всі об'єкти були об'єднані в один кластер.

Доцільна кількість кластерів, на які розіб'ється вихідна сукупність, визначається шляхом аналізу значення відстані між кластерами, при якому

здійснювалось об'єднання кластерів. Ця кількість виявиться на тому етапі, після якого приріст значення відстані між кластерами буде найбільшим.

Аналізуючи відстані, при яких здійснювалось об'єднання кластерів, було виявлено, що найбільший приріст спостерігався на 10 кроці: $\Delta d = 1,84 - 1,28 = 0,56$ та на 17 кроці: $\Delta d = 3,05 - 2,7 = 0,35$.

Таким чином, найбільш доцільним було утворення трьох кластерів:

- $K_1 = \{n_1, n_8, n_{16}, n_7, n_2, n_{13}, n_6, n_{15}, n_{17}, n_{20}\}$;
- $K_2 = \{n_{11}, n_{12}, n_4, n_{10}, n_{14}, n_3, n_9\}$;
- $K_3 = \{n_{19}, n_5, n_{18}\}$.

Це підтверджує і графічне представлення процесу кластеризації – дендограма (рис.1), яка показує, які кластери, і при якому значенні відстані між ними були об'єднані на черговому кроці.

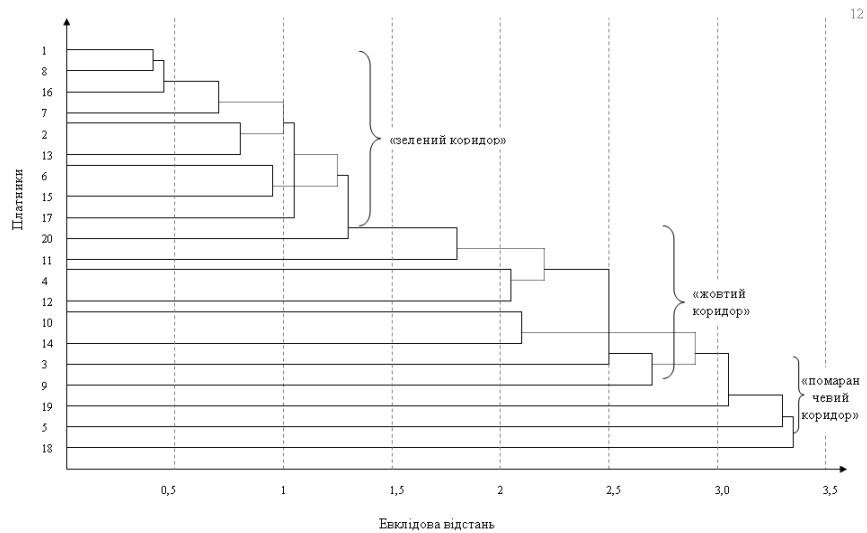


Рис. 1. Дендограма кластеризації 20 платників податків – фізичних осіб

Порівняльний аналіз результатів, отриманих в результаті кластеризації та реальних, наданих ДПІ показав, що розходження виявилось лише за одним платником, тобто отримані результати сміливо можна вважати достовірними, а розходження можливо пояснити фактором впливу на результат як раз людського чинника, від якого відійшли, застосувавши кластеризацію.

Кластеризація суб'єктів підприємницької діяльності із застосуванням методу ближнього сусіда базується на таких параметрах розподілу об'єктів (СПД), як багатомірне середнє і багатомірна дисперсія. Тому для інтерпретації результатів необхідно проаналізувати ці статистичні параметри.

Інтерпретація кластерів:

- до першого кластеру – «зеленого коридору» відносяться платники податків, що не порушують податкового законодавства, показник питомої ваги нарахованого до сплати податку на додану вартість (ПДВ) у загальному обсязі продаж яких дорівнює приблизно 0,15; показник питомої ваги товарообмінних операцій у сумі операцій, що оподатковуються за ставкою 20% дорівнює одиниці; доля операцій по ліквідації основних фондів за рішенням платника в

загальному обсязі операцій, що оподатковуються за ставкою 20 % дорівнює нулю, відношення нарахованої суми ПДВ до податкових зобов'язань є більшим або дорівнює 0,5; показник відношення податкового зобов'язання до податкового кредиту більш ніж 1,5.

- до другого кластеру – «жовтого коридору» - платники податків, що не порушують податкового законодавства, показник питомої ваги товарообмінних операцій яких у сумі операцій, що оподатковуються за ставкою 20% майже дорівнює одиницю, доля операцій по ліквідації основних фондів за рішенням платника в загальному обсязі операцій, що оподатковуються за ставкою 20 % дорівнює нулю, відношення нарахованої суми ПДВ до податкових зобов'язань дорівнює 0,5; показник відношення податкового зобов'язання до податкового кредиту більш ніж 1,5.

- до третього кластеру – «помаранчевого коридору» - платники податків, чий показник питомої ваги нарахованого до сплати податку на додану вартість (ПДВ) у загальному обсязі продаж є більшим 1,5; показник питомої ваги товарообмінних операцій у сумі операцій, що оподатковуються за ставкою 20% менш одиниці; доля операцій по ліквідації основних фондів за рішенням платника в загальному обсязі операцій, що оподатковуються за ставкою 20 % дорівнює нулю, відношення нарахованої суми ПДВ до податкових зобов'язань менш 0,5; показник відношення податкового зобов'язання до податкового кредиту менш за одиницю.

Графічно це зображено на рисунку 2.

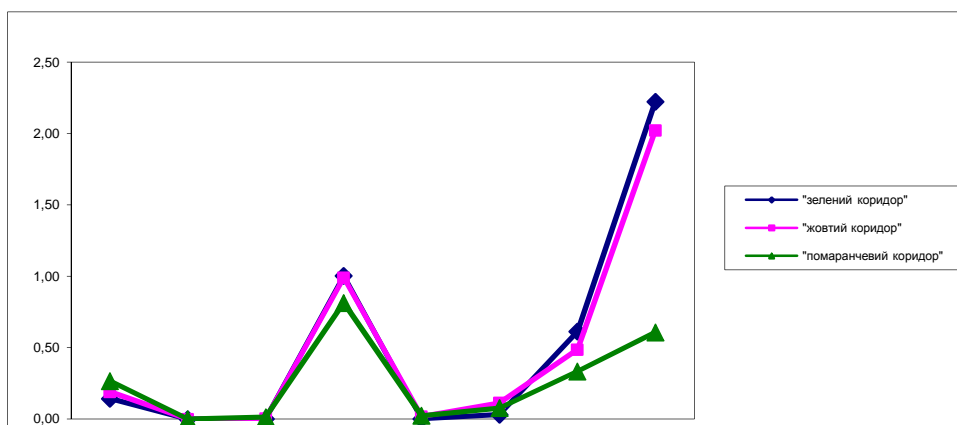


Рис. 2. Середні значення показників кожного сформованого кластеру

Висновки.

В даній роботі запропонована нова технологія розподілу платників податків за категоріями уваги з використанням кластерного аналізу, яка призводить до збільшення ефективності податкового контролю. Використання даної методики проведення розподілу суб'єктів підприємницької діяльності дозволить отримати чіткі й достовірні переліки платників податків за категоріями уваги, оптимально скласти план контрольних перевірок, виявити внутрішні зв'язки між одиницями спостережуваної сукупності.

Результати проведеного аналізу можуть бути використані в процесі планування контрольних заходів державною податковою інспекцією. Також дозволить формалізувати процес відбору платників податків для виїзних

перевірок, уникнути впливу людського чинника на результати розподілу, що, у свою чергу, збільшити відсоток результативності виїзних перевірок та збільшити надходження в бюджет.

Список літератури

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики : учебник для вузов / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
2. Близоруков М.Г. Статистические методы анализа рынка : учебно – методическое пособие / М.Г. Близоруков. – Екатеринбург: ин-т управления и предпринимательства Уральского гос. ун-та, 2008. – 75 с.
3. Григорук П.М. Багатомірне економіко – статистичне моделювання : навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів / П.М. Григорук. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2000. – 148 с.
4. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел; пер. с англ. Е.З. Демиденко; под ред. А.Я. Боярского. – М. : «Статистика», 1977. – 128 с.
5. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посібник / А. М. Єріна. – К. : КНЕУ, 2001. – 170 с.
6. Жамбю М. Иерархический кластерный анализ и соответствия / М. Жамбю; пер. с фр. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 317 с.
7. Заболотникова В.С. Проблемы моделирования отбора налогоплательщиков для выездных проверок [Электронный ресурс] / В.С. Заболотникова, Т.Ю. Ролик // WEB-ресурс научно-практических конференций. – Режим доступа : www.confcontact.com.
8. Заболотникова В.С. Податковий контроль як невід’ємний інструмент державної податкової служби / В.С. Заболотникова, О.В. Соломатіна // Вісник Запорізького національного університету. – 2010. – №3 (7). – С. 128-133.
9. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др.; пер. с англ. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
10. Мандель И. Д. Кластерный анализ: учебник / И. Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
11. Полупанов Д.В. Математические модели ранжирования объектов налогового контроля: автореф. дис. к.т.н. / Д.В. Полупанов. – Уфа, 2007. – 19 с.
12. Поттосина С.А. Экономико-математические модели и методы: учеб. пособие для студ. экон. спец. БГУИР всех форм обуч. / С.А. Поттосина, В.А. Журавлев. – Мн.: БГУИР, 2003. – 94 с.
13. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учеб. пособие для вузов / С.И. Шелобаев. – М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 367 с.
14. Наказ Державної податкової адміністрації України «Про затвердження Порядку розподілу платників податків за категоріями уваги до їх супроводу» N 78 від 23.02.2005 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : sta.gov.ua.
15. Наказ Державної податкової адміністрації України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розподілу платників податків за категоріями уваги» № 373 від 30 червня 2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : sta.gov.ua.

ДІАГНОСТИКА НАПРЯМІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Висвітлені особливості економічної діагностики як етапу обґрунтування управлінських рішень. Запропонований комплексний метод діагностики напрямів вдосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства, який дозволяє не лише формувати стратегічні рекомендації, але й проводити перевірку утрудненості їх реалізації та узгодженості з наявними стратегіями. Табл. 2, Джерел 35.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Як відзначається багатьма дослідниками, діагностика стану підприємства передбачає вирішення трьох невід'ємно пов'язаних питань: а) оцінку поточного рівня ефективності господарювання; б) виявлення наявних / можливих точок падіння («слабких місць») ефективності; в) виділення резервів нарощування («сильних місць») останньої [1, с. 22-25; 2, с. 25; 3, с. 24; 4, с. 17; 5, с. 3, 8; 6, с. 9; 7, с. 146; 8, с. 184-188; 9, с. 8-9]. Розв'язання цієї триєдиної проблеми, зазвичай, спирається на використання розгалуженої сукупності дослідницьких методів, орієнтованих на поглиблену якісну оцінку динаміки різнопланових економічних показників з подальшою ідентифікацією факторів виникнення «сильних» або «слабких» місць підприємства, що обумовлює певну неузгодженість отриманих висновків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вирішуючи питання якісної оцінки динаміки економічних показників, дослідники, зазвичай, орієнтуються на критерії оперативної групи, більшість з яких є вимірюваними та припускають бінарну (однозначну) характеристику (типа добре / погано) [10, с. 374-376]. У значній кількості випадків при цьому перевага надається ресурсним показникам, що демонструють досягнуту ефективність використання економічних ресурсів та динаміку факторів її зміни [2, с. 25; 3, с. 24; 4, с. 17; 5, с. 3, 8; 6, с. 9; 7, с. 146; 9, с. 8-9].

В ході виділення «сильних» або «слабких» місць (поява яких спричинена відповідністю або невідповідністю внутрішнього середовища зовнішнім конкурентним умовам [11, с. 150]), наголос робиться на критеріях стратегічної групи, складність вимірювання яких зумовлює широке використання експертних оцінок та матричних методів обробки інформації [11, с. 150; 12, с. 126-193].

Узгодження результатів численних аналітичних досліджень відбувається шляхом їх логічного аналізу та зіставлення; при цьому особливої важливості набувають такі характеристики особи, що приймає рішення, як наявність відповідних навичок і знань, вміння виокремлювати найважливіші частини проблеми, схильність до ризику тощо. Невирішеним теоретико-методичним питанням при цьому лишається формування комплексного методу економічної діагностики, що зменшує кількість аналітичних розрахунків, мінімізуючи при цьому суб'єктивність обробки результатів

Метою дослідження є обґрунтування та побудова методу економічної діагностики підприємства, який дозволяє розробити дієві стратегічні рекомендації щодо подальшого удосконалення діяльності підприємства. Досягнення означеної мети потребує вирішення таких задач:

- відбір найбільш інформативних показників-індикаторів оцінки

- внутрішнього середовища підприємства; оцінка розповсюджених методів зіставлення показників внутрішнього середовища;
- визначення показників оцінки зовнішнього середовища;
- вибір методу співставлення напрямів змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства;
- побудова алгоритму діагностики відповідності внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства з виділенням бажаних напрямів вдосконалення діяльності;
- розробка методики оцінки утрудненості вдосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства у заданому напрямі;
- виділення засобів забезпечення стратегічної органічності напрямів удосконалення діяльності.

Виклад основного матеріалу. Економічна діагностика на підприємстві має бути спрямована на визначення не лише наявного стану, але й потенційних трансформацій внутрішнього середовища. Наслідком ґрунтування діагностики на даних економічного аналізу є прагнення дослідників використовувати вимірювані дані про залучення і використання виробничих ресурсів на підприємстві. Серед усіх видів економічних ресурсів найбільшою трансформаційністю вирізняються фінансові, що не лише є високоліквідними, здатними швидко перетворюватись на сировину, основні засоби, дозволи (ліцензії) на використання новітніх технологій тощо; припускають можливість збільшення власного розміру завдяки запозиченню з зовнішніх джерел; але й формують засади ефективності всієї подальшої виробничо-господарської діяльності [13, с. 7-14; 14; 15, с. 98-105; 16, с. 11-21]. Висока значущість та розмаїття впливу на діяльність підприємства фінансів зумовлюють переважне застосування для діагностики внутрішнього середовища цілого комплексу показників фінансової стійкості та економічної безпеки господарської діяльності [13, с. 7-14; 16, с. 36-59; 17, с. 189-223]:

1. Коефіцієнт автономії (незалежності) (Кавт), який характеризує частку власного капіталу в структурі капіталу компанії, тобто співвідношення інтересів власників підприємства і кредиторів:

$$\text{Кавт} = \frac{\text{ВК}}{\text{Активи}} = \frac{\text{ВК}}{\text{ВК} + \text{ЗК}}, \quad (1)$$

де ВК – власний капітал;
ЗК – залучені кошти;
Активи – підсумок балансу.

2. Коефіцієнт іммобілізації активів, що визначається як співвідношення необоротних та оборотних активів підприємства. Нижче значення даного коефіцієнту відповідає вищому ступеню ліквідності активів та більшій здатності підприємства відповідати за своїми зобов'язаннями.

3. Коефіцієнт короткострокової заборгованості – виражає частку короткострокових зобов'язань у загальній сумі зобов'язань:

$$\text{ККЗ} = (\text{К}^{\text{к}} + \text{КЗ} + \text{Б}) / (\text{К}^{\text{д}} + \text{К}^{\text{к}} + \text{КЗ} + \text{Б}), \quad (2)$$

де $\text{К}^{\text{к}}$ – короткострокові кредити і позикові засоби;
 $\text{К}^{\text{д}}$ – довгострокові кредити і позикові засоби;
Б – зобов'язання, не погашені в строк;
КЗ – розрахунки (кредиторська заборгованість) та інші пасиви.

4. Коефіцієнт майна виробничого призначення – дорівнює відношенню суми необоротних активів (НА), запасів та витрат (ЗТВ) до валюти балансу.

5. Сума власних оборотних коштів (ВОК), яка демонструє частку власного

капіталу, що використовується для фінансування поточних активів:

$$\text{ВОК} = \text{ДВЗ} - \text{ОК}, \quad (3)$$

ДВЗ – джерела власних засобів (підсумок розділу I пасиву балансу і розділу V пасиву балансу);

ОК – основний капітал (підсумок I активу балансу).

6. Коефіцієнт забезпеченості власним оборотним капіталом:

$$K_{\text{заб}} = (\text{ПЗ} - \text{НА}) / (\text{НА} + \text{ОБА} + \text{ВМП}), \quad (4)$$

де ПЗ – поточні зобов'язання;

НА – необоротні активи підприємства;

ОБА – оборотні активи підприємства;

ВМП – витрати майбутніх періодів.

7. Коефіцієнт забезпеченості власними коштами запасів і витрат – дорівнює відношенню різниці між сумою джерел власного капіталу (ВК) довгострокових кредитів (K^D) і необоротних активів (НА) до розміру запасів і витрат (ЗтВ):

$$K_{\text{зВК}} = (\text{ВК} + K^D - \text{НА}) / (\text{ЗтВ}), \quad (5)$$

8. Коефіцієнт оборотності дебіторської заборгованості (КО_{дз}) – дозволяє визначити, скільки разів у дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги перетворювалася в кошти протягом звітного періоду:

$$\text{КО}_{\text{дз}} = \frac{B}{\text{ДЗ}}, \quad (6)$$

де В – вииторг підприємства;

ДЗ – середня вартість чистої дебіторської заборгованості за період.

9. Коефіцієнт оборотності кредиторської заборгованості (КО_{кз}), який показує кількість оборотів, необхідних для оплати виставлених рахунків по комерційному кредиту:

$$\text{КО}_{\text{кз}} = \frac{3}{\text{КЗ}}, \quad (7)$$

де З – обсяг закупівлі в кредит за період;

КЗ – середня вартість кредиторської заборгованості за товари, роботи, послуги.

Як було зазначено вище, у більшості випадків фінансово-економічні показники дозволяють надавати однозначну характеристику внутрішніх процесів підприємства; більш того, їх об'єктивна (числова) форма уможливіє застосування точних методів оцінки [5, с. 33-45; 13, с. 10-14; 14; 15, с. 98-105]. Водночас, специфічні особливості кожного з запропонованих методів обмежують його використання для діагностичних потреб:

1) визначення абсолютних та відносних відхилень звітних значень показників господарської діяльності підприємства як від аналогічних показників базового (найчастіше – попереднього) періоду, так і від оптимального (нормативного або планового) значення. Означений метод відхилень надає коректні результати лише за умов взаємної наближеності порівнюваних періодів, коли зміна впливу факторів зовнішнього оточення може бути проігнорована. Базування висновків на даних короткострокового періоду зумовлює коректність виключно оперативних рекомендацій, ускладнюючи подальше застосування стратегічних критеріїв в ході обґрунтування управлінських рішень;

2) багатокритеріальне групування підприємств згідно отриманих значень

показників з подальшою розробкою типових рекомендацій. Подібний підхід нівелює відмінності стратегічних пріоритетів розвитку окремих підприємств, що обмежує перелік стратегічних альтернатив, визначених за результатами діагностики;

3) проведення детермінованого факторного аналізу на базі аналітично-функціональних залежностей, як і кореляційно-регресійний аналіз змін показників внутрішнього середовища відокремлюють внутрішні процеси на підприємстві від ринкових процесів.

Подальша діагностика підприємства потребує формування переліку показників оцінки зовнішнього безпосереднього оточення підприємства, тобто, критеріїв стратегічної оцінки галузі:

- ступінь та напрям (стримуючий / стимулюючий) державного регулювання діяльності підприємств;

- бар'єри на вході і виході з ринку;

- ємність цільового ринку та частка, яка належить лідерам;

- темп зростання галузевого ринку, стабільність ринкової кон'юнктури;

- частота та глибина оновлення галузевих технологій;

- частка імпортової продукції на ринку, експортна орієнтація галузі;

- стандарти якості галузевої продукції, прийнятний рівень сервісу;

- рівень інтегрованості галузевих підприємств;

- рівень диверсифікованості галузевої продукції;

- кількість ключових сегментів ринку, ступінь їх охоплення наявними конкурентами;

- наявність та обсяг ринкових ніш.

Особливістю зазначених стратегічних критеріїв є складність їх точного числового вимірювання та широке застосування експертних оцінок. Через суб'єктивність подібних оцінок, вони рівною мірою визначають як динаміку досліджуваних процесів, так і зміну ставлення до них з боку аналітика-діагноста. Зумовлена цим похибка унеможливорює застосування аналітичних методів та стає причиною надання переваги матричним методам [12, с. 126-137; 18, с. 226-230; 19, с. 65-83, 96-101; 20, с. 16-19; 21, с. 98-118, 166-170; 22, с. 384-388; 23, с. 59-94, 143-171]. Тому побудова методу економічної діагностики підприємства має спиратись на об'єктивні вимірювані характеристики, серед яких найважливішими є ємність ринку та темп його зростання.

Співставлення напрямів змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства має відбуватись шляхом розрахунків парних та множинних коефіцієнтів кореляції [25, с. 195-214; 26] з подальшою оцінкою вірогідності коефіцієнтів:

- для парного (простого) коефіцієнта кореляції – шляхом розрахунку критерія Стюдента;

- для множинного коефіцієнта кореляції – шляхом визначення так званого F-критерію

та порівнянням отриманих значень з нормованими, наданим у спеціальних таблицях.

Застосування кореляційно-регресійного аналізу зв'язків показників господарської діяльності підприємства та характеристик ринку дозволяє, по-перше, виділити стійкі тенденції залучення або відторгнення ринкових можливостей та погроз; по-друге, спрогнозувати зміни фінансового становища підприємства у випадку ринкових потрясінь. Діагностика напрямів змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства у такому випадку має проводитись за наведеним алгоритмом:

1) вибір критеріїв доцільності внутрішніх змін. На думку авторів, такими критеріями мають бути зростання показників прибутку (абсолютний вимір ефективності господарювання) та рентабельності витрат (відносний вимір ефективності). Збір статистичних даних за кілька років діяльності підприємства;

2) виділення основних фінансово-економічних характеристик внутрішнього середовища підприємства (можливе доповнення базового переліку, наданого на початку даної статті) та їх розрахунок за даними фінансової звітності;

3) визначення коефіцієнтів кореляції показників-критеріїв доцільності змін та показників-характеристик внутрішнього середовища;

4) обґрунтування та вибір показників зовнішнього середовища (бажано використання показників ємності ринку та темпів його зростання; оскільки зміна саме цих характеристик завдає притік або відтік галузевих конкурентів, рівень державного втручання в діяльність виробників, жорсткість вимог споживачів до якості продукції тощо);

5) визначення кореляції (взаємного зв'язку) показників, визначених за пп. 2 та 4 даного алгоритму;

6) побудова матриці зіставлення змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства.

З метою спрощення розрахунків, доцільно згрупувати статистичні дані (за пп. 1, 2 та 4 алгоритму) у табл. 1.

Таблиця 1

Таблиця подання вихідних даних для порівняльної діагностики підприємства

№ п/п	Показники	Значення за періодами			
		1-й	2-й	...	n-й
	<i>Критерії оцінки доцільності внутрішніх змін</i>				
K1	Прибуток підприємства, грошових од.				
K2	Рентабельність виробництва, %				
	<i>Показники внутрішнього середовища підприємства</i>				
B3	Коефіцієнт автономії				
B4	Коефіцієнт іммобілізації активів				
B5	Коефіцієнт короткострокової заборгованості				
B6	Коефіцієнт майна виробничого призначення				
B7	Власний оборотний капітал				
B8	Коефіцієнт забезпеченості власним оборотним капіталом				
B9	Коефіцієнт забезпеченості власними коштами запасів і витрат				
B10	Період оборотності кредиторської заборгованості, днів				
B11	Період оборотності дебіторської заборгованості, днів				
	<i>Показники стану зовнішнього середовища</i>				
312	Ємність ринку, нат. од.				
313	Темп приросту ємності ринку, %				

Розраховані коефіцієнти кореляції показників-критеріїв доцільності змін, показників-характеристик внутрішнього середовища та ринкового попиту (пп. 3 і 5

алгоритму), згруповані у матрицю зіставлення змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства, представлену у табл. 2.

Таблиця 2

Загальний вигляд матриці зіставлення змін внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства

Кореляція		Показники внутрішнього середовища підприємства		Кореляція	
з 312	з 313			з K1	з K2
		V3	Коефіцієнт автономії		
		V4	Коефіцієнт іммобілізації активів		
		V5	Коефіцієнт короткострокової заборгованості		
		V6	Коефіцієнт майна виробничого призначення		
		V7	Власний оборотний капітал		
		V8	Коефіцієнт забезпеченості власним оборотним капіталом		
		V9	Коефіцієнт забезпеченості власними коштами запасів і витрат		
		V10	Період оборотності кредиторської заборгованості		
		V11	Період оборотності дебіторської заборгованості		

Означена матриця дозволяє, спираючись на прогноз динаміки ринкового попиту, обрати саме ті внутрішні характеристики підприємства, трансформація яких найбільшою мірою сприятиме нарощуванню прибутку та рентабельності витрат, за допомогою алгоритму:

1) виділення групи показників внутрішнього середовища підприємства, які тісно пов'язані з параметрами зовнішнього середовища;

2) відбір у переліку, побудованому в ході виконання п. 1 алгоритму, тих показників, зв'язок яких з оточенням підприємства є вірогідним [25, с. 195-214; 26];

3) виділення з переліку, створеного за п. 2 алгоритму, показників, тісно пов'язаних з параметрами доцільності внутрішніх змін;

4) побудова ланцюжків напрямів послідовної дії показників: зовнішнє середовище → внутрішнє середовище → доцільність змін (типа «зростання → зростання → зниження», «зниження → зростання → зростання» тощо);

5) поворот ланцюжків таким чином, щоб остання ланка описувала бажані зміни показників доцільності змін (зростання прибутку та рентабельності підприємства). Для запропонованих у попередньому пункті алгоритму прикладів ланцюжки матимуть вигляд: «зниження → зниження → зростання» та «зниження → зростання → зростання» відповідно;

6) вибір тих ланцюжків, початкова ланка яких відповідає прогнозним тенденціям зовнішнього середовища (зміни ємності та темпів зростання ринку).

Таким чином, запропонований алгоритм, порівняно з розглянутими раніше діагностичними методами, має ряд суттєвих переваг:

- порівняно з методом відхилень, дозволяє враховувати збільшений горизонт ретроспективних подій (за вимогами побудови кореляційних залежностей, розрахунки мають базуватись не менш ніж на десяти спостереженнях);

- на відміну від багатокритеріального групування, враховує наявні зміни

стратегічних пріоритетів розвитку підприємства, оскільки в межах збільшеного горизонту подій підприємство мало відчутти наслідки більшості проведених стратегічних змін;

- розвиваючи традиційні аспекти застосування факторного або кореляційно-регресійного аналізу, пов'язує показники ефективності господарювання підприємства з зовнішніми ринковими тенденціями, враховуючи при цьому необхідні зміни внутрішнього середовища.

Проведена за запропонованим алгоритмом діагностика бажаних змін внутрішнього середовища підприємства має підтверджуватись оцінкою їх досяжності, призначеною для забезпечення раціонального розподілу фінансових ресурсів підприємства. Подібна оцінка може проводитись за методикою, сформованою на базі досліджень вітчизняних авторів [1, с. 24-25]:

1. Нормування вихідних даних (згрупованих у табл.1) на основі показника розмаху значень:

- для показників-стимуляторів (коли збільшення значень відповідає позитивним тенденціям діяльності):

$$Y_{ji} = \frac{X_{ji} - X_i^{\min}}{X_i^{\max} - X_i^{\min}}; \quad (8)$$

- для показників-дестимуляторів (збільшення значень відповідає негативним тенденціям діяльності):

$$Y_{ji} = \frac{X_{ji} - X_i^{\max}}{X_i^{\min} - X_i^{\max}}; \quad (9)$$

- для показників, нормативним значенням яких відповідає певний діапазон, на відрізок до середини останнього використовується формула (8), після – формула (9),

де: Y_{ji} – нормоване значення і-го оціночного показника в j-тий момент часу, $0 < Y_{ji} < 1$;

X_{ji}^{\max} , X_{ji}^{\min} – відповідно, найбільше і найменше значення і-го оціночного показника за певний період часу;

X_{ji} - фактичне значення і-го оціночного показника в j-тий момент часу.

2. Локальна оцінка утрудненості досягнення бажаного значення і-го показника внутрішнього середовища за формулою:

$$D_{ji} = \frac{E_i \cdot (1 - Y_i)}{Y_i \cdot (1 - E_i)}, \quad (10)$$

де E_i – «найгірше» значення оцінюваного і-го показника протягом досліджуваних періодів, $0 < D_i < 1$.

3. Узагальнююча оцінка утрудненості досягнення бажаного стану внутрішнього середовища:

$$d = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - D_{ji})^{(1-L_i)}, \quad (11)$$

де n – число індикаторів, які були відібрані за результатами діагностики напрямів змін внутрішнього та зовнішнього середовища;

L_i – значущість і-го показника у досягненні наявних фінансово-економічних цілей підприємства; встановлюється експертним шляхом, або на основі спеціального економіко-математичного дослідження. Коефіцієнт L_i застосовується для врахування схильності особи, яка приймає рішення, до

маніпулювання означеним фінансовим показником ($L_i > 0$, $\sum_{i=1}^n L_i = 1$, вище значення L_i відповідає меншій схильності). Якщо подібної інформації немає, то можна прийняти $L_i = 1/n$.

4. Логарифмічне перетворення інтегральної оцінки утрудненості досягнення бажаного стану внутрішнього середовища дозволяє перейти до визначення ймовірностей, які є більш наочними. Згідно з логікою моделі, більше значення показника відповідає більшій ймовірності вдосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства:

$$Z_d = \ln \frac{1}{1-d_0} - \ln \frac{1}{1-d}, \quad (12)$$

де d_0 – оцінка утрудненості досягнення бажаного стану внутрішнього середовища в момент, якому відповідало значення E_i (застосоване у формулі (10)).

Крім утрудненості вдосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства та бажання / небажання особи, яка приймає рішення, необхідно забезпечити органічність бажаних змін напрямів діяльності підприємства з діючими стратегіями, актуальними цілями та проблемами господарювання [27; 28, с. 101-102; 29, с. 20-22; 30, с. 240-255; 31, с. 32; 32, с. 12-13; 33, с. 37; 34, с. 85-88; 35, с. 58-59] з використанням:

- цільового аналізу – оцінки узгодженості цілей різного рівня складності, пов'язаних зі здійсненням господарської діяльності підприємства, шляхом побудови «дерева цілей»;
- функціонального аналізу – порівняння взаємного впливу очікуваних / наявних результатів виконуваних робіт, заходів, функцій за допомогою «дерева робіт / функцій»;
- функціонально-цільового аналізу – системного дослідження завдань і заходів (функцій) щодо їх виконання за допомогою змішаного графіка;
- проблемного аналізу – оцінки взаємного зв'язку основних проблем функціонування підприємства шляхом декомпозиції (уточнення) останніх з побудовою логічного ланцюжка: проблема → цілі її розв'язання → функції (заходи, яких слід вжити для розв'язання проблеми даного рівня і одночасно для розв'язання проблеми вищого (пріоритетного) рівня на «дереві проблем»).

Висновки і перспективи подальших досліджень.

В роботі розроблений комплексний метод діагностики напрямів удосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства. Описаний алгоритм є відкритою моделлю, яка припускає розширення переліку використаних факторів залежно від ключових параметрів наявної та перспективної фінансових стратегій підприємства та особливостей галузевого ринку. Особливості побудови даного методу якнайповніше відповідають потребі утворення єдиного ланцюжку обґрунтування управлінських рішень: аналіз → діагностика → стратегічне планування.

В ході застосування запропонованого методу діагностики проводиться зіставлення фінансово-економічного стану підприємства з обсягом та динамікою ринкового попиту; виділяються бажані напрями вдосконалення діяльності з оцінкою утрудненості та забезпеченням стратегічної органічності відповідних змін. Подальші дослідження у даному напрямі мають бути спрямовані на врахування в ході діагностики таких особливостей діяльності окремих підприємств як належність до певної галузі, тяжіння до зовнішньоекономічної

діяльності, залежність від специфічних ресурсів тощо.

Список літератури

1. Корецький Б. Діагностика економічної безпеки суб'єктів господарювання в транзитивній економіці / Б. Корецький // Наукові записки. – 2006. – № 15. – С. 22-25.
2. Швиданенко Г. О. Сучасна технологія діагностики фінансово-економічної діяльності підприємства : монографія / Г. О. Швиданенко, О.І.Олексик. – К. : Вид-во КНЕУ, 2002. – 192 с.
3. Контроллинг как инструмент управления предприятием / под ред. Н.Г. Данилочкиной. – М. : Изд. об. "ЮНИТИ", 1999. – 278 с.
4. Муравьев А.И. Теория экономического анализа: проблемы и решения / А.И. Муравьев. – М. : Изд-во "Финансы и статистика", 1998. – 144 с.
5. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия: Учеб. пособие / Г.В. Савицкая. — 7-е изд., испр. — Мн.: Новое знание, 2002. — 704 с.
6. Гетьман О.О. Економічна діагностика : навч. посібн. / О.О. Гетьман, В.М. Шаповал. – К. : Центр навч. літ-ри, 2007. – 307 с.
7. 7Антикризисное управление: учебник / Э. М. Коротков, А.А. Беляев, Д. В. Валовой и др. / под ред. Э. М. Короткова. – М. : Изд-во ИНФРА-М, 2003. – 431 с.
8. Скрипник Н. Є. Сучасні технології діагностики потенціалу підприємства / Н. Є. Скрипник // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. - № 3. – Т. 2. – С. 184-188.
9. Фаріон І.Д. Діагностика і економічний аналіз у сфері послуг : курс лекцій / І.Д. Фаріон, Л.І. Савчук, С.М. Жукевич / за ред. І.Д. Фаріона. – Тернопіль : Вид-во "Екон. думка", 2005. – 260 с.
10. Шегда А. В. Менеджмент : навч. посібн. – К.: Т-во «Знання», КОО, 2002. – 583 с.
11. Сасно М.Г. Стратегія підприємства : підручник. – Тернопіль: «Економічна думка», 2006. – 390 с.
12. Редченко К.І. Стратегічний аналіз у бізнесі : навчальний посібник. Видання 2-ге, доповнене. – Львів: «Новий світ-2000», 2003. – 272 с.
13. Сокиринська І. Г. Економічна діагностика та управління фінансовим забезпеченням підприємства: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.06.01 «Економіка, організація і управління підприємствами» / І. Г. Сокиринська. – Дніпропетровськ, 2004. – 21 с.
14. Фучеджи В.І. Характеристика методів та моделей діагностики кризового стану підприємства [2010] [Електронний ресурс] / Lviv Polytechnic National University Institutional Repository – Режим доступу: <http://ena.lp.edu>.
15. Іванчук Р. М. Фінансова діагностика кризового процесу за допомогою методу єдиної системи нерівностей коефіцієнтів / Р. М. Іванчук, О. А. Іванчук, В. В. Толстоїятов // Економічний вісник Донбасу. – 2011. - № 1 (23). – С. 98-105.
16. Бланк І.А. Финансовая стратегия предприятия : учеб. курс. – К.: Ника-Центр, 2006. – 520 с.
17. Подольська В. О. Фінансовий аналіз : навч. посібник. / В.О.Подольська, О. В. Яріш – К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 488 с.
18. Зайцев Л.Г. Стратегический менеджмент : учебник. / Л. Г. Зайцев, М.И. Соколова – М.: ЮНИТИ, 2002. – 501 с.
19. Ковтун О.І. Стратегія підприємства : навч. посібник. 2-ге вид., стереотип. – Львів: "Новий Світ" – 2000", 2006. – 388 с.
20. Любанова Т. П. Стратегическое планирование на предприятии : учебное пособие. / Т. П. Любанова, Л. В. Мясоєдова – М.: "Издательство ПРИОР", 2001. – 272 с.
21. Мізюк Б. М. Стратегічне управління : підручник. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Львів: Магнолія плюс, 2006. – 392 с.
22. Продиус Ю.И. Экономика предприятия : учебное пособие. – Харьков: ООО «Одиссей». – 2004. – 416 с.
23. Шершньова З.Є. Стратегічне управління : підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: КНЕУ, 2004. – 699 с.

24. Хмиль Т. М. Стратегический менеджмент : учебное пособие. / Т.М.Хмиль, С. К Василик., Л.О. Шишмарева – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2004. – 136 с.
25. Опря А.Т. Статистика (з програмованою формою контролю знань). Математична статистика. Теорія статистики : навчальний посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 472 с.
26. Горчаков А. Математичний апарат для інвестора. Кореляційний та регресійний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ufin.com.ua/analit_mat/poradnyk/049.htm
27. Теоретико-методологічні основи економічної діагностики діяльності підприємства [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://inpos.com.ua/508>.
28. Матросова Л.М. Забезпечення гармонійності цілей стратегії інноваційного розвитку підприємства за етапами функціонування економічної системи / Л. М. Матросова, О. А. Овечкіна, К. В. Іванова // Управління розвитком. Збірник наукових статей. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології менеджменту: проблеми теорії та практики» (23-24 жовтня 2008 р., м. Харків). – 2008. – С. 101-103.
29. Малюта А.Н. Гиперкомплексные динамические системы. – Львов: Выща шк. Изд-во при Львов. ун-те, 1989.-120 с.
30. Махотаева М. Ю. Теория и методология целеполагания в управлении развитием регионов: дис. докт. экон. наук: 08.00.05. – Великий Новгород, 2007. – 431 с.
31. Демехин В. Целеполагание как элемент системы деятельности по инновационному развитию региона / В. Демехин // Економіст. – 2007. – №9. – С. 32-35.
32. Баркан Д. И. Нормативное регулирование в системе управления научной деятельностью. Вопросы теории : монография. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1987. – 159 с.
33. Лысенко Ю. Структура целей управления регіоном / Ю. Лысенко, Л. Сергеева // Экономика Украины. – 2004. - № 5. – С. 37-43.
34. Ляшенко В.І. Регулювання розвитку економічних систем: теорія, режими, інститути. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – 668 с.
35. Вайкок Р.А. Индикативно-балансовое планирование и оптимизация динамических свойств экономических систем: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. – Ставрополь, 2006. – 177 с.

УДК 657

Г.В. Пчелинська

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВИМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ЗА КРИТЕРІЄМ СУТТЄВОСТІ

Розглянуто проблемні питання організації обліку фінансового результату діяльності підприємства. Запропоновано показники оцінки раціональності вибору методів обліку доходів, витрат за критерієм суттєвості. Рис.2, табл. 2, літ.джерел 5

Ефективність функціонування виробничих систем значною мірою залежить від якості системи управління, однією зі складових якої є методи обліку, які повинні сприяти наданню «достовірної, повної, неупередженої інформації про фінансовий стан, результати діяльності підприємств...» [1].
 Норми П(С)БО окрім встановлення критеріїв визнання витрат та доходів,
 228

визначають методи їх оцінки. Наявність варіативної частини облікової політики обумовлює необхідність дослідження раціональності вибору методів обліку вказаних елементів звітності з точки зору впливу на фінансовий результат діяльності суб'єкта господарювання. Оскільки прибуток «характеризує не тільки абсолютну ефективність діяльності, а також є чинником забезпечення динамічного розвитку підприємства в довгостроковому періоді» [2].

Висвітлення проблем організації обліку господарської діяльності займає одне з провідних місць в працях вітчизняних вчених М.В. Кужельного, М.Т. Білухи, В.В. Сопка, В.Г. Швеця, Ф.Ф. Бутинця, Є.В. Мниха та інших.

Питання формування облікової політики підприємства - складової організації обліку - знаходять відображення у наукових дослідженнях Чумаченко М.Г., Сопко В.В., Кірейцев Г.Г, Мних Є.В., Пушкар М.С., Гарасим П.М., Дерій В.А., Хомин П.Я., Смоленюк П.С., які в своїх працях розкривають різноманітні аспекти формування даної політики, а саме вибір методів оцінки об'єктів обліку та визначення межі суттєвості.

Питання застосування порога суттєвості під час формування облікової політики підприємства не є комплексними і узагальнюючими, тому потребують подальшого дослідження.

Мета статті – розробка практичних рекомендацій щодо раціональності вибору методів обліку складових фінансового результату - витрат, доходів від виконання робіт.

Згідно принципу відповідності, для визначення прибутку (збитку) «необхідно зрівняти доходи звітного періоду з витратами, здійсненими для одержання цих доходів» [1].

Критерії відображення в обліку та звітності складових фінансового результату від виконання робіт достатньо жорстко регламентовані П(С)БО 15 «Дохід», П(С)БО 16 «Витрати». Однак розподіл між обліковими періодами витрат та доходів значно «відноситься до професійного судження бухгалтера» відносно вибору моменту визнання та методів оцінки цих об'єктів обліку, що виступає «інструментом регулювання результатів господарської діяльності підприємств та перерозподілу фінансових ресурсів у економіці» [3].

З іншого боку, складність прийняття рішення про вказані раніш питання облікової політики залежить від критерію якості фінансової інформації – суттєвості.

Згідно П(С)БО 1, «суттєвою інформацією визнається інформація, відсутність якої в фінансовому звіті і примітках до нього може вплинути на рішення їх користувачів».

Поріг суттєвості - кількісна ознака суттєвості облікової інформації - підприємства визначають самостійно з урахуванням вимог національних П(С)БО та рекомендацій Міністерства фінансів України «Про суттєвість у бухгалтерському обліку і звітності» [5].

Так вважається, що сума доходу, витрат є суттєвою, якщо вона дорівнює 2% чистого прибутку (збитку) підприємства.

Розглянемо оцінку раціональності вибору методів обліку за критерієм суттєвості на прикладі даних підприємства, що спеціалізується на виконанні авторемонтних робіт².

Особливістю калькулювання на даних підприємствах є використання позамовного методу. Дослідження організації обліку результатів основної

² Найменування підприємства не наводиться для збереження комерційної таємниці відносно результатів його діяльності

діяльності виявило, що витрати на виконання окремого замовлення відображаються за дебетом рахунку 23 «Виробництво». Витрати, які були фактично здійсненні, але відносяться до невиконаного замовлення на кінець облікового періоду відображаються у складі запасів у Балансі. Лише при закінченні виконання робіт за замовленням ці витрати списуються на собівартість реалізації та враховуються при визначенні фінансового результату від основної діяльності – валового прибутку, тобто відображаються у Звіті про фінансові результати.

Для підвищення ефективності управління фінансовими результатами автором пропонується при наявності невиконаних замовлень використовувати оцінку ступеня завершеності робіт для визнання прибутку (збитку) періоду (табл. 1).

Таблиця 1
Пропоновані показники для оцінки раціональності вибору методів обліку доходів, витрат за критерієм суттєвості, %

№ з/п	Найменування показника	2009р.	2010р.	2011р.
1	Рівень спожитих витрат у собівартості невиконаних замовлень	87,0	76,3	82,3
2	Питома вага спожитих витрат у чистому прибутку	8,2	4,1	6,4
3	Питома вага спожитих витрат у валовому прибутку	16,4	8,2	2540,0

За даними табл. 1 видно, що впродовж аналізованого періоду спостерігається тенденція наявності замовлень, які надійшли на підприємство наприкінці звітної періоду, однак значна частка витрат на виконання робіт вже здійснена (рис. 1).

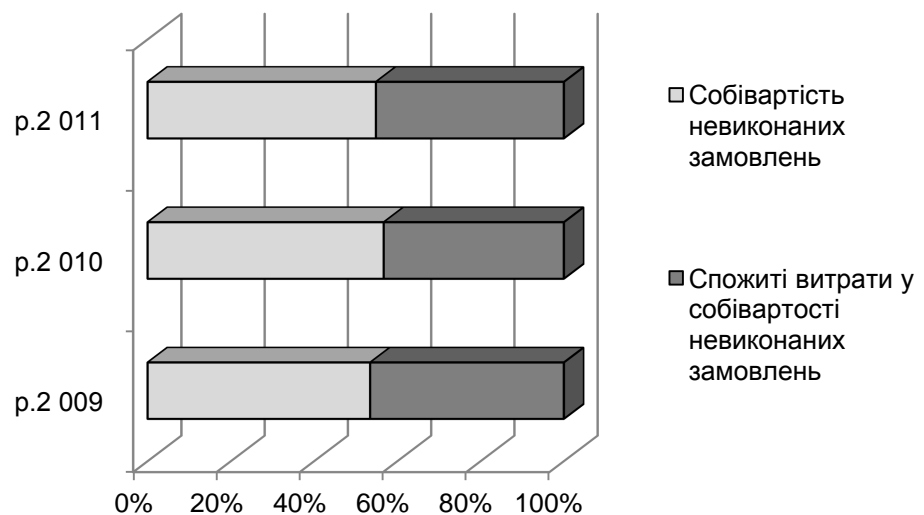


Рис. 1 Структура собівартості невиконаних замовлень на кінець звітної періоду

Для оцінки рівня суттєвості спожитих витрат з метою їх визнання витратами періоду було використано два показника. Перший - відповідно рекомендаціям №04230 – 04108 [5]. Як бачимо з табл.1, вказаний критерій у даному випадку є недостатньо доцільним, про що свідчить його значення у 2011р. – спожиті витрат у 25 рази перевищують чистий прибуток. Це обумовлено незадовільним управлінням витрат підприємства, що не включаються до складу собівартості реалізації згідно П(С)БО 16 та зниженням чистого прибутку майже до 0. Тому автором пропонується також використання більш порівнянних показників – виробничі витрати та валовий прибуток (рис. 2)³.

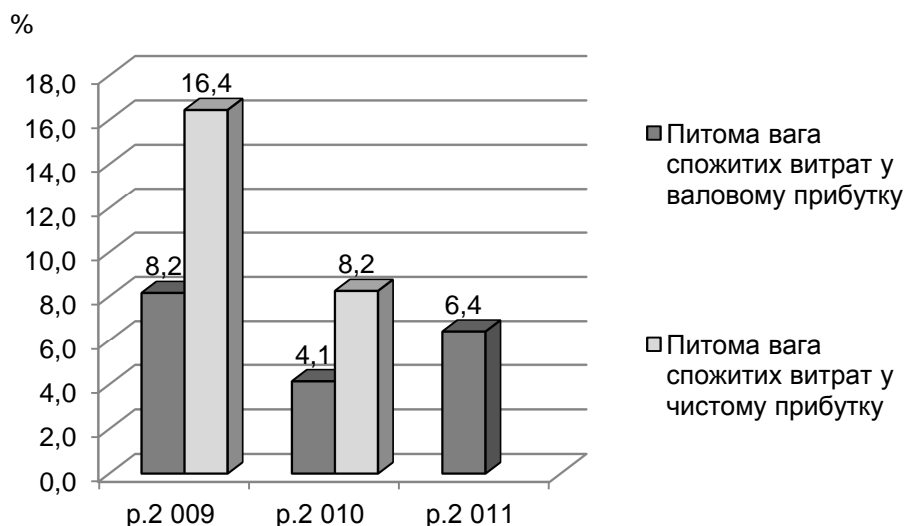


Рис. 2 Показники оцінки рівня суттєвості спожитих витрат з метою їх визнання витратами періоду

Визнання здійснених витрат при виконанні робіт витратами періоду цілком відповідає встановленим критеріям: зменшення активів або збільшення зобов'язань, яке приводить до зменшення власного капіталу підприємства; можливість достовірної оцінки. Останнє можливо здійснювати за даними планової калькуляції та фактичних витрат, що накопичуються в обліковому регістрі - калькуляційній картці.

У табл. 2 наведено вплив впровадження запропонованих заходів на окремі показники фінансового стану підприємства.

³ На рис. 2 не наведено питома вага спожитих витрат у чистому прибутку у 2011р. для більшої наочності даних

Таблиця 2

Вплив впровадження запропонованих заходів на окремі показники фінансового стану підприємства

Найменування показника	2009р.		2010р.		2011р.	
	факт	план	факт	план	факт	план
Коефіцієнт загальної ліквідності	5,1	4,5	4,6	3,8	5,1	4,8
Коефіцієнт строкової ліквідності	1,5	1,3	2,2	1,9	2,4	2,1
Коефіцієнт внутрішнього зростання, %	20,1	23,4	38,5	40,1	39,9	40,8

Дані табл. 2 свідчать про високу залежність здатності підприємства погашати поточні зобов'язання від ліквідності запасів. Діюча облікова політика сприяла завищенню оборотних активів взагалі, що погіршує оцінку ефективності управління запасів, зокрема, при існуючій нераціональній структурі активів та негативно впливає на управлінські рішення зовнішніх користувачів.

Зниження фактичного коефіцієнту внутрішнього зростання обумовлює наявність альтернативних витрат при плануванні фінансової незалежності у довгостроковому періоді.

Таким чином, проведене дослідження свідчить, що для визначення методу оцінки доходів, витрат від основної діяльності при розробці або перегляді облікової політики доцільно провести попередні аналітичні процедури за даними про залишки незавершеного виробництва.

Якісна розробка облікової політики сьогодні виступає інструментом регулювання фінансових результатів діяльності підприємств та перерозподілу фінансових ресурсів у економіці. Варіативність методів визначення доходів, витрат на виконання робіт обумовлює необхідність оцінки раціональності їх вибору за критерієм суттєвості, що може сприяти підвищенню якості управління суб'єктами господарювання.

Список літератури

1. Загальні вимоги до фінансової звітності: положення (стандарт) бухгалтерського обліку 1 / Міністерство фінансів України. // Офіційний вісник України. - 1999. – №6. – С. 330
2. Проволоцька О. Прибуток як визначальний чинник забезпечення динамічного розвитку підприємства в довгостроковому періоді // Важелі і механізми формування сталого розвитку економіки в умовах світової глобалізації: матеріали міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. 9–10 груд. 2010 р., [м.Тернопіль]. Ч.2 - Тернопіль, 2010. С. 146-148
3. Худина Ю. Е. Финансовые результаты – основополагающие принципы начисления // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте 2011». Т. 9. – Одесса, 2011. – С. 46-51
4. Дуда Т. Т. Суттєвість в обліковій політиці підприємства / Т. Т. Дуда, П. О. Коронівський, І. В. Левицька // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. - № 1. - С. 68-70
5. Про суттєвість у бухгалтерському обліку і звітності : лист Міністерства фінансів України // Офіційний вісник України. 2003. – №4. – С. 281

Т.А. Петешова

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРАЦІ КЕРІВНИКА НА ОСНОВІ
СТРАТЕГІЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДІЯЛЬНОСТІ
ПІДПРИЄМСТВА**

Розглянуто показники, що характеризують працю у сфері управління. Наведено процедуру оцінки функціональності керівника з використанням збалансованої системи показників. Табл. 2, джер. 7.

Здійснення в теперішній час радикальних перетворень у плануванні, формах і методах управління, організаційних структурах, спрямованих на стимулювання заповзятливості промислово-торгівельних підприємств, найчастіше не досягає необхідної ефективності й поставлених цілей. Однією з основних причин цього є слабка забезпеченість проведення реформ необхідним кадровим складом керівників, здатних нетрадиційно, творчо, на високому професійному рівні вирішувати складні завдання функціонування бізнесу в ринковій економіці.

Якість і ефективність роботи керівного складу забезпечуються науковістю методичних розробок; рівнем організації праці й використанням резервів її вдосконалення; об'єктивністю кількісної і якісної оцінок ефективності діяльності керівника за визначений період часу та потенціалу керівника і відповідності його займаній посаді. Результативність праці менеджерів всіх рівнів управління підприємством визначаються результатами праці всього колективу і виражаються в конкретній кінцевій продукції й конкретних економічних показниках. Виходячи з цього, оцінку ефективності праці керівника, слід розглядати як форму контролю якості людських ресурсів за допомогою виміру індивідуального потенціалу, а також внеску менеджера в загальний результат роботи підприємства.

Проблемам формування методів і підходів до оцінки результатів діяльності персоналу та матеріальної мотивації присвячені роботи багатьох вітчизняних і закордонних учених, таких як Дмитренко Г. А., Качан Є. П., Богиня Д. П., Колот А. М., Дорошенко Е. А., Каплан Р. С., Нортон Д. П. У цих роботах визначені методологічні підходи до матеріальної мотивації, однак невирішеним залишається питання вибору оптимального підходу до оцінки якості і ефективності роботи управлінського персоналу з урахуванням особливостей розвитку бізнесу.

Вищезазначені особливості оцінки персоналу керівного складу роблять необхідними проведення наукових досліджень у даному напрямку з обліком накопиченого вітчизняного і закордонного досвіду.

Визначення рівня ефективності управління організацією є проблемою, що зв'язана з важливими об'єктивними труднощами, характеризується значною кількістю методологічних підходів і викликає найбільш активну дискусію серед дослідників і фахівців-практиків.

Для визначення економічної ефективності управлінської праці в вітчизняній практиці використовуються різні способи: за показниками підприємства і функціонування праці управлінського персоналу, обсягом переданої інформації; за якістю і швидкістю прийнятих рішень; за виконанням функцій управлінських ланок.

До показників, що характеризують працю у сфері управління, належать: зниження трудоемності обробки управлінської інформації; скорочення управлінського персоналу, термінів обробки інформації; скорочення втрат робочого часу управлінського персоналу за рахунок поліпшення організації праці, механізації й автоматизації трудоемних операцій у сфері управління. Це показники, які кількісно вимірюються. Такі показники у сфері управління, як підвищення кваліфікації управлінського персоналу, якості роботи, поліпшення умов праці, культура управління тощо, не вимірюються чи вимірюються неповно.

У сфері впливу управлінської праці на виробництво кількісно-вимірними показниками є: приріст прибутку; збільшення обсягів реалізації продукції; зростання продуктивності праці; збільшення фондівіддачі; зниження фондоемності; зменшення невиробничих витрат; зниження витрат робочого часу; економія заробітної плати; зниження собівартості продукції; прискорення оборотності обігових коштів; збільшення рентабельності виробництва; підвищення рівня організаційної роботи; підвищення кваліфікації працівників; зростання технічного рівня оснащення виробництва; підвищення якості продукції; зменшення обсягів незавершеного виробництва.

Одним з найважливіших питань при проведенні оцінки ефективності праці керівників є вибір способів, за допомогою яких оцінюються ті або інші показники. Сьогодні для загальної об'єктивної оцінки персоналу існує великий вибір оцінних методик: ассесмент, «360 градусів», традиційна атестація, оцінка в рамках МВО (управління за цілями), використання кваліметричних факторно-критеріальних моделей і т.ін. Деякі компанії успішно розробляють і впроваджують систему грейдів, де грейд позначає цінність робочого місця або конкретного співробітника.

За результатами аналізу тенденцій розвитку менеджменту підприємств промислово-торгової сфери Луганської області слід зазначити, що в управлінській діяльності відбувались процеси вдосконалення локального характеру: створювалися нові структурні одиниці (служба забезпечення якості, відділ логістики й ін.) під впливом потреб бізнесу, впроваджувалися нові методи й моделі планування діяльності (оптимальна партія закупівлі, сіткові графіки, бюджетування) та ін.

При проведенні аналізу внутрішнього оточення здійснення функцій управління було виявлено, що компетенції (поведінкові й професійні критерії) для посад визначаються на підставі суб'єктивної думки керівників підрозділів. Внаслідок цього велика ймовірність того, що пріоритет віддасться тим критеріям, які важливі для конкретного керівника, а не для підприємства або його стратегічних пріоритетів. Формалізованого аналізу посад у тій або іншій формі на підприємствах не проводиться.

Процедура оцінки управління ефективністю діяльності як систематична робота керівників зі своїми підлеглими на підприємстві не застосовується. Як така ця система не може бути реалізована при відсутності чіткого розуміння стратегічних пріоритетів підприємства в цілому, цілей і завдань кожного підрозділу і кожної посади.

Деякі етапи цієї процедури: структуризація цілей і завдань, контроль виконання, визначення потреб у навчанні - реалізуються керівниками підрозділу досить стихійно, у міру власного розуміння цілей і завдань, наявного професійного й управлінського досвіду, інтуїції й інших суб'єктивних факторів. Стандарти і показники (параметри ефективності) для оцінки виконуваної в рамках тієї або іншої посади діяльності відсутні, не використовуються такі системи і для оцінки діяльності підрозділів в цілому. Постановка цілей і завдань

здійснюється у вигляді видачі конкретних завдань співробітникам на виконання разових доручень, або шляхом інструктажу з виконання роботи.

На підприємстві відсутня періодична оцінка співробітників, яка повинна бути спрямована на підвищення ефективності їх роботи й визначення потреб професійного розвитку. Існуюча система стимулювання без об'єктивної оцінки індивідуального внеску в кінцеві результати роботи підприємства мало результативна й вимагає вдосконалення.

Ефективне управління - це таке управління, яке забезпечує ефективність функціонування і розвитку підприємства як цілісної системи. Ефективне управління підприємством забезпечується гармонійністю та узгодженістю всіх видів управлінської діяльності (функцій). Уявлення про оцінку ефективності праці керівника неможливе без належного розуміння методології вимірювання параметрів та результатів, без застосування процедур оцінки ефективності і результативності бізнес-процесів. Зведення підходів оцінки ефективності діяльності керівника до елементів фінансового та операційного вимірювання нівелює основну мету проведення оцінки - одержання інформації для прийняття обґрунтованих управлінських рішень в області винагороди, просування і планування професійного розвитку, навчання і росту.

Слід також зауважити, що оцінка повинна охоплювати не тільки фінансові результати, рівень витрат та продуктивність, які служать основою для діагностики використання ресурсів і життєдіяльності, а також прийняття поточних управлінських рішень, потрібно вимірювати результати взаємодії бізнесу з навколишнім середовищем. Забезпечення ефективної адаптації господарського механізму до змін, які проходять в бізнес-оточенні менеджерами різних рівнів управління робить підприємство стратегічно сприйнятливим та стійким в конкурентному середовищі. Звідси виходить, що відмічати ефективність праці керівника слід на основі стратегічних результатів діяльності підприємства або іншими словами, оцінювати функціональність керівника.

Для цих цілей підійде такий інструмент, як збалансована система показників (ЗСП). Набір показників ілюструє прагнення керівника підприємства або його підрозділу посилити управлінську функцію (свою функціональність) за рахунок органічного узгодження інтересів різних груп – засновників, споживачів, колег, постачальників.

Збалансована системи показників формується виходячи з розгляду чотирьох компонент: фінансове управління, адекватність задоволення вимог споживача, оптимальність операційної системи і використання трудового потенціалу. В цілому оцінка результативності праці керівників ґрунтується на кількісних показниках.

Процедура оцінки результативності праці буде ефективною при дотриманні наступних обов'язкових умов:

- установлення чітких "стандартів" результативності праці для кожної посади і критеріїв її оцінки;
- розробка процедури проведення оцінки результативності праці (коли, як часто і хто проводить оцінку);
- надання повної і достовірної інформації оцінювачеві про результативність праці керівника;
- обговорення результатів оцінки з працівником;
- ухвалення рішення за результатами оцінки і документування оцінки.

У зв'язку зі специфікою управлінської праці результат праці керівника, як правило, виражається через підсумки господарської діяльності організації або підрозділів, а також через соціально-економічні умови праці підлеглих йому

працівників. При виборі показників, що характеризують ключові, основні результати праці керівників, варто враховувати, що вони:

- здійснюють безпосередній і вирішальний вплив на результат всієї діяльності організації;
- займають значну частину робочого часу персоналу;
- складають принаймні 80% всіх результатів;
- приводять до досягнення цілей організації або підрозділів.

Проілюструємо проведення оцінки ефективності праці керівника комерційного відділу промислово-торгового підприємства за допомогою моделі збалансованої системи показників і виділимо напрямки пріоритетного управлінського впливу.

В останні роки у зв'язку з ростом цін на тарифи по перевезеннях товарів, на енергоносії та послуги спостерігається різке зростання витрат обігу в торговельній діяльності промислових підприємств. У зв'язку із цим економія витрат обігу має важливе значення для підвищення ефективності комерційної діяльності. При аналізі комерційної діяльності важливо виявити рівень операційних комерційних витрат, що розраховується як процентне відношення суми операційних комерційних витрат до товарообігу. Він деякою мірою відображає економічність комерційної діяльності організації.

Для характеристики економічної ефективності підприємства, а також з метою проведення порівняльного аналізу необхідно знати не тільки абсолютну величину прибутку, але і його рівень. Рівень прибутку характеризує рентабельність торговельних операцій організації - один з показників ефективності її діяльності. Найпоширеніший показник рентабельності комерційної діяльності - відношення суми прибутку до товарообігу.

Однак цей показник не є єдиним показником рентабельності комерційної діяльності, тому що він показує лише частку чистого доходу торгівлі в сумі товарообігу. У ньому не знаходиться висвітлення ступінь ефективності всіх авансованих витрат (одноразових і поточних), пов'язаних з комерційною діяльністю. Так, при одній і тій же сумі прибутку й товарообігу на різних підприємствах можуть бути різні вкладення в основні й оборотні кошти. У зв'язку із цим особливе значення для оцінки ефективності комерційної роботи має зіставлення прибутку з понесеними витратами (витратами обігу):

$$P_v = \frac{\Pi}{B} \cdot 100\%$$

де Π - чистий прибуток підприємства за певний період;

B - витрати обігу підприємства.

Комерційна маржа показує, який результат дає підприємству кожна гривна обороту. По суті, це економічна рентабельність обороту або рентабельність загальної реалізації.

За оборотністю дебіторської заборгованості судять, скільки раз у середньому дебіторська заборгованість за товари, роботи, послуги перетворювалася в кошти протягом звітного періоду. В даному показнику для порівняння результатів діяльності з іншими підприємствами в чисельнику відображають виторг від реалізації продукції в кредит, а якщо необхідно зрівняти результати даного підприємства з результатами минулого періоду - можна брати чистий виторг від реалізації.

Реакційну здатність щодо потреб клієнта та контролю над ланками ланцюга вартості характеризує ритмічність поставки товарів.

Наявність вибору для клієнта товару, широта асортиментної лінії дасть змогу розрахувати індекс пропозиції товарів та послуг, що відповідають потребам клієнтів.

Торговий сервіс являє собою комплекс послуг, пропонованих споживачеві. При оцінці сервісу слід врахувати наступне:

- необов'язковість використання послуг; підприємство зобов'язано запропонувати, але вибір покупця повинен бути абсолютно вільним;
- диференційованість пропозиції; пакет послуг повинен бути досить широким - від мінімально необхідних до максимально доцільних;
- зручність використання; сервіс повинен надаватись за вимогою споживача в визначеному місці, у зручний час і в узгодженій формі;
- стимулююча функція сервісу; останній виступає засобом укріплення довіри покупця перед прийняттям рішення про закупівлю і завоювання лояльності;
- комунікаційний ефект; в процесі надання послуг потрібно організувати збір інформації про всі сторони торгової діяльності.

В процесуальному аспекті вимірювання та оцінка за моделлю ЗСП передбачає для кожного з показників, що включені у чотири компоненти визначення мінімального, максимального і фактичного значень (табл. 1).

Таблиця 1

Збалансована система показників оцінки ефективності праці керівника комерційного відділу

Показник	Вага	Значення		
		міні-мальне	макси-мальне	фактичне
Рівень операційних комерційних витрат, %	0,4	5	10	13
Рентабельність витрат обігу, %	0,4	1	40	8
Комерційна маржа, %	0,2	1	50	5
Ритмічність поставки товарів, %	0,3	8	97	87
Рівень торгового сервісу (задоволення споживачів), бал	0,4	0	10	3
Індекс пропозиції товарів та послуг, що відповідають потребам клієнтів, %	0,3	2	100	65
Оборотність товарів, об.	0,4	73	18	10
Ріст частки ринку, %	0,2	0,1	5	2
Оборотність дебіторської заборгованості, об.	0,4	73	36	19
Плинність кадрів, %	0,4	1	15	8
Підвищення кваліфікації кадрів, %	0,4	5	25	10
Індекс задоволеності співробітників системою компенсації й мотивації, %	0,2	2	100	35

Виставлене фактичне значення для кожного показника необхідно нормалізувати і помножити на відповідну вагу.

У підсумку для кожного показника потрібно розрахувати нормалізовану зважену оцінку. Виставлене фактичне значення для кожного показника (O_{Φ_i}) необхідно нормалізувати за формулою:

$$O_{H_i} = \frac{O_{\Phi_i} - O_{\min_i}}{O_{\max_i} - O_{\min_i}} \cdot 10$$

де O_{H_i} , O_{\min_i} , O_{\max_i} – відповідно нормалізоване, мінімальне й максимальне значення оцінки і-того показника.

Надалі для кожного показника потрібно розрахувати нормалізовану зважену оцінку (O'_{H_i}), яка враховує як абсолютну його величину, так і відносну важливість у межах відповідної перспективи:

$$O'_{H_i} = O_{H_i} \cdot W_i$$

Сума нормалізованих зважених оцінок за кожним показником являє собою оцінку результатів, досягнутих компанією по відповідним до напрямку її діяльності (перспективі) (O'_H):

$$O'_H = \sum_{i=1}^n O'_{H_i}$$

де n – кількість показників, які характеризують окремий напрямок діяльності в збалансованій системі показників підприємства.

Сума нормалізованих зважених оцінок (використовується десятибальна шкала) являє собою оцінку результатів, досягнутих підприємством за відповідною компонентою (табл. 2).

Таблиця 2

Нормалізована зважена оцінка показників

Показник	Вага	Нормалізована оцінка	Нормалізована зважена оцінка
Рівень операційних комерційних витрат, %	0,4	16,00	6,40
Рентабельність витрат обігу, %	0,4	1,80	0,72
Комерційна маржа, %	0,2	0,82	0,16
Разом за компонентою «Фінансове управління»			7,28
Ритмічність поставки товарів, %	0,3	8,88	2,66
Рівень торгового сервісу (задоволення споживачів), бал	0,4	0,3	0,12
Індекс пропозиції товарів та послуг, що відповідають потребам клієнтів, %	0,3	6,43	1,93
Разом за компонентою «Адекватність задоволення вимог споживача»			4,71
1	2	3	4
Оборотність товарів, об.	0,4	11,46	4,58
Ріст частки ринку, %	0,4	3,88	1,55
Оборотність дебіторської заборгованості, об.	0,2	14,60	2,92
Разом за компонентою «Оптимальність операційної торгової системи»			9,05

Плинність кадрів, %	0,4	5,00	2,00
Підвищення кваліфікаційного рівня, %	0,4	2,50	1,00
Індекс задоволеності співробітників системою компенсації й мотивації, %	0,2	3,37	0,67
Разом за компонентою «Використання трудового потенціалу»			3,67

Порівнюючи оцінки, які розраховані за кожною з компонент, можна побачити слабкі місця в роботі керівника. Так, зокрема найбільш низька оцінка діяльності підприємства виведена за компонентою «Використання трудового потенціалу» - 3,67 бала; невисока оцінка також і за компонентою «Адекватність задоволення вимог споживача» 4,71 бала.

Відносно непогана оцінка, отримана за компонентою «Оптимальність операційної торгової системи» (9,05 балів), що дозволить поліпшити фінансові показники.

Керівництву підприємства необхідно вдосконалювати взаємодію з існуючими і потенційними клієнтами, впроваджуючи логістичні інформаційні системи. Детального концептуального опрацювання вимагає торговий сервіс. Особливої управлінської уваги вимагає компонента «Використання трудового потенціалу». Доцільно впровадити програму гуманізації праці, що підвищить всі кількісні і якісні індикатори трудового потенціалу.

Слід зазначити, що для того щоб побачити зміни, які відбудуться внаслідок відповідних дій управлінського персоналу, варто проводити діагностику динаміки щоквартальних і щомісячних значень стратегічних показників, включених до складу моделі ЗСП.

З усього сказаного дотепер можна зробити висновок, що підприємства повинні періодично оцінювати своїх керівників з метою підвищення ефективності їхньої роботи і визначення потреб професійного розвитку. Як показують дослідження, регулярна і систематична оцінка персоналу управління позитивно позначається на мотивації працівників, їхньому професійному розвитку і росту всередині підприємства. Об'єктивно процес оцінки персоналу є прямим відображенням задач, що вирішує організація. Безсумнівно, процедура оцінки повинна відповідати поставленим задачам і сприяти їх досягненню. Оцінка функціональності керівника з використанням збалансованої системи показників доцільна з позиції менеджменту завдяки тому, що допомагає узгоджувати інтереси зацікавлених сторін в успішному розвитку бізнесу, приймати відповідні рішення, які дають змогу активно впливати на поточний стан і тенденції розвитку, оцінювати ефективність праці керівника за стратегічними результатами діяльності підприємства.

Список літератури

1. Ветлужских Е. Мотивация и оплата труда: Инструменты. Методики. Практика / Елена Ветлужских. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 149 с.
2. Дмитренко Г.А. Мотивация и оценка персонала / Г.А. Дмитриенко, Е.А. Шарапатова, Т.М. Максименко. - К. : МАУП, 2002. - 248 с.
3. Дмитренко Г. А. Стратегический менеджмент: целевое управление персоналом организаций / Г. А. Дмитренко : учеб. пособие. - К. : МАУП, 2002. - 192 с.
4. Ильин Е. П. Мотивация и мотивы / Ильин Е. П. – СПб. : Питер, 2002. – 512с.
5. Колот А.М. Мотивация персонала / Колот А. М. : підручник. - К. : КНЕУ, 2002. - 337 с.

6. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Стратегические карты. Трансформация нематериальных активов в материальные результаты : пер. с англ. / Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. - М. : Олимп-Бизнес, 2005. - 512 с.
7. Фуколова Ю. Оцифровка кадров [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.kommersant.ru/doc/860226>

УДК 330.13

Г.В. Саєнко, Л.І. Мікуленко

МЕТАФІЗИЧНЕ ОСМИСЛЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ В ІНФОРМАЦІЙНОМУ СУСПІЛЬСТВІ

Стаття присвячена доцільності застосування метафізичного аналізу до економічної проблематики, зокрема, для визначення сутності, структури та специфіки використання інтелектуального капіталу в економіці, що базується на знаннях. Літ. 12.

Введення. Масштабні структурні зрушення, які відбулися у розвинених країнах протягом останніх тридцяти років, знаменують перехід від «матеріальної» до «інтелектуальної» економіки, в якій освіченість, професіоналізм, наукові знання та унікальні навички їх носіїв виступають стратегічним чинником та визначальним джерелом соціально-економічного розвитку. Висловлюючи думку про перехід до нової економіки – економіки, заснованої на знаннях, у якій знання відіграють вирішальну роль, а виробництво знань є джерелом економічного зростання, вчені стверджують, що фактично мова йде про третю економічну революцію. В умовах економіки знань виграє той, хто вмів їх використовувати та перетворює в доходи.

Попит і економіка створюють для України нові проблеми та ризики, рішення яких потребує кардинальних змін у світогляді громадян, їх свідомості і психології. Особливих змін набувають і структури економічного життя на етапі трансформаційних перетворень, оскільки виникає потреба не лише в осмисленні нових реалій, а й у підготовці людини як суб'єкта господарювання до умов економічної співпраці і підприємницької діяльності. Найважливіша роль у виявленні смислів економічної реальності і економічного буття належить інтелекту, за яким визначається перспективи подальшого розвитку людини, виробництва, науки і культури. Виокремлюється із множини і актуалітет інтелектуального капіталу та трансформованої з нього інтелектуальної власності. Актуалітет інтелектуального капіталу виявляється в розбудові інституціональної системи, віртуалізації економіки, використанні новітніх технологій, і за таким рухом думки інформація та знання перетворюються на рушійну силу інноваційного розвитку суспільства, а творча розумова активність набуває статусу пріоритетної стратегічної діяльності. Набуває могутності і феномен глобалізації, котрий порушив стратегічний консенсус між економічним універсумом, пізнанням його законів і вільною людською особистістю. В результаті такого руху думки попередні концептуальні побудови економічної теорії та практики опинилися перед загрозою масштабної системної кризи.

Перехід від індустріального до духовно-інформаційного суспільства, трансформація моделей економічного розвитку під впливом глобалізації економіки, інтелектуалізація праці, дематеріалізація виробництва та перетворення людського капіталу на домінуючу економічного розвитку породжують принципово нові проблеми, які вимагають нових концептуальних рішень і дискурсів. Це стає головною причиною залучення метафізичного дискурсу до вирішення економічних проблем, оскільки в його рамках можна більш конструктивно усвідомити і зрозуміти сучасну економіку, господарсько-економічну діяльність людини, економічну реальність і, що є найголовнішим, смисли економічного буття. Продуктивним у створенні нової парадигми теоретичного аналізу є залучення категоріального апарату філософії, що зумовлено глибокими метафізичними смислами економічної реальності та інформаційного суспільства, їх рушійних сил і насамперед інтелектуального капіталу.

Основна частина. Визначивши метафізичний аналіз як методологію нової якісної економічної теорії, можна припустити, що інтелектуальний капітал не може існувати поза буттям людини, що робить необхідним наявність особливої сфери – сфери економічного буття. Економічне буття – це фактичне буття людини, «пронизане» її економічною діяльністю. Економіка є сферою виробничо-господарської діяльності людини і одночасно невід'ємною від людського життя і його смислів. За таким сприйняттям економіка постає як метафізична реальність, оскільки знання про неї виходить за межі як чуттєвого сприйняття, так і емпіричного досвіду. І навпаки, людина знає економічне буття не таким, яким його безпосередньо бачить, і не завдяки тому, що баче. Насправді людина знає світ економічного буття таким, яким вона його осягає за особистим розумом. Це означає, що в самій реальності є щось таке, що «фізичними очима» не сприймається, але завдяки чому людина впізнає цю реальність. У самій економічній реальності людина може, таким чином, виокремити те, що є предметом чуттєвого досвіду, тобто феноменальну реальність, і те, що осягається лише мисленням, або, інакше кажучи, реальність ноуменальну [1]: якщо світ економіки феноменальний, то метафізика, переступаючи межі чуттєвого (конкретно-емпіричного) досвіду, має своїм предметом ту сферу економічної реальності, яка осягається самим лише розумом, або економічну ноуменальну реальність.

Поглиблення розуміння природи суб'єкта економічної діяльності як носія інтелектуального капіталу та законів його діяльності поступово формує нову предметну сферу економічної теорії, зумовлену реальною тенденцією зміщення пріоритетів, – з багатства економічного до багатства соціального, гуманістичного. Провідною основою цього багатства і постає людина як особистість, що й виокремлює в якості пріоритетів економічних досліджень духовні підвалини економічних змін, соціально-економічну роль культурного надбання, інтелектуальний контекст економічної діяльності, тип мислення тощо [2]. Всі речі людина економічна бачить у суперечностях за феноменальною та ноуменальною сторонами економічного буття, що й виокремлює інтелект, інтелектуальну діяльність, інтелектуальний капітал і як результат – інтелектуальну власність.

Треба обумовитися і про те, що доцільність застосування метафізичного аналізу до економічної проблематики полягає ще і в тому, що метафізика є дослідженням останньої, кінцевої реальності, в тому числі і реальності економічної. Економічна реальність – це та реальність, яку суб'єкти пізнають або прагнуть пізнати в пошуках істини економічного буття. Істина є реальністю, яка

виходить за межі видимого економічного світу і дає змогу зрозуміти і пізнавати світ економіки. Визначене підтверджує невіддільність метафізики від економіки. Не можна підходити до цієї проблеми з позицій сумніву або заперечення, не може бути до неї негативного ставлення, оскільки легітимність метафізичного аналізу інтелектуального капіталу зумовлена сутністю самої метафізики як способу пізнання «Універсуму». Вона полягає в тому, що в пошуках такої основи, або початку, метафізика повинна взяти до уваги не лише окремі явища або системи явищ, не тільки природний світ, а й усю сукупність явищ суспільного життя, в якому сфера економічного є визначальною. Крім того, до уваги береться не тільки зовнішній щодо людини світ, а й світ внутрішній, духовний. Невід'ємність економіки від життя людини, її інтелектуалізація ставлять проблему інтелектуального капіталу економіки як одвічної метафізичної проблеми.

Таким чином, виникає можливість позначити наступне:

1. У дослідженні інтелектуального капіталу метафізичний аналіз не обмежується феноменальним рядом, характерним для економічної реальності. Його цікавить ноуменальний (сутнісний) ряд, оскільки пізнання не може обминути глибинної складності буття. Характерною для метафізики є не фіксація речей та їх відношень, а проникнення в сутність речей та у ту сутність, котра стоїть за речами. Не можна зупинити розум, що пізнає, адже він, крім теоретичного осмислення, ґрунтується на вільному спогляданні й уявленні, тобто на всьому тому, що не має апріорно заданих меж. Розум приймає економічне буття у всій його складності.

2. Мета і завдання метафізичного аналізу полягає в тому, щоб наділити людину необхідним, потрібним знанням, але таким, яке можна досягнути. Залучення метафізики дає можливість розглядати інтелектуальний капітал у цілісності економічного буття. Це пов'язано з тим, що за Кантом [3] все існуюче, а це світ конкретних господарських та економічних явищ, є «лише фрагментом, до якого необхідно домислити реальність, що доповнює його». Метафізичне осмислення інтелектуального капіталу, інтелектуальної власності враховує трансцендентність в її пізнанні, тотожність і відмінність раціонального та ірраціонального, закликає вести пошук цілісності «світу економіки».

3. Метафізичний дискурс сприяє обґрунтуванню новітніх теоретико-методологічних підходів до аналізу економічної природи, видів та результатів інтелектуальної діяльності. За узагальненнями [2] він визначає сутність та специфіку інтелектуального капіталу та трансформованої з нього інтелектуальної власності як визначальних економіко-правових категорій інформаційного суспільства; він виявляє передумови та стимули розвитку інтелектуального капіталу, механізми його комерціалізації, охорони та захисту в умовах ринкової економіки; він розкриває рушійні сили та напрями розвитку інтелектуального капіталу в умовах глобалізації економіки; він висвітлює роль та значення інтелектуального капіталу у формуванні національної інноваційної системи; він досліджує проблеми та перспективи розвитку інтелектуального капіталу та інтелектуальної власності в контексті інноваційного поступу вітчизняної економіки.

Вважається, що термін «інтелектуальний капітал» використав уперше відомий американський дослідник Дж. Ж. Гелбрейт у 1969 р. Водночас глибокі теоретико-методологічні дослідження цієї економічної категорії були започатковані наприкінці ХХ та на початку ХХІ століття у працях Е. Брукінга, В. Гейця, Д. Даффі, Л. Едвінссона, Д. Клейна, Б. Леонтьєва, М. Мелоуна, Л. Мельніка, П. Салівана, Т. Стюарта, Т. Форт'юна та ін. Новизна та складність цієї проблеми зумовили неоднозначність та суперечливість наявних підходів до

визначення як сутності, так і структури інтелектуального капіталу. Але і після наукового вкладу названих аналітиків питання визначення і застосування інтелектуального капіталу знаходиться під пильним поглядом науковців і дискутується. Звернемося до провідних думок аналітиків.

Е. Брукінг [4] вважає, що інтелектуальний капітал є нематеріальним активом, який служить опорою як для існування, так і для активізації конкурентних переваг підприємства на визначений період. У якості ключових складових його підходу виступають людські активи, а саме: знання, досвід, творчі здібності та ін., а за цим і інтелектуальна власність, інфраструктурні та ринкові активи тощо. Б. Леонтьев [5] під інтелектуальним капіталом підприємства розуміє вартість усіх наявних інтелектуальних активів, включаючи інтелектуальну власність, природні і здобуті розумові здібності та навички фахівця, а за цим і нагромаджені бази знання та корисні відносини з іншими суб'єктами діяльності. Останнє за аналогією опису явища зводиться до брендів, взаємодії, каналів збуту продукції, клієнтів, ліцензійних угод і т.ін. Л. Мельник [6] розглядає інтелектуальний капітал як розмаїття розумових здібностей людини, що є корисними в сукупності з штучно утвореними матеріальними і нематеріальними засобами, які використовуються в процесі інтелектуальної праці. За його сприйняттям реальності до складу інтелектуального капіталу включаються як матеріальні, так і нематеріальні активи. Є й інші думки, в яких складові повторюються. Наприклад, [7-9].

За такими класифікаційними ознаками, які доповнюють одна одну і є всебічними, можна вести мову про структуру інтелектуального капіталу, який приводить у дію сукупність матеріальних і нематеріальних факторів виробництва і праці. Одночасно з цим, розмаїття думок навіває множину рішень, бо виникають сумніви, що вони є системними. Щоб перейти до метафізичної частини викладу, треба звернути увагу і на підходи до аналізу сутності інтелектуального капіталу, які наводяться у джерелі [2]. Це його визначення через:

розкриття його структури – інтелектуальний капітал як єдність людського і структурного капіталів; сума нематеріальних активів підприємства; сукупність людського та машинного інтелектів;

аналіз призначення, тієї специфічної ролі, яку відіграє інтелектуальний капітал у процесі суспільного відтворення – інтелектуальний капітал як формалізований і фіксований інтелектуальний матеріал, призначений для виробництва більш цінного майна; знання, що використовуються для отримання конкурентних переваг;

усталене розуміння сутності категорії капіталу як певного вкладення (цінності, ресурсу), що уможливорює отримання доходу – інтелектуальний капітал як знання, здатні приносити прибуток; інтелектуальні ресурси підприємства, здатні створювати нову вартість, приносити дохід тощо. Наприклад, Т. Стюарт [7] стверджує, що перетворення інтелекту в капітал означає здатність отримувати дохід шляхом комерційного використання інтелекту.

Тобто, якщо оцінювати інтелектуальний капітал за його методичною основою, то це є інтелектуальний потенціал, що активно використовується суб'єктами господарювання у процесі економічного розвитку з метою отримання доходу чи прибутку. Інтелектуальний потенціал трактується, при цьому, як деякі можливості, створені інтелектуальними ресурсами різних рівнів рішень щодо реалізації певної мети. Інтелектуальні ресурси породжують людський капітал (наприклад, сукупність розумових функцій, які перетворюють інформацію у знання), штучний інтелект (наприклад, механічне, репродуктивне відтворення деяких інтелектуальних дій людини, пов'язаних зі сприйняттям інформації та

деякими елементами міркування) і інтелектуальні продукти (наприклад, надана на матеріальних носіях інформація, що містить нове знання, яке є результатом інтелектуальної праці).

Виходячи з того, що більшість інтелектуальних ресурсів не входять до складу активів підприємства чи фірми, які є об'єктом фінансового обліку, американські економісти користуються формулою інтелектуального капіталу, що ґрунтується на ідеї визначення цінності останнього як різниці між ринковою вартістю конкретної компанії та її ринковою оцінкою. Враховується наступне: як провідний чинник і основа інтелектуальної економіки інтелектуальний капітал має специфічну ознаку матеріальності, тобто специфічної форми запасу продукту, який примножується, його збереження і нагромадження у специфічних формах, що є нетрадиційними, і провідного компоненту для визначення ринкової вартості сучасних підприємств.

Отже, інтелектуальний капітал – це нагромаджена у процесі інтелектуальної діяльності сукупності знань, а за цим і взаємовідносин, досвіду, здібностей, навичок, творчості, що мають економічну цінність і використовуються у процесі виробництва, обміну і споживання продукту з метою отримання доходу чи прибутку. Інтелектуальний капітал сприймається переважно у чотирьох взаємопов'язаних аспектах, а саме: процес, тобто наявність відтворювальних характеристик, пов'язаних із кругообігом; результат, тобто пріоритет у процесі споживання, наслідок процесу кругообігу; система, тобто сукупність взаємопов'язаних елементів; цінність, тобто актив, здатний приносити дохід. Окрім того, дослідниками також виділяється: а) сукупний інтелектуальний капітал чи інтелектуальний капітал суспільства – сукупність досвіду, зв'язків, знань і інформації, що накопичені й використовуються на рівні суспільства в цілому; б) інтелектуальний капітал підприємства – сукупність активів окремої фірми, що ґрунтується на інтелектуальних здібностях її співробітників, які реалізуються в процесі інноваційної діяльності; в) інтелектуальний капітал індивіда – сукупність знань, досвіду, професійних навичок та інтелектуальних здібностей особистості.

Щоб дійти до такого визнання інтелектуального капіталу відстоювалися різні підходи до його структурування. Так, наприкінці 80-тих років ХХ століття розглядалися такі його складові індивідуальної компетентності, як досвід, моральні цінності, освіта, соціальні навички, уміння, внутрішньої структури організації, як внутрішні мережі, завдання, культура, моделі, неформальні зв'язки, структура, технології, цілі, і зовнішньої структури організації, як взаємовідносини і зв'язки із замовниками, конкурентами, постачальниками, репутація, торговельні марки. У середині 90-тих років ХХ століття виокремлювалися активи ринку, тобто нематеріальні активи, пов'язані з обмінними операціями, що визначають становище фірми на ринку (наприклад, корпоративне ім'я, портфель замовлень, прихильність покупців, торговельні марки), інтелектуальної власності, за якою сприймається захищена законом інтелектуальна власність компанії (наприклад, авторські права, виробничі та торговельні секрети, знаки обслуговування, патенти, торговельні марки), інфраструктури, тобто методи, процеси і технології, які роблять можливою роботу компанії (наприклад, бази даних, методи оцінки ринку, нормативна культура, філософія управління, фінансова структура) і людські активи, за чим криються інтелектуальні активи, які використовуються компанією (наприклад, знання, навички, уміння та творчі здібності співробітника). Треба наголосити, що інтелектуальні активи – це термін, який використовується для позначення саме нематеріальних об'єктів, які є ідентифікованими, описаними і занесеними до реєстру організації; інакше висловлюючись, це зафіксований і задокументований

інтелектуальний капітал, що є доступним для співробітників організації. За дослідженням [2] інтелектуальні активи його структуру не вичерпують. Останній тезис очікує пояснення, бо він залишається не ясним.

В структурі інтелектуального капіталу за мисленням С. Ільяшенка [10] визначається три складові взаємодії, а саме: людський капітал, що включає в себе досвід, знання, креативний спосіб мислення, культуру праці, моральні цінності, навички, ноу-хау, творчі здібності тощо; організаційний капітал, що включає в себе інформаційне, технічне і програмне забезпечення, корпоративну культуру, ліцензії, ноу-хау, організаційну структуру, патенти, програми, промислові зразки, систему мотивації творчої праці, товарні знаки тощо; інтерфейсний капітал, за яким криються зв'язки з економічними контрагентами, якими є кредитно-фінансові установи, осередки влади, посередники, постачальники, споживачі і т.ін., і інформація про господарчих контрагентів, попередні відносини з ними, торгову марку і ін. За задумом дослідника людський, організаційний і інтерфейсний капітали слід розглядати технологічно, тобто як підсистеми інтелектуального капіталу виокремленого підприємства, які постійно взаємодіють один з одним, змінюються і удосконалюють один одного. Така думка знаходить підтримку фахівців, які досліджують стійкість економічного розвитку виробничого підприємства. Наприклад, [11]. Тобто структура відображає переважно одну сторону інтелектуального капіталу – ресурсну, а саме: потенціал. Таке сприйняття залишає без уваги іншу сторону – можливість та спроможність такого капіталу активно реалізовуватися. Зауважимо, що останнє є більш важливою та вагомішою стороною для практики. В інтелектуальному капіталі вітчизняних підприємств і в економіці взагалі ресурсний капітал залишається недостатньо високим, а ступінь розвитку економіки із-за цього є набагато нижчою, ніж навіть в країнах із схожим рівнем інтелектуального капіталу. З цього приводу його дослідженню приділяється уваги у державі недостатньо.

Окрім наведених, є ще й інші тлумачення інтелектуального капіталу. Так, на думку Т. Стюарта [7], інтелектуальний капітал існує у двох якостях: як напівпостійна сукупність знань, що виростає навколо певного завдання, людини чи організації (наприклад, навички і зв'язки керівництва, знання про технологію виробництва, уявлення про потреби споживачів тощо) і як інструменти, за допомогою яких можна збільшити сукупність знань. За цим виокремлюється людський, структурний і споживчий капітал: людський капітал сприймається як здатність системного пропонувати клієнтам рішення, наявні знання та уміння використовувати їх з метою задоволення потреб клієнтів і т.ін.; структурний капітал означає організаційні здібності компанії відповідати потребам ринку, тобто активуються форми, методи і структури, які дають змогу ефективно відбирати, створювати і поширювати знання, об'єднувати і організовувати їх у систему, яка є доступною для всіх співробітників і забезпечує досягнення синергетичного ефекту від спільної діяльності. На відміну від людського капіталу, який належить кожному окремому співробітнику, структурний капітал є цілісністю і власністю організації, в яку найчастіше включається електронна складова – бази даних, винаходи, процеси, публікації, технології, і соціальна – стратегія і культура організації, норми відносин, збагачені життєвим досвідом. Споживчий капітал ґрунтується на відносинах організації зі споживачами її продукції, що персоніфікується через вірність клієнтів, взаємовигідне співробітництво, прихильність покупців.

Наведений варіант насичення змісту інтелектуального капіталу підтверджується у джерелі [12] практикою: інтелектуальний капітал поділяється

на людський та структурний, структурний капітал, у свою чергу, складається із клієнтського капіталу та організаційного капіталу, а останній, організаційний, – з інноваційного і процесного. З цього сприйнятим є наступне:

людський капітал – це сукупність знань, практичних навичок та творчих здібностей працівників компанії, що застосовуються для виконання поточних завдань. Ця сукупність корелюється з моральними цінностями колективу, культурою праці та загальним підходом до справи. Але людський капітал не може бути власністю окремого виробничого осередку;

структурний капітал зводиться до технічного і програмного забезпечення, організаційної структури, патентів, торговельної марки і всього того, що дає можливість працівникам виробничого осередку реалізовувати свій виробничий потенціал, тобто це те, що залишається в офісі після того, як працівники відправляються на відпочинок за межі осередку. Зміст структурного капіталу на цьому не закінчується, бо він включає в себе також відносини, що склалися між осередком і клієнтами. На відміну від людського капіталу, структурний капітал може бути власністю виробничого осередку, а відтак, і об'єктом купівлі-продажу. Тобто інтелектуальний капітал не є активом осередку і належить скоріше до його пасивів.

Проміжні висновки: У структурі інтелектуального капіталу виокремлюються дві складові: людського і структурного капіталу. За набутим суспільством досвідом ці складові формулюються наступним чином.

1. Людський капітал – це накопичені, як інвестиції, та втілені у працівниках підприємства досвід і загальна культура, знання і практичні навички, моральні цінності, ставлення до справи і творчі здібності. Людський капітал є невід'ємним від індивіда, невідчужуваним, не може бути власністю виробничого осередку та виступає скоріше тимчасово залученим у справу засобом, подібним до боргових зобов'язань за випущеними акціями; він є нематеріальним, невідчутним і таким, що не піддається традиційним вартісним оцінкам, але вести мову про нього дозволяється за базовою вартістю (наприклад, дисконтована ринкова вартість майбутнього доходу, на яку орієнтується індивід, здійснюючи інвестиції у свою освіту, підвищення кваліфікації, охорону здоров'я і т.ін.) і за його потенційною вартістю, на яку орієнтується виробник чи підприємець, який наймає робітника, орендує його особистий капітал живої праці; він є неліквідним, тобто таким, що не зберігається і не може бути законсервований до кращих часів, оскільки гальмування його використання у поточному періоді призводить до непоправних втрат; він не може бути скопійований або відтворений у жодній з інших організацій; він поєднує якості інвестування і споживання, оскільки інвестиції в освіту, підвищення кваліфікації, охорону здоров'я є невіддільними від витрат на споживання; він приносить дохід чи прибуток від використання фізіологічної здатності до мислення і праці безпосередньо особисто власником, оскільки не може бути об'єктом відчуження і не є власністю підприємства у традиційному розумінні.

2. Структурний капітал – це все те, що дає змогу співробітникам підприємства реалізовувати особистий потенціал. Найчастіше згадується тут про технічне і програмне забезпечення, організаційну структуру, патенти, торговельні марки і знаки обслуговування, а за цим і про відносини з клієнтами. Структурний капітал у цілому або за окремими частинами, може бути скопійований, відтворений, відчужений на користь іншого суб'єкта господарювання. Вартість структурного капіталу набуває відображення у балансі підприємства за статтями капіталізованих витрат на науково-дослідні та конструкторські розробки, на придбання прав інтелектуальної власності (наприклад, баз даних, ліцензій,

246

патентів) тощо. Саме структурний капітал найбільше співвідноситься з поняттям нематеріальних активів. За прийнятим методичним підходом структурний капітал поділяється на клієнтський та організаційний.

Клієнтський капітал, ще він сприймається як ринковий, брендовий, означає відносини із замовником і покупцем, що сприяють успішній реалізації вироблених товарів і послуг. Останній є клієнтською базою підприємства, яка власне і є своєрідним продуктом його діяльності. До клієнтського капіталу належать ліцензії, патенти, товарні знаки та знаки обслуговування, комерційна мережа розширення збуту товарів і послуг, ділові зв'язки з постачальником, угоди маркетингового і технологічного співробітництва, слава, популярність, репутація клієнтів тощо. Роль клієнтського капіталу визнається як значна для фінансових підприємств, динаміка і масштаб діяльності яких суттєво залежать від портфеля замовлень. Доречно відзначити, що таке ж значення має і термін «релятивний капітал» (від англ. relations – відносини), за яким відтворюються відносини підприємства не тільки з покупцями його продукції, а й з акціонерами, інвесторами, органами влади, постачальниками.

Організаційний капітал означає систематизовану і формалізовану компетентність підприємства (наприклад, авторитетність, обізнаність, поінформованість), організаційні можливості та системи, які посилюють його творчі можливості. До організаційного капіталу належать інформаційні ресурси, електронні мережі, організаційна структура, ефективне управління, сприйнятливість до змін і нововведень, інтелектуальна власність (наприклад, авторські права, бази даних, комп'ютерні програми, технічне і програмне забезпечення). Він включає дві складові: а) інноваційний капітал, що відтворює здатність підприємства до оновлення і застосування нововведень (наприклад, інтелектуальна власність, що є захищеною комерційним правом, інші нематеріальні активи і цінності); б) процесний капітал, що відображається через системи виробництва, збуту, післяпродажного обслуговування.

Висновки:

1. Метафізичний аналіз є методологією нової якісної економічної теорії, мета і завдання якого полягає у озброєнні суб'єктів економічної діяльності знанням, яке можна осягнути. Він можливий у тій мірі, в якій намагається виявити умови, за яких осмислене знання здатне відбутись як вираження стану економічного розвитку.

2. Залучення метафізики дає можливість розглянути інтелектуальний капітал у цілісності економічного буття.

3. Інтелектуальним капіталом слід сприймати повсемірно систему інтелектуальних цінностей, а саме: досвід, знання, навички, творчі здібності, а за цим і інтелектуальну власність та інші нематеріальні активи, які в процесі свого відтворення забезпечують не тільки конкурентні переваги підприємства як на внутрішніх, так і на зовнішніх ринках, а і приносять дохід і прибуток. Інтелектуальний капітал за своїми економічними ознаками є множиною, в якій займає місце серед факторів виробництва, як складова національного багатства країни, і у сукупності з природними ресурсами, основними виробничими фондами і оборотними коштами, забезпечує економічний прогрес.

4. Складові інтелектуального капіталу є неоднорідними. Одні з них є породженням людського інтелекту, а інші – створюють специфічні умови його застосування із метою підвищення життєздатності і конкурентоспроможності підприємства. Інтелектуальний капітал не існує поза контекстом, стратегією розвитку підприємства чи організації, оскільки найважливішою конкурентною

перевагою постіндустріального бізнесу є його здатність до інновацій та до реалізації властивості пристосовуватися до умов, які швидко змінюються.

5. Знання і інформація, якими володіють люди, як і речі, і гроші не є капіталом постійно, бо вони перетворюються на капітал тільки при умові створення відповідних чинників виробництва продукту чи послуги і їх споживання, тобто тоді, коли втягуються вони в капіталістичні виробничі відносини і використовуються в їх межах як засоби самозростання вартості, коли використовуються вони для виробництва додаткової вартості. За таким сприйняттям соціально-економічного підґрунтя всієї множини факторів виробництва, де чільне місце займають наука, знання і інформація, природно реалізується не їх власна основа, а суспільна основа відносин того історичного способу виробництва, в межах якого вони функціонують.

Список літератури

1. Гусев В. І. Вступ до метафізики : навч. посібн. / В. І. Гусев. – К. : Либідь, 2004. – 488с.
2. 2. Базилевич В. Д. Інтелектуальна власність: підручник / В. Д. Базилевич, В. В. Ільїн. – К.: Знання, 2006. – 432с.
3. Кант И. Сочинения. В 6 т. Т.4. Ч. 1. Претензии практического разума. – М. : Наука, 1964. – 314 с.
4. Брукинг Э. Интеллектуальный капитал: ключ к успеху в новом тысячелетии / Э. Брукинг. – СПб : Наука, 2001. – 288 с.
5. Леонтьев Б. Б. Цена интеллекта: интеллектуальный капитал в российском бизнесе / Б. Б. Леонтьев. – М. : Акционер, 2002. – 200 с.
6. Мельник Л. Г. Экономика информации и информационные системы предприятия : учеб. пособие / Л. Г. Мельник, С. Н. Ильяшенко, В. А. Касьяненко. – Сумы: Университет. книга, 2005. – 384 с.
7. Стюарт Т. Интеллектуальный капитал. Новый источник богатства организации / Т. Стюарт. – М. : Поколение, 2007. – 368 с.
8. Иноземцев В. Л. За пределами экономического общества: постиндустриальные теории и постэкономические тенденции в современном мире / В. Л. Иноземцев. – М. : Academia-Наука, 1988. – 640 с.
9. Базилевич В. Д. Чи можлива метафізика економіки? / В. Д. Базилевич, В. В. Ільїн // Філософська думка. – 2008. – №2. – С. 154-160.
10. Ильяшенко С. Сущность, структура и методические основы оценки интеллектуального капитала предприятия / С. Ильяшенко // Экономика Украины. – 2008. – № 11. – С. 16-26.
11. Саєнко В. Г. Інформаційне забезпечення промислового підприємства на шляху стійкого розвитку економіки / В. Г. Саєнко, І. А. Демидова. – Луганськ : Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. – 379 с.
12. Эдвинссон Л. Интеллектуальный капитал: определение истинной стоимости компании // Новая постиндустриальная волна на Западе: Антология / Л. Эдвинссон, М. Мэлоун. — М. : Просвещение, 1999. – 434 с.

М.П. Попов

**МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ДІЯЛЬНОСТІ ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ ЯК
СУБ'ЄКТУ ГОСПОДАРЮВАННЯ**

Стаття присвячена дослідженню принципів та підходів до аналізу ефективності підприємницької діяльності суб'єктів господарювання. З урахуванням специфіки діяльності ВНЗ запропоновано систему показників для оцінки ефективності підприємницької діяльності закладів вищої освіти. Табл. 2, Джерел 13.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Підприємницька діяльність завжди спрямована на досягнення мети, хоча не завжди до неї приводить. Але обов'язково закінчується результатом, навіть якщо він і не запланований або не має позитивного характеру. Якщо кінцевий результат збігається з метою, то діяльність може бути визнана раціональною, якщо ж такий збіг відсутній - діяльність є нераціональною. Узагальнюючим визначенням таких понять, як "успішна діяльність", "діяльність, що відповідає принципам раціональності", є поняття ефективності, яке відображає можливість одержання результату (або вже отриманий результат) за певних умов здійснення діяльності. Сьогодні ВНЗ являє собою аналогічний виробничому підприємству суб'єкт, здатний запропонувати ринку "продукцію" власного виробництва й при успішній її реалізації дістати прибуток [9, с. 55]. Але з огляду на соціальну специфіку і особливу роль його діяльності для суспільства оцінка підприємницької ефективності ВНЗ є більш складна, тому й підхід до її формування потрібен бути особливим і комплексним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінюючи підходи до оцінки ефективності системи підготовки фахівців в різних галузях господарювання, можна зауважити, що деякі автори акцентують увагу на кількісний склад навчальних закладів та велику роль покрокового навчання [1, 12, 13]. Інші автори приділяють увагу оцінці якості освіти, не зауважуючи на економічну складову системи якісної освіти [7, 8, 10]. Таким чином, в публікаціях приділяється недостатньо уваги оцінці економічної діяльності ВНЗ як суб'єкту господарювання.

Цілі дослідження. Метою статті є розробка та обґрунтування системи показників, які комплексно характеризуватимуть економічну ефективність вищого навчального закладу як суб'єкту господарювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основний принцип виміру ефективності - принцип взаємозв'язку мети й кінцевого результату діяльності. У літературі термін "ефективність" зв'язується із системою, операцією або рішенням [11, с. 104]. Поширюючи цей принцип на систему підприємництва і її специфічну область - освіту, важливо підкреслити необхідність такої побудови методичної бази для оцінки ефективності підприємницьких рішень, що моделює результат адекватний умовам і завданням цілепокладання.

Підприємництву, що базується на сучасній маркетинговій концепції, завжди властива множинність цілей. Вона проявляється, у першу чергу, в альтернативності процесу цілепокладання, коли з безлічі цілей обирається одна, що найбільш відповідає принципам ефективності. Множинність цілей може проявлятися в її багатокомпонентному складі. Підприємницька діяльність, як відомо, об'єднує у собі три аспекти: виробничий, комерційний і фінансовий. Для

кожного з напрямків характерні власні цілі, іноді взаємовиключні (наприклад, при прагненні до зростання прибутку й мінімізації витрат). При цьому, зрозуміло, ставляться завдання установалення розумного компромісу. Такий компроміс не завжди можливий, і завдання оцінки ефективності в цих випадках вирішуються за допомогою методу багатоцільової оптимізації.

Такий підхід спричиняє другий принцип оцінки ефективності підприємництва - доступність використання декількох критеріїв оптимальності. Важливо підкреслити, що мова йде саме про допустимість використання критеріїв, а не їхньої необхідності. Сукупність критеріїв використовується в тих випадках, коли немає можливості для застосування єдиних або узагальнених оцінок.

Процес встановлення цілей здійснюється в рамках розробки стратегії маркетингу й функціонування системи підприємництва. Стратегія являє собою обґрунтовану програму дій, орієнтовану на досягнення певної мети. Відмінна риса стратегії - наявність мети. Її присутність дозволяє трактувати стратегію як сукупність концептуальних положень, викладених у прийнятній для практики формі. Мети, а значить і кінцеві результати, що вимагають відбиття в показнику ефективності, бувають двох видів: якісні й кількісні. Залежно від застосовуваної стратегії й зовнішніх умов можуть висуватися як кількісні, так і якісні цілі. Однак у системі підприємництва до процесу цілепокладання пред'являються особливі вимоги. Вони обумовлені інтеграцією цілепокладання в єдиний планово-управлінський цикл. На етапі контролю кількісні оцінки дають більш точні й обґрунтовані результати. Якісні оцінки також придатні, у принципі, для проведення процедур контролю, дозволяють одержувати менш точні й надійні результати. Безумовно, будь-які якісні категорії можуть бути описані кількісними оцінками за допомогою балів або індексами. Але такі оцінки завжди мають елемент умовності, який можна скоротити, наприклад, за допомогою дотримання всіх правил і принципів експертного методу, але неможливо повністю виключити. Тому при оцінці ефективності підприємництва варто віддавати перевагу кількісним оцінкам, використовуючи їх як для характеристики мети, так і для характеристики результату.

Концепція маркетингу припускає до використання різні види стратегій (а разом з ними й ланцюжок "мета - результат"). Найбільше поширення одержали так звані наступальні стратегії. Серед цілей, властивим наступальним стратегіям, можна виділити: збільшення обсягу продажів і прибутку (у кількісному вираженні), оволодіння певним сегментом ринку, заняття певного положення в конкурентному середовищі, приріст обсягу виробництва й продуктивності праці, досягнення кількісно вираженого соціального ефекту й т.д.

Третій принцип оцінки ефективності підприємництва - у процесі цілепокладання доцільно віддавати перевагу цілям, що характеризують стабільність ринкових позицій підприємства, реалізуючи принципи маркетингу як ринкової концепції управління. Такий підхід не суперечить прагненню до максимізації прибутку, характерному для маркетингової концепції, але створює умови для успішного функціонування в тривалій перспективі.

Оцінка ефективності при цьому проводиться з урахуванням стратегічних пріоритетів, а в безлічі можливих оціночних показників превалюють показники, що характеризують результативність зусиль, що вживаються в тім або іншому стратегічному напрямку.

Четвертим принципом оцінки ефективності є її (оцінки) взаємозв'язок з життєвим циклом продукції. На стадії розробки й впровадження продукту, як відомо, прибуток не утвориться (він з'являється лише наприкінці стадії

впровадження). Прибуток має при цьому мотиваційний характер, тобто формуючі мотиви, через які вирішуються завдання з скорочення тривалості цих стадій, підвищення якості розроблювального й впроваджуваного продукту, забезпечення його відповідності потребам цільового сегмента, а також скорочення витрат на дослідження продукту, його апробацію, підготовку ринку й впровадженню в ринкове середовище. Для оцінки ефективності підприємництва на цих стадіях потрібні специфічні показники, орієнтовані на стратегічні завдання, що охоплюють весь планований життєвий цикл продукції, починаючи від формування ідеї й закінчуючи зняттям продукції з виробництва.

Для виміру показників результату підприємницької діяльності можуть використовуватися різні методи. Показник займаної частки ринку визначається на основі маркетингових досліджень, у рамках яких досліджується сукупна місткість ринку й аналізується співвідношення між ємнісними показниками, що характеризують діяльність підприємства і його основних конкурентів.

Конкурентоспроможність продукції (послуг) або підприємства виражається за допомогою відносного показника, де в якості оцінки альтернативи виступають продукти (організації), що утворюють конкурентне середовище.

На практиці залежно від мети, переслідуваної при оцінці економічної ефективності підприємницької діяльності, при розрахунку показника рентабельності в чисельнику можуть бути використані різні абсолютні показники ефекту. Цікаво помітити, що показники рентабельності, у яких в якості ефекту виступає чистий приплив готівки, більш пріоритетні й широко застосовуються в країнах з ринковою економікою, оскільки операції із грошовими потоками є істотною ознакою інтенсивного типу виробництва, ознакою "здоров'я" економіки й фінансового стану установи.

Підприємницька діяльність ВНЗ може бути ефективною тільки в тому випадку, якщо він надає якісні послуги. Саме якість забезпечує ріст продажів, зниження витрат, збільшення прибутку, і, в остаточному підсумку, економічну ефективність діяльності ВНЗ. Американський вчений-економіст Фейгенбаум А. ще в середині 1980-х рр. писав, що в умовах гострої конкурентної боротьби сучасні фірми зможуть успішно розвиватися, керуючись наступними засадами [3]:

якість є не одним з напрямків діяльності фірми, а безперервним процесом, що зачіпає всі її функції;

підвищення якості залежить від ступеня участі в його формуванні кожного співробітника фірми;

якість не перешкоджає, а сприяє зниженню собівартості продукції;

якість означає використання нової техніки й технологій;

якістю необхідно управляти так само безпосередньо й ефективно, як управляють устаткуванням, виробництвом і фінансами.

Підприємницька діяльність може бути ефективною тільки в тому випадку, якщо вона споконвічно орієнтована, по-перше, на надання високоякісних послуг і, по-друге, на безперервне поліпшення якісних характеристик і властивостей продукції (послуг). Тобто, тільки роблячи значно переважаючи по якісних параметрах існуючі аналоги послуги, освітня установа може забезпечити свою конкурентоспроможність, стати свого роду лідером на ринку, дістаючи додатковий прибуток.

На Заході з кінця 50-х рр. почався справжній бум публікацій, що розглядають індивідуальні й суспільні видатки на освіту як один з найбільш вигідних інвестиційних напрямків [2]. Практика довела, що освіта дійсно може бути економічно вигідною, високорентабельною справою [4, 5, 6].

Отже, з огляду на викладене можна зробити висновок, що найбільш ефективним принципом оцінки ефективності діяльності ВНЗ є другий, заснований на доступності використання декількох критеріїв оптимальності. Пропонується розвинути цей принцип і на основі аналізу сукупності ряду показників і розробити інтегральний показник порівняння ВНЗ по ефективності їхньої підприємницької діяльності. Насамперед, пропонується система факторів ефективності підприємницької діяльності ВНЗ. В неї повинні ввійти різноманітні показники, такі як фінансово-економічні, показники якості й забезпеченості освітнього процесу, матеріально-технічного забезпечення. У цьому зв'язку, найбільш важливі наступні показники (табл. 1).

Таблиця 1
Показники ефективності підприємницької діяльності ВНЗ

Найменування	Формула для розрахунку	Умовні позначки
Фінансово-економічні показники ВНЗ		
Рівень витрат	$V_p = \frac{V}{D}$	V - сукупні витрати ВНЗ; D - доходи.
Доходи на одного працівника	$D_p = \frac{D}{N_p}$	N _p – кількість працівників ВНЗ.
Фондовіддача	$\Phi = \frac{D}{HA}$	HA – вартість необоротних активів ВНЗ.
Фінансово-економічні показники освітнього процесу		
Доход на одного студента	$D_c = \frac{D}{N_c}$	N _c – кількість студентів у ВНЗ.
Витрати на одного студента	$V_c = \frac{V}{N_c}$	
Вартість залучення одного студента	$V_{3c} = \frac{VM}{N_c}$	VM – маркетингові витрати ВНЗ.
Середній ефект на одного студента	$E_c = \frac{D_c}{V_c}$	
Показники забезпеченості освітнього процесу		
Кількість студентів на одного викладача	$P_H = \frac{N_c}{N_B}$	N _B – загальна кількість викладачів у ВНЗ.
Співвідношення викладачів і іншого персоналу	$E_B = \frac{N_B}{N_p - N_B}$	
Аудиторний фонд	$A_{\Phi c} = \frac{A_{\Phi B}}{N_c}$	A _{ΦB} – аудиторний фонд ВНЗ

Значення зазначених показників дозволяють оцінити ефективність основного процесу в діяльності ВНЗ, а також на основі непрямих оцінок і всі інші процеси. Наприклад, якщо розглядати перераховані показники в динаміці, з'являється можливість оцінки процесу управління у ВНЗ. З іншого боку, у перелік входять фінансово-економічні показники, що дозволяють у явному виді оцінити економічний ефект підприємницької діяльності. Тобто, даний перелік показників є необхідним і достатнім для найбільш об'єктивної оцінки ефективності підприємницької діяльності ВНЗ.

Проте, найчастіше буває важко провести порівняльну оцінку ефективності підприємницької діяльності ВНЗ. Таке завдання може виникнути в процесі атестації закладу або при визначенні потенційним клієнтом майбутнього місця навчання. У цьому зв'язку пропонується ввести інтегральний показник ефективності підприємницької діяльності ВНЗ, включивши в механізм його розрахунку зазначені показники.

Для розрахунку інтегрального показника пропонується розбити всі показники на три групи: що впливають позитивно, що впливають негативно, нормативні. Критерієм розбивки є вплив кожного показника на ефективність підприємницької діяльності. Зокрема, показник фондівідачі попадає в першу групу, тому що його ріст впливає на ріст ефективності. Показник вартості залучення одного студента є негативним, тому що його ріст означає зниження ефективності підприємницької діяльності ВНЗ.

Аудиторний фонд є нормативним показником, тому що його значення може бути визначене й відхилення від нормативного значення в ту або іншу сторону приводить до зниження ефективності підприємницької діяльності ВНЗ. Це обумовлено рядом передумов. Тобто, наприклад, навіщо ВНЗ тримає надлишкова кількість аудиторій, їх можна використовувати більш ефективно. З іншого боку, якщо приміщень недостатньо, якість освітнього процесу знижується.

Ця класифікація провадиться для відбору й подальшого використання показників при розрахунку інтегрального показника ефективності. Як модель інтегрального показника пропонується використовувати мультиплікативну модель виду:

$$k_I = \frac{k_P}{k_N * |\Delta k_N|}, \quad (1)$$

де

k_I – інтегральний показник;

k_P – добуток позитивних показників;

k_N – добуток негативних показників;

Δk_N – добуток відхилень фактичних значень нормативних показників від їх планових значень (якщо відхилення близьке до нуля, то показник у розрахунок не включається).

Нормативні показники включаються у формулу розрахунку інтегрального показника через абсолютне відхилення від планового значення й розташовуються в знаменнику, тому що будь-яке відхилення негативно впливає на ефективність підприємницької діяльності. Розбивка перерахованих у табл. 1 показників по групах розрахунку наведено в табл. 2.

Класифікація показників для включення в інтегральний показник

Найменування	Вплив на інтегральний показник
Рівень витрат	негативне
Доход на одного працівника	позитивне
Фондовіддача	позитивне
Доход на одного студента	позитивне
Витрати на одного студента	нормативне
Вартість залучення одного студента	негативне
Середній ефект на одного студента	позитивне
Кількість студентів на одного викладача	нормативне
Співвідношення викладачів і іншого персоналу	нормативне
Аудиторний фонд	нормативне

У результаті аналізу всіх наведених даних з'являється можливість порівняння інтегрального показника по різних ВНЗ.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Таким чином, система показників ефективності підприємницької діяльності ВНЗ і інтегральний показник ефективності ВНЗ зокрема комплексно характеризують ефективність діяльності ВНЗ з точки зору підприємницької ефективності. Подальші дослідження можуть бути направлені на пошук і розробку деякого нормативного показника для атестації підприємницької діяльності ВНЗ. Перспектива даного показника укладається в тім, що при визначенні ваг окремих показників, а також при введенні відповідних множників, що нормують, з'являється можливість автономного аналізу інтегрального показника ефективності підприємницької діяльності ВНЗ. Також необхідно в подальшому включити в систему показників ефективності діяльності ВНЗ в цілому показники, що характеризують соціальну ефективність діяльності ВНЗ.

Список літератури

1. Антропов В. А. Оценка социально-экономической эффективности функционирования средних профессиональных учебных заведений / В. А. Антропов, В. Л. Нестеров, Т. Н. Ельшина. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2001. – 142 с.
2. Мишин В. М. Управление качеством : учеб. пособие для вузов / Мишин В. М. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 303 с.
3. Фейгенбаум А. Контроль качества продукции / – М. : Экономика, 1986. – 161 с.
4. Зарубежный опыт реформ в образовании : Европа, США, Китай, Япония // Высшее образование сегодня. – 2001. – N 2. – С. 60-67.
5. Пузиков В. Инвестиционный потенциал образования / В. Пузиков // Высшее образование в России. – 2001. – N 2. – С. 10-17.
6. Мальцева Г. И. Финансовое регулирование в сфере высшего профессионального образования / Г. И. Мальцева, Н. В. Фадейкина. – Новосибирск : СИФБД, 2002. – 147 с.
7. Дрантусова Н. В. Оценка качества как необходимый элемент (этап) управления в высшем образовании / Н. В. Дрантусова, Е. А. Князев // Университетское управление: практика и анализ. - 1999. - N 1(8). - С. 41-44.
8. Лукашенко М. Рынок образовательных услуг: десять лет спустя / М. Лукашенко // Высшее образование в России. – 2003. – N 1. – С. 40-52.

9. Кельчевская Н. Р. Проведение финансового анализа государственного образовательного учреждения / Н. Р. Кельчевская, Н. Б. Прохорова, М. В. Павлова. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. – 127 с.
10. Шумпетер И. Теория экономического развития (Исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита, процента и цикла конъюнктуры): пер. с англ. – М. : Прогресс, 1982. – 455 с.
11. Анфилатов В. С. Системный анализ в управлении : учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин / под ред. А.А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 368 с.
12. Антропов В.А. Организация управления подготовкой кадров промышленности. — Екатеринбург : УГТУ, 1995. – 308 с.
13. Ядренникова Е. В. Механизм оценки и повышение эффективности подготовки кадров с высшим образованием для промышленности : дис. на соиск. учен. степени канд. экон. наук: 08.00.05 / Е. В. Ядренникова. – Екатеринбург, 1998. – 200с.

УДК 658.14:338.45

С.В. Коверга, А.В.Малецький

ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ ТА ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ В РАМКАХ ПРОЦЕСІВ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Відображено результати аналізу факторів на формування та поліпшення якості машинобудівної продукції, в рамках ідентифікованих процесів випуску продукції. Запропонований підхід є дієвим інструментом при розробці організаційних аспектів формування та реалізації системи менеджменту якості на машинобудівних підприємствах. Рис.1. Дж.11.

Актуальність проблеми. В умовах ринкових відносин найважливіше значення набуває вирішення проблеми якості. Тільки висока якість дозволить забезпечити конкурентоспроможність продукції. Визначальним в даний час є усвідомлення кожним із товаровиробників того, що висока якість продукції, що випускається забезпечує можливість нормального розвитку підприємства [1].

Сучасною промисловістю випускається велика кількість різноманітної продукції, яка повинна задовольняти споживача за якістю. Задоволення потреб з допомогою певних властивостей якоїсь продукції з мінімальними витратами матеріальних засобів, фізичних сил споживача - ось вища мета управління якістю, що забезпечує дієвий і ефективний спосіб організації справи, організації виробництва. Забезпечення якості було і залишається одним з найскладніших завдань, з якими доводиться стикатися при виробництві продукції та наданні послуг.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні питання управління якістю продукції досить широко представлені у наукових працях відомих зарубіжних дослідників, таких як Адлер Ю. П. [2], Гіссин В.І. [3], Канівець А.Н. [4], Попова Т.Д. [5], Пономарев С.В. [6], Берр Дж. [7], Вумек Дж., Джонс Д. [8]. Проте вони або присвячені окремим питанням, пов'язаним з процесами управління якістю продукції, або недостатньо глибоко, з методичної точки зору, розглядають

проблему аналізу впливу факторів на формування та поліпшення якості продукції.

Мета статті. Метою статті є дослідження впливу факторів на формування та поліпшення якості продукції в рамках процесів життєвого циклу.

Виклад основного матеріалу. Якщо говорити про якість продукту як про його властивості, то воно закладається в продукт в процесі його розробки та виробництва, а оцінюється при експлуатації. Тому якість продукту можна планувати при розробці, як самого продукту, так і процесу його виготовлення. Цей етап створення продукту з заданими споживачем вимог відповідає у виробництві розробці документації. Після нього виробник у процесі виготовлення намагається зробити продукт із запланованими значеннями параметрів якості.

Проведений аналіз дозволив виділити внутрішні фактори впливу на механізм формування і поліпшення якості промислової продукції. До них відносяться: організаційні, соціальні, матеріально-технічні, інформаційні, які різною мірою впливають на якість продукції.

На підприємствах машинобудівної промисловості можна виділити наступні процеси життєвого циклу виготовлення продукції: а) процеси, пов'язані зі споживачами; б) процеси планування виробництва продукції; в) процеси закупівлі сировини, матеріалів, комплектуючих і т.д.; г) процес підготовки до виробництва продукції; д) процес виробництва продукції; е) процеси пусконаладжувальних робіт; ж) процеси збуту продукції [9].

Функції та відповідальність за забезпечення якості продукції повинні бути розподілені між відповідними підрозділами, виходячи з: можливості більш оперативного і повного впливу; забезпечення інформованості відповідних підрозділів; забезпеченості управління якістю в рамках підрозділів підприємства в міру розширення їхніх функцій.

Як показали результати проведеного нами дослідження, при управлінні якістю продукції на вітчизняних підприємствах виникає ряд проблем, пов'язаних з людським фактором:

1. Керівники, часто не бажають змін, які, на їхню думку, тільки збільшать витрати;
2. Вважається, що брак і дефекти - невід'ємна частина виробництва;
3. Керівники не сприймають пропозиції підлеглих;
4. Спостерігається байдужість персоналу до змін на підприємстві;
5. Орієнтація тільки на контроль готової продукції.

В якості окремого чинника, що впливає на формування якості машинобудівної продукції, необхідно розглядати інформаційне забезпечення якості продукції. Раціоналізація потоків інформації мінімізує маршрут її проходження через структурні підрозділи, виключає її дублювання, сприятиме оперативності при виконанні робіт, точному виконанню вимог.

В результаті аналізу впливу виділених факторів на формування та поліпшення якості машинобудівної продукції [1; 4; 6; 9; 10] нами була розроблена схема їх дії на процеси випуску та збуту (рис.1). Як видно з наведеної схеми, якість продукції залежить від значної кількості факторів. Ці фактори діють як окремо, так і у взаємозв'язку між собою, як на певних стадіях життєвого циклу продукції, так і на кількох. Необхідно пам'ятати, що управління якістю — це не ізольований вид діяльності відділу технічного контролю або управління якістю. Щоб бути ефективним, цей процес має охоплювати операції всіх відділів, включаючи ті, які займаються маркетингом, проектно-конструкторськими розробками, технологією, виробництвом, пакуванням, диспетчеризацією і транспортуванням. Фактично управління якістю має охоплювати діапазон від

постачальників вихідного матеріалу до замовників. Важливо зрозуміти вимоги споживачів і мати точний зворотний зв'язок, який дає інформацію про їхнє сприйняття виробів, які вони отримують.

Облік впливу виділених факторів на формування та поліпшення якості продукції на різних етапах її виготовлення є дієвим інструментом при розробці організаційних аспектів формування та реалізації системи менеджменту якості на машинобудівних підприємствах.

У нинішніх умовах система менеджменту якості (СМЯ) є важливою складовою підтримки і зміцнення технологічної та виробничої дисципліни, а також безперервного вдосконалення управління всією життєдіяльністю промислового підприємства. В обстановці жорсткої конкуренції успішність функціонування будь-якої компанії пов'язана насамперед з такими факторами, як ефективність організації виробничого процесу, професіоналізм персоналу та задоволеність споживачів. Відповідність обумовленим вимогам диктує необхідність впровадження на підприємстві та підтримання в робочому стані системи управління якістю.

Перелік питань, розглянутих під час проектування СМЯ: 1) підходи до побудови системи менеджменту на основі процесів. Переваги процесного підходу. Введення в менеджмент процесів; 2) бізнес-процеси і функції. Класифікація бізнес-процесів. Процеси основні, підтримують цінність для

ПРОЦЕСИ	ФАКТОРИ			
	Організаційні	Матеріально-технічні	Інформаційні	Людські
пов'язані зі споживачами			X	X
планування виробництва продукції	X		X	X
закупівлі сировини, матеріалів, комплектуючих		X		X
підготовки до виробництва продукції	X	X		X
виробництва продукції	X	X	X	X
пусконаладжувальних робіт	X	X		X
збуту продукції	X			X

Рис.1 Вплив факторів на формування та поліпшення якості продукції в рамках процесів життєвого циклу

споживача; 3) підходи до виділення і структуризування процесів. Ланцюжок створення цінності для споживача; 4) розподіл відповідальності і ролі співробітників в рамках процесного управління; 5) показники і критерії оцінки результативності та ефективності процесів; 6) розробка критичних факторів успіху. Оцінка важливості процесів організації. Зіставлення бізнес-процесів і критичних факторів успіху. Ранжування процесів; 7) аналіз видів та наслідків потенційних невідповідностей процесів; 8) визначення пріоритетних процесів для подальшого опису, вдосконалення і реінжинірингу. Правила опису процесів. Вибір методики опису процесу. Поточне та майбутній стан процесу. Аспекти опису процесів; 9) підходи до оптимізації процесів. Стандартизація робіт / процесів. Практичні приклади поступових поліпшень (кайдзен) і реінжинірингу процесів. Прийоми оптимізації й інжинірингу процесів; 10) питання управління і розподілу ресурсів по процесах. Оцінка складності і трудомісткості процесу. Підходи до визначення вартості процесів і доцільність їх застосування. Визначення коефіцієнта корисної дії процесу. Оцінка ефективності пропонуван

і фактичних заходів щодо поліпшення ефективності процесів; 11) особливості управління процесами різних типів. Визначення доцільності використання аутсорсингу. Управління змінюються процесами. Тактирування (вирівнювання) виробничих процесів; 12) моніторинг процесів. Підхід до визначення обсягу звітності по процесах; 13) аспекти автоматизації процесів; 14) підходи та актуальні питання розробки документації, яка описує процеси та організаційну структуру. Положення про підрозділи. Посадові інструкції; 15) аналіз та оптимізація організаційної структури відповідно до структури процесів. Базові варіанти організаційних структур. Переваги та недоліки; 16) аспекти інтеграції системи управління проектами і процесами в організації; 17) труднощі та перешкоди використання процесного управління в організації і способи їх подолання. Організація проекту з оптимізації бізнес-процесів та організаційної структури [11].

У вирішенні проблеми підвищення ефективності та якості важливу роль відіграє вдосконалення механізму управління якістю на підприємстві.

Висновки. Необхідність підвищення ефективності управління якістю ставить завдання розробки таких теорій і технологій управління якістю на підприємстві, які змогли б забезпечити вирішення основних питань підвищення якості продукції. Вони повинні проявити себе дієвими інструментами вирішення проблеми при найкращому сполученні матеріальних, трудових витрат і значень параметрів якості з урахуванням складного впливу технічних, організаційних та економічних факторів підприємства і поза ним.

Список літератури

1. Новицкий Н. И. Управление качеством продукции / Н. И. Новицкий, В. Н. Олексик. – М. : Новое знание, 2002. – 367 с.
2. Адлер Ю.П., Шпер В.Л. Истоки статистического мышления // Методы менеджмента качества. - 2003. - № 1. - С. 34-40. 24.
3. Гиссин В.И. Управление качеством продукции. / Уч.пособие. - Ростов-на-Дону: "Феникс", 2000. – 430 с.
4. Канивец А.Н. Экономический анализ системы менеджмента качества промышленного предприятия / А.Н. Канивец, Б.И. Герасимов, Л.В. Пархоменко. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2005. – 144 с.
5. Попова Т.Д. Концепция управленческого учета в системе обеспечения качества продукции и услуг: автореф. дис. на соискание научн. степени доктора. экон. наук: спец. 08.00.12 «Бухгалтерский учет, статистика» / Т.Д. Попова – Ростов-на-Дону, 2002. – 35 с.
6. Пономарев С.В. Управление качеством продукции: учет затрат на качество: учебно-метод. пособие / С.В. Пономарев, А.В. Трофимов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 48 с.
7. Берр Дж. Инструменты качества. Часть 1: Использование диаграмм (блок-схем) потоков // Методы менеджмента качества. — 1999. — № 11. — С. 23-28.
8. Вумек Дж.П. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дж.П. Вумек, Д.Т. Джонс - М.: Альпина Бизнес Букс, 2004. - 473 с.
9. Мартиросян В. В. Роль качества в рыночной экономике /В. В. Мартиросян // Современные аспекты экономики. – 2003. - №43. – С.5-8.
10. Мартиросян В.В. Организационно-экономический механизм улучшения качества промышленной продукции / В.В. Мартиросян // Актуальные проблемы экономического развития Северо-Запада. Материалы научно-практического симпозиума. – СПб.: Изд-во «ИМЦ «НВШ-СПб», 2003-2004.- С. 52-56.
11. Огвоздин В. Ю. Управление качеством: основы теории и практики / В. Ю. Огвоздин. – СПб. : ГЭУ, 2009. – 367 с.

АНОТАЦІЇ

УДК 541.13:546.214+539.192

В.В. Бондарь, И.И. Захаров, Н.Ф. Тюпало

Квантово-химический анализ молекулярных и электронных структур биядерных комплексов хрома (III) и марганца (II)

Молекулярные и электронные структуры биядерных аквакомплексов хрома (III) и марганца (II) были исследованы квантово-химически в рамках метода теории функционала плотности DFT/B3LYP с использованием базисов LANL2DZ_6-31G**. Проведен анализ электронной и спиновой плотности биядерного комплекса с сульфатным мостиковым лигандом и его сравнение с озонированным комплексом. Показана возможность окисления марганца (II) в марганец (III) в координационной сфере озонированного биядерного комплекса.

УДК 541.13:546.214+539.192

В.В. Бондар, І.І. Захаров, М.Ф. Тюпало

Квантово-хімічний аналіз молекулярних та електронних структур біядерних комплексів хрому (III) і мангану (II)

Молекулярні та електронні структури біядерних аквакомплексів хрому (III) і мангану (II) були досліджені квантово-хімічно у рамках методу теорії функціонала густини DFT/B3LYP з використанням базисів LANL2DZ_6-31G**. Проведено аналіз електронної і спінової густини біядерного комплексу з сульфатним мостиковим лігандом та його порівняння з озонованим комплексом. Показана можливість окиснення мангану (II) до мангану (III) в координаційній сфері озонованого біядерного комплексу.

UDC 541.13:546.214+539.192

V.V. Bondar, I.I. Zakharov, N.F. Tyupalo

Quantum-chemical analysis of the molecular and electron structures of chromium (III) and manganese (II) binuclear complexes

The molecular and electronic structure of chromium (III) and manganese (II) binuclear aquacomplexes have been investigated by quantum-chemical method in density functional theory DFT/B3LYP using bases LANL2DZ_6-31G**. The analysis of the electron and spin density of sulfate-bridged binuclear complex and its comparison with ozonized complexes has been carried out. The possibility of oxidation of manganese (II) to manganese (III) in the coordination sphere of ozonized binuclear complex has been shown.

УДК 66.065:546.74:536.777

М.А. Ожередова, В.А. Суворин

Влияние состава никельсодержащих растворов на термодинамическую вероятность процесса их осаждения

Приведена оценка влияния условий на термодинамическую вероятность протекания реакций образования и осаждения никеля из отработанных растворов. Определена минимальная концентрация солей никеля, при которой протекает химическое обезвреживание отработанных никельсодержащих растворов. Рис. 2, ист. 5.

УДК 66.065:546.74:536.777

М.А. Ожередова, В.О Суворін

Вплив складу нікельвмісних розчинів на термодинамічну ймовірність процесу їх осадження

Наведена оцінка впливу умов на термодинамічну ймовірність перебігу реакцій утворення та осадження нікелю з відпрацьованих розчинів. Визначена мінімальна концентрація солей нікелю за якою перебігає хімічне знешкодження відпрацьованих нікельвмісних розчинів. Рис. 2, дж. 5.

UDC 66.065:546.74:536.777

M. Ojeredova, V. Suvorin

The effect of nickel-containing solutions on the thermodynamic probability of their precipitation

The assessment of the conditions influence on thermodynamics probability of carrying out reactions to form and to precipitate nickel from exhausted electrolytes is provided. The minimum concentration of nickel salts at which the chemical neutralization of nickel-containing waste solutions occurs has been determined. Fig. 2, source 5.

УДК 542.943

И.В.Кравченко

Источники облучения NO₂ для получения O('D)

Показана возможность синтеза NO фотоокислением азота воздуха оксидом азота (IV) с выходом 17-18% в условиях облучения реакционной смеси ртутными лампами ПРК-2 и ПРК-4. Предложен диапазон длин волн, что обеспечивает увеличение выхода продукта.

УДК 542.943

I.V.Кравченко

Джерела опромінення NO₂ для отримання O('D)

Показана можливість синтезу NO фотоокисненням азоту повітря оксидом нітрогену (IV) з виходом 17-18% в умовах опромінення реакційної суміші ртутними лампами ПРК-2 та ПРК-4. Запропоновано діапазон довжин хвиль, що забезпечує збільшення виходу продукту.

UDC 542.943

I.V.Kravchenko

The expositions sources of NO₂ to get O('D)

The possibility of NO synthesis by the photooxidation of the air nitrogen with NO₂ is demonstrated. The output of reaction products in experimental conditions was 17-18% according to theoretical possible output. In the experiment the exposition of mercury lamps PRK-2 and PRK-4 was used. The range of wavelengths, which allows to obtain an increasing output has been suggested.

УДК 541.127:542.943

А.Г. Галстян, В.П. Шапкин, В.В. Денисов

Получение хинонов окислением аренов озонированными соединениями переходных металлов

Показана возможность использования озона для регенерации Cr(III), который образуется в результате окисления аренов хромовой кислотой, в Cr(VI) с последующим возвращением полученных кислых растворов Cr(VI) на стадию окисления аренов. Регенерацию осуществляли путем обработки сточных вод озонозоооздушной смесью в присутствии катализатора – марганец(II) сульфата. Изучено кинетические закономерности озонирования Cr(III) в присутствии марганец(II) сульфата в сульфатной кислоте, предложено каталитическую схему окисления. Рис.6, табл. 2, ист. 7.

УДК 541.127:542.943

А.Г. Галстян, В.П. Шапкин, В.В. Денисов

Одержання хінонів окисненням аренів озонуваними сполуками перехідних металів

Показана можливість використання озону для регенерації Cr(III), що утворюється в результаті окиснення аренів хромовою кислотою, в Cr(VI) з подальшим поверненням отриманих кислих розчинів Cr(VI) на стадію окиснення аренів. Регенерацію здійснювали шляхом обробки стічних вод озоноповітряною сумішшю в присутності катализатора – манган(II) сульфату. Вивчено кінетичні закономірності озонування Cr(III) в присутності манган(II) сульфату в сульфатній кислоті, запропоновано каталітичну схему окиснення. Рис.6, табл. 2, джер. 7.

UDC 541.127:542.943

A.G Galstyan, V.P. Shapkin, V.V. Denisov

Preparation of quinones by arenes oxidation with ozonized transition metal compounds

The possibility of ozone using for the Cr(III) regeneration, which is formed as a result of the oxidation of arenes by chromic acid, Cr(VI), with following recycling of acid solutions Cr(VI) is demonstrated. The regeneration is carried out by treating the sewage water by the mixture of ozone and air at the presence of a catalyst – manganese(II) sulfate. The kinetic relationships of Cr(III) ozonization at the presence of manganese(II) sulfate and sulfate acid were studied, the catalytic mechanism of oxidation was suggested. Fig. 6, tab. 2, sources 7.

УДК 678.074:678.01

В.Т. Мякухина, Г.В. Попенко, Е. П. Шарун

Резиновая смесь с высокой адгезией к текстилю

Предложено применение бромсодержащего олигоэстера на основе адипиновой кислоты, тетрабромфталевого ангидрида, триметилпропана и диэтиленгликоля в качестве ингредиента резиновой смеси на основе нестереорегулярного бутадиенметилстирольного каучука. Показано, что введение предложенного продукта обеспечивает повышение адгезии резины к текстилю. Табл.1, источников 7.

УДК 678.074:678.01

В.Т. Мякухіна, Г.В. Попенко, О.П. Шарун

Гумова суміш з високою адгезією до текстилю

Запропоновано застосування бромвмісного олігоестеру на основі адипінової кислоти, тетрабромфталевого ангідриду, триметилпропану та діетиленгліколю в якості інгредієнта гумової суміші на основі нестереорегулярного бутадієнметилстирольного каучуку. Показано, що введення запропонованого продукту забезпечує підвищення адгезії гуми до текстилю. Табл.1, джерел 7.

UDC 678.074:678.01

V.T. Myakuhina, G.V. Popenko, E.P. Sharun

Stock with high adhesion to Textile

The use of brominecontaining olygoester on the basis of adipic acid, tetrabromophthalic anhydride, trimethylolpropane and diethyleneglycole is proposed as an ingredient of the stock on the basis of non-stereoregular butadienemethylstyrole rubber. It is shown the introduction of the proposed product provides the increase of adhesion of rubber to textile Text. Table.1, sources 7.

УДК 665.6, 66.07

В.В.Милоцкий, Б.Б.Мамедов

Деструкция углеводородов в кавитационной области в присутствии УФ-излучения

Рассматривается проблема повышения октанового числа прямогонных бензинов по энергосберегающей технологии. Экспериментально подтверждена возможность выделения кавитационной энергии в количестве, превышающем энергию, необходимую для деструкции молекул углеводорода на радикалы и участие их в реакциях изомеризации и ароматизации.

УДК 665.6, 66.07

В.В.Мілоцький, Б.Б.Мамедов

Деструкція вуглеводнів в кавітаційній області у присутності УФ-випромінювання

Розглядається проблема підвищення октанового числа прямогонних бензинів за енергозбережною технологією. Експериментально підтверджена можливість виділення енергії кавітації в кількості, що перевищує енергію, необхідну для деструкції молекул вуглеводня на радикал-іони і участь їх в реакціях ізомеризації і ароматизації.

UDC 665.6, 66.07

V.V.Milotskiy, B.B. Mamedov

The destruction of hydrocarbons in the presence of Uf-radiation

The problem of the increase of antiknock value of petrols is examined on energysaving technology. Possibility of cavetaition energy selection in an amount, exceeding energy, necessary for destruction of molecules of hydrocarbon on radicals-ions and participation them in the reactions of izomerizaition and aromatization is experimentally confirmed.

УДК 66.01.002.2.661.51
В.Ю. Тарасов, Е.И. Зубцов, Р.Г. Заика, Ю.А. Шовкопляс
Исследование жидкого высокотемпературного теплоносителя
Проанализированы физико-химические свойства жидких высокотемпературных теплоносителей, используемых при проведении химических процессов в высокотемпературной среде. Показана индифферентность расплава хлорида натрия в условиях процессов окисления и пиролиза, установлен факт его взаимодействия с водой, что может внести коррективы в материальные балансы процессов конверсии. Рис.1, табл.6, ист. 4.

УДК 66.01.002.2.661.51
В.Ю. Тарасов, Е.І. Зубцов, Р.Г. Заїка, Ю.С. Шовкопляс
Дослідження рідкого високотемпературного теплоносія
Проаналізовано фізико-хімічні властивості рідких високотемпературних теплоносіїв, що використовуються при проведенні хімічних процесів у високотемпературному середовищі. Показано індиферентність розплаву хлориду натрію в умовах процесів окиснення і піролізу, встановлено факт його взаємодії з водою, що може внести корективи до матеріальних балансів конверсії. Рис.1, табл.6, дж. 4.

UDC 66.01.002.2.661.51
V.Yu. Tarasov, E.I. Zubtsov, R.G. Zaika, Yu.A. Shovkoplyas
The research of liquid high-temperature heat-carrier
The analysis of liquid high-temperature heat carrier and their physicochemical properties to be used in high-temperature chemical processes was carried out. The indifference of a sodium chloride melt in the processes of oxidation and pyrolysis was shown. The fact of its interaction with water, which can make adjustments in the material balances conversion processes was established. Fig 1, table 6, ref. 4.

УДК 539.192 +546.175.323
К.А. Тюльпинов, А.Д. Тюльпинов
Снижение выбросов окислов азота в производстве азотной кислоты
Исследовано превращение NO в HNO₃ в присутствии перекиси водорода. Установлено, что наличие в реакционной среде перекиси водорода приводит к увеличению степени превращения NO в 5 -10 раз, чем в его отсутствии. Рис. 2, лит. ист. 3.

УДК 539.192 +546.175.323
К.О. Тюльпінів, О.Д. Тюльпінів
Зниження викидів оксидів азоту у виробництві нітратної кислоти
Досліджено перетворення NO у HNO₃ у присутності перекису водню. Установлено, що наявність в реакційному середовищі перекису водню приводить до збільшення ступеня перетворення NO в 5 -10 разів ніж в його відсутності. Рис. 2, дж. 5.

UDC 539.192 +546.175.323
K.A. Tyulpinov, A.D. Tyulpinov
The decline of nitrogen oxide emission in the production of aquafortis
The transformation of NO in HNO₃ in the presence of peroxigen is investigated. It was determined that the presence of peroxigen in the reactionary environment results in the degree increasing of NO transformation in 5 -10 times, than it being absent. Fig. 2, ref. 3.

УДК 628.35

С. Быкова

Взаимосвязь технологических и гидробиологических показателей биологической очистки сточных вод

Представлены результаты определения технологических и гидробиологических показателей активного ила в процессе аэрации и отстаивания. Показано, что бескислородные условия в отстойнике несколько снижают количественный состав гидробионтов и их подвижность, а также дегидрогеназную активность бактериального ассоциата. Табл. 2, ист. 5.

УДК 628.35

С. Бикова

Взаємозв'язок технологічних і гідробіологічних показників біологічної очистки стічних вод

Приведені результати визначення технологічних і гідробіологічних показників активного мулу у процесі аерації і відстоювання. Показано, що бескисневі умови у відстійнику дещо знижують кількісний склад гідробіонтів і їх рухливість, а також дегідрогеназну активність бактеріального асоціату. Табл. 2, дж. 5.

UDC 628.35

S. Bykova

The relationship of technological and hydrobiological indicators of biological sewage cleaning

The results of technological and hydrobiological indicators of active sludge determination in the process of aeration and sedimenting are presented. It is shown that the non-oxygen conditions in sedimentation decrease the quantitative composition of aquatic organisms and their mobility, as well as the dehydrogenal activity of the bacterial associate. Table 2, source 5.

УДК 661.872.224

И.А. Василенко, И.В. Ковтуник

Исследование процесса получения и свойств черного железистоокисного пигмента, модифицированного карбамидоформальдегидными полимерами

Определены зависимости степени извлечения ионов железа из растворов солей железа от параметров ведения процесса осаждения. Проведенная идентификация продуктов осаждения и исследованные основные свойства полученных модифицированных осадков. Определены области использования полученных образцов. Рис. 5, табл. 2, ист. 11.

УДК 661.872.224

І.А. Василенко, І.В. Ковтуник

Дослідження процесу одержання та властивостей чорного залізоокисного пігменту, модифікованого карбамідоформальдегідними полімерами

Визначені залежності ступеня вилучення іонів заліза з розчинів солей заліза від параметрів ведення процесу осадження. Проведена ідентифікація продуктів осадження і досліджені основні властивості отриманих модифікованих осадів. Визначені області використання отриманих зразків. Рис. 5, табл. 2, джер. 11.

UDC 661.872.224
I.A.Vasilenko, I.V.Kovtunik
Research of production process and properties of black iron oxide pigments modified by carbamide formaldehyde polymers
Degree dependences of iron ions extraction from iron salt solutions upon precipitation process parameters are determined. The precipitation products identification is provided and the basic properties of the received modified sediments are investigated. The areas of received samples applications are determined. fig. 5, tab. 2, source 11.

УДК 66.097.3
О.Л. Овсиенко
Размерный фактор мелкодисперсных осажденных катализаторов: роль и терминология
Рассмотрен вопрос правомерности зачисления соосажденных катализаторов и технологий их приготовления к классу *nano*. Определена роль фактора размера кристаллитов активного компонента медь-цинк-алюминиевых осажденных катализаторов как второго по значимости после химической природы предшественника.

УДК 66.097.3
О.Л. Овсієнко
Розмірний фактор дрібнодисперсних осаджених каталізаторів: роль і термінологія
Розглянуто правомірність віднесення співосаджених каталізаторів та технологій їх виготовлення до класу *nano*. Визначено роль фактора розміру кристалітів активного компонента мідь-цинк-алюмінієвих осаджених каталізаторів як другого за значенням після хімічної природи попередника.

UDC 66.097.3
O.L. Ovsienko
Size factor of fine precipitated catalysts: the role and terminology
The question of enrollment allowance of coprecipitated catalysts and technologies of their preparation for the class of *nano* is discussed. The role of the crystallite size factor of the active component of a copper-zinc-aluminum catalyst is defined as the second one according to its significance after the chemical nature of the precursor.

УДК 66.065.546.75
М.А. Ожередова
Технология утилизации отработанных никельсодержащих растворов
Разработана малоотходная ресурсосберегающая технология утилизации отработанных никельсодержащих растворов методом реагентного осаждения. Технология позволяет выделять никель в виде индивидуальных солей с низким содержанием примесей. Рис. 2, табл. 1, ист. 7.

УДК 66.065.546.75
М.А. Ожередова
Технологія утилізації відпрацьованих нікельвмісних розчинів
Розроблена маловідходна ресурсозберігаюча технологія утилізації відпрацьованих нікельвмісних розчинів методом реагентного осадження. Технологія дозволяє виділяти нікель у вигляді індивідуальних солей з низьким вмістом домішок. Рис. 2, табл. 1, дж. 7.

UDC 66.065.546.75

M. Ojeredova

Recycling technology of used nickel-containing solutions

The wasteless resource-saving utilization technology of used nickel-containing solutions by a reagent precipitation method is developed. This technology allows to select nickel in individual salts form with low impurities. Fig. 2, tab. 1, source 7.

УДК 621.315.592

Р.Л.Салов, Р. В. Милоцкий.

Метод оценки стойкости хлорорганических соединений

Рассматривается методика оценки термической устойчивости хлорорганических соединений, которая может быть использована как для оценки эффективности термостабилизаторов для полимеров на основе галогенсодержащих углеводородов, так и для разработки технологии обезвреживания хлорсодержащих пестицидов.

УДК 621.315.592

Р.Л.Салов, Р. В. Мілоцький.

Метод оцінки стійкості хлорорганічних сполук

Розглядається методика оцінки термічної стійкості хлорорганічних з'єднань, яка може бути використана як для оцінки ефективності термостабілізаторів для полімерів на основі галогенвмісних вуглеводнів, так і для розробки технології знешкодження хлорвмісних пестицидів.

UDC 621.315.592

R.L.Salov, R. V. Milots'kiy.

The estimation method of chlororganic connections stability

The estimation methodology of chlororganic connections thermal stability is considered. It can be used both for the estimation of thermostabilizers efficiency for polymers based on halogencontaining hydrocarbons and for the development of the chlorine-containing pesticides neutralization technology.

УДК 678.652:66.022.32

Р.В.Милоцкий, Р.Л.Салов

Использование пеноматериалов - шаг к сбережению энергоресурсов

Рассматриваются проблемы создания полимерной композиции предназначенной для изготовления конструкционных изделий из пенопласта заливочным методом, при котором не требуется сложного специального оборудования и дополнительных энергетических затрат для заполнения форм сложной конфигурации как у производителя, так и непосредственно на месте использования.

УДК 678.652:66.022.32

Р.В.Мілоцький, Р.Л.Салов

Використання піноматеріалів - крок до збереження енергоресурсів

Розглядаються проблеми створення полімерної композиції призначеної для виготовлення конструкційних виробів з пінопласту заливальним методом, при якому не потрібно складного спеціального устаткування і додаткових енергетичних витрат для заповнення форм складної конфігурації як у виробника, так і безпосередньо на місці застосування.

UDC 678.652:66.022.32

R. V.Milotskiy, R.L.Salov

Foam material using is a step to energy resource saving

Polymer composition development problems dealing with manufacturing construction wares from foam plastic by a casting method do not require specific complex equipment and additional power consumption to fill the forms of a sophisticated configuration both for a producer and directly in the place of using.

УДК 620.193

О.В. Любимова-Зинченко, А.Г. Архипов, Р.Г. Заика, Д.А. Ковалёв

Изменение электрохимических характеристик сталей ферритного и мартенситного класса после эксплуатации

До 2030 года в Украине планируется снизить расходы энергоресурсов на 30 процентов. Это возможно использованием нового оборудования или модернизацией старого. На сегодняшнее время химические и нефтехимические предприятия не в состоянии и не имеют возможности значительных капитальных расходов. Поэтому основное направление остается за использованием действующего оборудования и мониторингом его состояния на данный момент, выявление изменений скорости и характера коррозионных процессов.

В данной статье исследования были направлены на сравнении электрохимических характеристик (потенциалу коррозии $E_{кор}$, тока растворения, потенциала пitting-образования E_{p}) сталей ферритного и мартенситного класса в состоянии поставки и после длительной эксплуатации в условиях промышленных производств.

УДК 620.193

О.В. Любимова-Зинченко, О.Г. Архипов, Р.Г. Заика, Д.О. Ковальов

Зміна електрохімічних характеристик сталей ферритного та мартенситного класу після експлуатації

До 2030 року в Україні планується знизити витрати енергоресурсів на 30 відсотків. Це можливо використанням нового обладнання або модернізацією старого. На сьогоднішній час хімічні та нафтохімічні підприємства не спроможні і не мають можливості значних капітальних витрат. Тому основний напрямок залишається за використанням діючого обладнання та моніторингом його стану на даний момент, виявлення змін швидкості і характеру корозійних процесів.

В даній статті дослідження були спрямовані на порівнянні електрохімічних характеристик (потенціалу корозії $E_{кор}$, струму розчинення, потенціалу пitting-образования E_{p}) сталей ферритного та мартенситного класу в стані поставки і після тривалої експлуатації в умовах промислових виробництв.

UDC 620.193

O.V. Ljubimova-Zinchenko, A.G. Arhupov, R.G. Zaika, D.A. Kovaljev

The electrochemical properties changing of ferit and martensit steel classes after exploitation

Energy-resources costs are planned to be reduced in thirty percent by 2030 in the Ukraine. It is possible due to using new or modernized equipment. The chemical and petrochemical industries are not capable and haven't considerable capital costs at present. Therefore basic direction is using operating equipment and its state monitoring at this period to define corrosion rate and corrosion nature of processes.

The researches were directed on comparing electrochemical characteristics (E_{corr} , I_{sol} , E_{p} .form) of ferit and martensit steels in conditions of new and after protracted exploitation.

УДК 620.197

Г.О. Татарченко

Электрохимический способ подбора конструкционных металлов

Рассмотрено электрохимическое поведение нержавеющей стали в кислых средах. Определено, что основным электрохимическим критерием склонности конструкционной стали к межкристаллитной коррозии является наличие на поляризационной кривой «катодной петли».

УДК 620.197

Г.О. Татарченко

Электрохімічний спосіб вибору конструкційних металів

Розглянута електрохімічна поведінка нержавіючих сталей у кислих середовищах. Визначене, що основним електрохімічним критерієм схильності конструкційної сталі до міжкристаллової корозії є наявність на поляризаційній кривій «катодної петлі».

УДК 620.197

G.O. Tatarchenko

Electrochemical method of structural metal selection.

Electrochemical behavior of stainless steels in acidic environments was examined. It was determined that the main electrochemical criterion of structural steel propensity to intergranular corrosion is the presence of the "cathodic loop" on the polarizing curve.

УДК 621.65.004.6:622.323

В.А. Борисенко, А.Е. Резниченко, Н.И. Галабурда, Л.В. Карпюк, Э.М. Кравцова

Исследование характера разрушений в основных узлах компрессорного и насосного оборудования химической и нефтехимической промышленности

В статье приводится анализ результатов исследований насосного и компрессорного оборудования, которое проработало в условиях химической и нефтехимической промышленности 20 и более лет. Указаны места наиболее частых поломок и повреждений в деталях компрессоров и насосов, которые возникают из-за концентрации напряжений из-за фреттинг-коррозии в металле. Анализируются причины возникновения микротрещин и даны рекомендации по проведению анализа методами ультразвуковой дефектоскопии. Приведено 4 рисунка. Использовано 4 литературных источника.

УДК 621. 65.004.6:622.323

В.А. Борисенко, А.Е. Резніченко, Н.І. Галабурда, Л.В. Карпюк, Е.М. Кравцова

Дослідження характеру руйнувань в основних вузлах компресорного і насосного устаткування хімічної та нафтохімічної промисловості

У статті приводиться аналіз результатів досліджень насосного та компресорного обладнання, яке пропрацювало в умовах хімічної і нафтохімічної промисловості 20 і більше років. Вказані місця найчастіших поломок і ушкоджень у деталях компресорів і насосів, котрі виникають через концентрації напружень через фреттинг-корозію у металі. Аналізуються причини зародження мікротріщин і надаються рекомендації щодо проведення аналізу металу методами ультразвукової дефектоскопії. Надаються 4 рисунки. Використано 4 літературні джерела.

UDK 621. 65.004.6:622.323

V.A. Borisenko, A.E. Reznichenko, N.I. Galaburda, L.V. Karpyuk, E.M. Kravtsova

The research of destructions character in basic knots of compressor and pumping equipment of chemical and petrochemical industry

The analysis of results of researches of pumping and compressor equipment having been worked in chemical and petrochemical industry conditions for 20 years and more is given in the article. The places of the most frequent breakages and damages in compressors and pumps details arising due to the tensions concentration because of the fretting-corrosion in a metal are indicated. The reasons of microcracks origin are analysed and the recommendations on the analysis realization by the ultrasonic flaw detection methods are given. Fig. 4, Ref. 4.

УДК 667.661.13

С.А. Ревенко, Д.А. Кутакова, М.А. Гликин, Л.В. Карпюк

К вопросу оптимизации параметров псевдооживления твердых частиц

Представленный материал направлен на поиск путей повышения эффективности каталитических процессов, протекающих в псевдооживленном слое твердого материала. На примере глубокого окисления раствора уксусной кислоты в условиях аэрозольного катализа показана целесообразность обеспечения однородности кипящего слоя за счет импульсной подачи оживляющего агента. Ист. 7.

УДК 667.661.13

С.А. Ревенко, Д.А. Кутакова, М.А. Глікін, Л.В. Карпюк

До питання оптимізації параметрів псевдооживлення твердих часток

Представлений матеріал спрямований на пошук шляхів підвищення ефективності каталітичних процесів, що протікають у псевдооживленому шарі твердого матеріалу. На прикладі глибокого окиснення розчину оцтової кислоти в умовах аерозольного каталізу показана доцільність забезпечення однорідності киплячого шару за рахунок імпульсної подачі оживляючого агента. Дж. 7

UDK 667.661.13

S. A. Revenko, D. A. Kutakova, M. A. Glikin, L.V. Karpyuk.

To the issue of optimizing of solid particles pseudo fluidizing parameters.

The paper being considered deals with the search of efficiency raising ways of catalytic processes occurring in the solid material pseudo fluidized layer. The expedience of supplying with boiling layer homogeneity by fluidizing agent impulse feed is shown on the example of acidic acid deep oxidation in the aerosol catalysis. Ref. 7

УДК 614.838

Д.А. Тюльпинов, А.Д. Тюльпинов

Локализация пламени в псевдооживленном слое с различными диаметрами оживжаемых частиц

Изучено влияние диаметра частиц псевдооживленного слоя в огнепреградителе на эффективность локализации пламени. Установлено, что вследствие увеличения скорости потока в насадке повышается эффективность локализации пламени. Рис. 2, лит. ист. 5.

УДК 614.838

Д.О. Тюльпінів, О.Д. Тюльпінів

Локалізація полум'я в псевдозрідженому шарі з різними діаметрами частинок, що зріджуються

Вивчений вплив діаметру частинок псевдозрідженого шару в вогнеперепиначу на ефективність локалізації полум'я. Встановлено, що унаслідок збільшення швидкості потоку в насадці підвищується ефективність локалізації полум'я. Рис. 2, дж. 5.

UDK 614.838

D.A. Tyulpinov, A.D. Tyulpinov

Localization of flame in the pseudo fluidized layer with the different diameters of particles being fluidized.

The influence of pseudo fluidized layer particles diameter in the flame arrester on the flame localization efficiency is studied. It is established that because of the increasing of flow speed in the mouth-piece the flame localization efficiency raises. Fig. 2, Ref. 5.

УДК 66.01.011

Н.А. Кочергин, Н.К. Аль Хайят Мохаммед, Д.М. Мохаммед Абдуллах

Экспериментальное определение характеристик вихревых распыливающих противоточных массообменных аппаратов (ВРПМА)

Рассмотрен подход к экспериментальному исследованию ВРПМА, описан экспериментальный стенд и методика проведения исследований. Получены графические зависимости брызгоуноса и гидравлического сопротивления от скорости ввода газового потока в аппарат.

УДК 66.01.011

М.О. Кочергін, Н.К. Аль Хайят Мохаммед, Д.М. Мохаммед Абдуллах

Експериментальне визначення характеристик вихрових розпилюючих протиточних масобмінних апаратів (ВРПМА)

В статті розглянутий підхід до експериментального дослідження ВРПМА, наведений опис експериментального стенду та методика проведення досліджень. Отримані графічні залежності бризкоунесення та гідравлічного опору від швидкості введення газового потоку в апарат.

UDK 66.01.011

N.A. Kochergin, Al Hayat Mohammed Nahdim Qasim, Mohammed Abdullah Jalal Mohammed

Experimental determination of the characteristics of vortex atomization countercurrent mass transferring apparatuses.

The approach to the VACMTA experimental investigation is examined in the article; the test bench and the research technique have been described. The graphic dependences of sprays carrying away and hydraulic resistance on the speed of gas flow injection into the apparatus have been obtained.

<p>УДК 66.022.621.929 И.И. Багринцев, В.Б. Модестов, С.А. Ревенко. Смешивание гранулированных материалов в смесителе с уголковыми и винтовыми решётками Изучены вопросы смешивания и усреднения гранулированных материалов при использовании для смешивания этих материалов уголковых и винтовых решеток, установленных в проходных смесителях. Было установлено, что за один проход высококачественную смесь получить не удаётся, поэтому для улучшения приготавливаемой смеси необходимо использовать пневмоциркуляцию предварительно смешанных материалов.</p>
<p>УДК 66.022.621.929 І.І. Багрінцев, В.Б. Модестов, С.А. Ревенко Змішування гранульованих матеріалів в змішувачах з кутниковими та гвинтовими решітками Розглянули питання змішування і гомогенізації гранульованих матеріалів при використанні для змішування цих матеріалів кутникових та гвинтових решіток, встановлених у прохідних змішувачах. Виявилось, що в один прохід, отримати високоякісну суміш неможливо, тому, для поліпшення суміші, що приготавлиється, треба використовувати пневматичну циркуляцію матеріалів, що раніше були змішані.</p>
<p>UDK 66.022.621.929 I.I. Bagrincev, V.B. Modestov, S.A. Revenko Mixing of granular materials in mixer with helical and angled gratings The problems of granular materials mixing and averaging when using angled and helical gratings installed in the continuous action mixer are considered. It was established that it's impossible to get high quality mixture in a single pass, so to improve the mixture being prepared it's necessary to use pneumatic circulation of the materials mixed before.</p>
<p>УДК 667.661.13 С.А. Ревенко, И.И. Багринцев, Л.В. Карпюк Перемешивание сыпучих материалов в центробежном смесителе В статье дано описание механизма перемешивания сыпучих материалов в центробежных смесителях непрерывного действия. Приведены результаты перемешивания несвязных, вязно-текучих и вязных сыпучих материалов в смесителях данного типа с использованием псевдооживления в поле центробежных сил и дополнительного их дезагрегирования. Ист. 5.</p>
<p>УДК 667.661.13 С.А. Ревенко, І.І. Багрінцев, Л.В. Карпюк Перемішування сипучих матеріалів у відцентровому змішувачі У статті надано опис механізму перемішування сипучих матеріалів у відцентрових змішувачах безперервної дії. Наведені результати перемішування нез'язних, зв'язно-текучих і зв'язних сипучих матеріалів у змішувачах даного типу з використанням псевдозрідження в полі відцентрових сил і додаткового їх дезагрегування. Дж. 5.</p>

UDK 667.661.13

S.A. Revenko, I.I. Bagrintsev, L.V. Karpyuk
Granular materials mixing in the centrifugal mixer

The description of a mixing granular materials mechanism in the continuous centrifugal mixers is given. The results of bound, unbound and hydraulically bound materials mixing in such type mixers are illustrated, the pseudo fluidization in the centrifugal forces field and these material additional disaggregation being used. Ref. 5.

УДК 066.015.23

Г.В. Тараненко

Гидравлическое сопротивление тарелок провального типа установленных в колоннах различного диаметра

В работе приведен анализ зависимости гидравлического сопротивления от скорости газа в сечении колонны для тарелок провального типа различного диаметра. Установлено различие зависимости гидравлического сопротивления от скорости газа в сечении колонны в режиме равномерного барботажа и в режиме подвижного барботажного слоя. Рис. 4, ист. 7.

УДК 066.015.23

Г.В. Тараненко

Гідравлічний опір тарілок провального типу встановлених в колонах різного діаметра

У роботі наведено аналіз залежності гідравлічного опору від швидкості газу в перерізі колони для тарілок провального типу різного діаметру. Встановлено відмінність залежності гідравлічного опору від швидкості газу в перерізі колони в режимі рівномірного барботажу і в режимі рухомого барботажного шару. Рис. 4, джер. 7.

UDK 066.015.23

G.V. Taranenko

Hydraulic resistance of undershoot type plates installed in different diameters columns

The analysis of hydraulic resistance dependence on the gas velocity in the column section for undershoot type plates with different diameter is given in the article. The distinction of hydraulic resistance dependence on the gas velocity in the cross section column in the uniform bubbling process and in the process of moving bubbling layer is established. Fig. 4, Ref. 7.

УДК 628. 517

А.Е. Богданов

Методика расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность

Разработана методика расчета звуковой мощности, излучаемой струей сжатого воздуха при ее натекании на плоскую жесткую поверхность.

УДК 628. 517

О.Є. Богданов

Методика розрахунку звукової потужності, випромінюваної струменем стисненого повітря при її натекания на плоску тверду поверхню

Розроблено методику розрахунку звукової потужності, випромінюваної струменем стисненого повітря при її натекания на плоску тверду поверхню.

UDK 628. 517
A. Yev. Bogdanov
The calculation method of the sound power emitted by the compressed air current when its leaking on the flat hard surface
The calculation method of sound power emitted by the compressed air current when its leaking on the flat hard surface has been developed.

УДК 532.135.66.012
Й.И. Стенцель, Е.И. Проказа, О.В. Поркуян
Математические модели управления аппаратом нейтрализации кислоты по температуре реакции в производстве аммиачной селитры
В работе приведены результаты теоретических исследований технологических параметров аппарата нейтрализации с учетом реологических преобразований. Показано, что реологические преобразования вызывают нелинейные явления, которые влияют на работу системы контроля и управления процессом нейтрализации кислоты в производстве аммиачной селитры. Рис.1, ист.11.

УДК 532.135.66.012
Й.И. Стенцель, О.І. Проказа, О.В. Поркуян
Математичні моделі управління апаратом нейтралізації кислоти за температурою реакції у виробництві аміачної селітри
У роботі наведено результати теоретичних досліджень технологічних параметрів апарату нейтралізації з врахуванням реологічних перетворень. Показано, що реологічні перетворення викликають нелінійні явища, які впливають на роботу системи контролю та управління процесом нейтралізації кислоти у виробництві аміачної селітри. Рис.1, дж.11.

UDK 532.135.66.012
I.I. Stencil, E.I. Prokaza, O.V. Porkuyan
The mathematical models of control of acid neutralization apparatus on the reaction temperature in the ammoniac niter production
The results of technological parameters theoretical research of neutralization apparatus with the account of rheological conversions are given in the work. It is shown that the rheological conversions cause nonlinear phenomena affecting the work of acid neutralization process control system in the ammoniac nitre production. Fig.1, Ref. 11.

УДК 532.135.66.012
Й.И. Стенцель, Е.В.Кузнецова, О.В.Поркуян, К.А. Литвинов
Математические модели управления выпарным аппаратом по массовой депрессии
В работе приведены результаты теоретических исследований технологических параметров выпарного аппарата для аммиачной селитры с учетом реологических преобразований. Показано, что реологические переходы вызывают нелинейные явления, которые влияют на работу систем контроля и управления процессом выпаривания в производстве аммиачной селитры. Рис.2, ист.5.

УДК 532.135.66.012

Й.І. Стенцель, О.В. Кузнецова, О.В. Поркуян, К.А. Літвінов

Математичні моделі управління випарним апаратом за масовою депресією

У роботі наведено результати теоретичних досліджень технологічних параметрів випарного апарату для аміачної селітри з врахуванням реологічних перетворень. Показано, що реологічні переходи викликають нелінійні явища, які впливають на роботу систем контролю та управління процесом випарювання у виробництві аміачної селітри. Рис.2, дж.5.

UDK 532.135.66.012

I.I. Stencel, E.V. Kuznetsova, O.V. Porkuyan, K.A. Litvinov

The mathematical models of evaporator control on mass depression

The results of technological parameters theoretical researches of evaporator for ammoniac nitre with the account of rheological conversions are given in the work. It is shown that the rheological transitions cause nonlinear phenomena affecting the work of evaporation process control systems in the ammoniac nitre production. Fig.2, Ref. 5

УДК 004.942

В.Н. Барбарук, Л.В. Барбарук

Методи моделювання складних систем

При дослідженні складних технічних систем з використанням методів математичного моделювання виникає ряд проблем, обумовлених великою розмірністю задачі і необхідністю урахування багатьох факторів, притаманних системі і впливаючих на якість рішення задачі. Прикладами таких систем можуть служити інформаційно-обчислювальні системи, побудовані на основі локальних і територіально-розподілених обчислювальних мереж. Дж. 3.

УДК 004.942

В.М. Барбарук, Л.В. Барбарук

Методи моделювання складних систем

При дослідженні складних технічних систем з використанням методів математичного моделювання виникає ряд проблем, обумовлених великою розмірністю задачі і необхідністю урахування багатьох факторів, що впливають на якість рішення. Прикладами таких систем можуть служити інформаційно-обчислювальні системи, побудовані на основі локальних і територіально-розподілених обчислювальних мереж. Дж. 3.

UDC 004.942

V.N. Barbaruk, L.V. Barbaruk

Methods of complex systems modeling

At the complex engineering systems investigation with use of mathematical modeling methods there are a number of problems caused by high dimensionality of the problem and need to consider many factors being inherent in the system and affecting the solution quality. The data-processing systems based on the local and geographically distributed computer networks can serve as the examples of such systems. Ref. 3.

УДК 004.415.2:004.272.2
А.Ф. Горбатюк, С.А. Горбатюк
Структурно - алгоритмических моделей нечеткого регулятора
Показано, каким образом алгоструктурна технология обеспечивает составление структурно – алгоритмических моделей нечетких регуляторов. Такой подход позволяет автоматизировать процесс подготовки специализированного прикладного обеспечения, существенно сокращает срок разработки вычислительных структур нечетких регуляторов и улучшает процедуру их проектирования.

УДК 004.415.2:004.272.2
А.Ф. Горбатюк, С.А. Горбатюк
Структурно - алгоритмічні моделі нечітких регуляторів
Показано, яким чином алгоструктурна технологія забезпечує складання структурно – алгоритмічних моделей нечітких регуляторів. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес підготовки спеціалізованого прикладного забезпечення, суттєво скорочує термін розробки обчислювальних структур нечітких регуляторів і поліпшує процедуру їх проектування.

UDK 004.415.2:004.272.2
A.F. Gorbatyuk, S.A. Gorbatyuk
Fuzzy (indistinct) regulators structural - algorithmic models
It is shown the way the algostructure technology provides the design of fuzzy controllers structural-algorithmic models. This approach allows automating the process of specialized application software preparing, significantly reduces the development term of fuzzy controllers computing structures and improves their design process.

УДК 681.5
В.Н. Смолий
Способ моделирования управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов
В работе предложен новый способ моделирования управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов, которому подчинены все проектные, конструкторские и технологические решения, и который обеспечивает источники улучшения эффективности управления и получения прибылей в процессе производства электронных аппаратов. Рис. 1, ист. 5.

УДК 681.5
В.М. Смолий
Спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів
У роботі запропоновано новий спосіб моделювання управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів, якому підпорядковані усі проектні, конструкторські і технологічні рішення, та який забезпечує джерела покращення ефективності управління та отримання прибутків в процесі виробництва електронних апаратів. Рис. 1, літ. дж. 5.

UDK 681.5

V.N. Smoliy

The methods of control modeling of electronic devices production design preparation

The new methods of control modeling of electronic devices production design preparation which all design and technological decisions are subordinated to and which provides the sources of control and receiving profit efficiency improvement in the process of electronic devices production is offered in this work. Fig. 1, Ref. 5.

УДК 004.045

А.И. Рязанцев, Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова

Метод планирования задач для систем экологического мониторинга

Предложен метод планирования задач в системах экологического мониторинга, обеспечивающий равномерное использование вычислительных ресурсов. Разработанный метод позволяет повысить эффективную производительность системы, обеспечить более полную загрузку процессоров и минимизировать потери производительности из-за коллизий, которые возникают при одновременной работе с общими системными ресурсами. Рис. 2, табл. 0, ист. 4

УДК 004.045

О.І. Рязанцев, Є.В. Щербаков, М.Є. Щербакова

Метод планування задач для систем екологічного моніторингу

Запропоновано метод планування задач в системах екологічного моніторингу, який забезпечує рівномірне використання обчислювальних ресурсів. Розроблений метод дозволяє підвищити ефективну продуктивність системи, забезпечити більш повне завантаження процесорів і мінімізувати втрати продуктивності через колізії, що виникають при одночасній роботі із загальними системними ресурсами. Рис. 2, табл. 0, джерел 4.

UDK 004.045

A.I. Ryazantsev, Y.V. Shcherbakov, M.Y. Shcherbakova.

The method of tasks scheduling for the environmental monitoring systems.

The method of tasks scheduling in the environmental monitoring systems providing uniform use of computing resources is proposed. The developed method allows increasing system effective productivity, providing processors fuller load and minimizing productivity losses because of the collisions occurring at simultaneous work with common system resources. Fig. 2, Ref. 4.

УДК 681.5.013

Джабран Абдалхамид, М.Г.Лория, А.Б.Целищев, П.И.Елисеев

Система экстремального управления многоплочным реактором

В работе рассматривается система управления с внутренней моделью колонны синтеза в производстве аммиака, которая позволит вести процесс синтеза аммиака в оптимальном режиме. Предлагаемая система управления позволит максимизировать степень преобразования синтез-газа в аммиак за один проход через колонну при различных нагрузках на агрегат с учетом изменения свойств катализатора и других параметров технологического процесса. Внедрение системы связано с изменением алгоритма управления и не требует создания новых или модернизации существующих информационно-измерительных каналов. Рис. 3, лит. ист. 5.

УДК 681.5.013

Джабран Абдалхамід, М.Г.Лорія, О.Б.Целіщев, П.И.Єлісеєв

Система екстремального керування багатополочним реактором з моделлю

У роботі розглядається система керування з внутрішньою моделлю колони синтезу у виробництві аміаку, яка дозволить вести процес синтезу аміаку в оптимальних умовах. Пропонована система керування дозволить максимізувати ступінь перетворення синтез-газу в аміак за один прохід через колону при різних навантаженнях на агрегат з урахуванням зміни властивостей каталізатора й інших параметрів технологічного процесу. Впровадження системи пов'язано зі зміною алгоритму керування і не потребує створення нових або модернізації існуючих інформаційно-вимірювальних каналів. Рис. 3, літ.дж. 5.

UDK 681.5.013

Dzhabran Abdalhamid, M.G.Loriya, A.B.Tselishev, P.I.Eliseyev

The system of extreme control by multi-shelves reactor

The control system with synthesis column interior model in ammonia production allowing leading the process of ammonia synthesis in optimum conditions is considered in the work. The offered control system will allow maximizing the degree of synthesis-gas transformation to ammonia in a single pass through the column at various loadings on the unit taking into account catalyst properties changes and other technological process parameters. The system integration concerns the control algorithm change and does not require new information-measuring channels creation or modernization of the existing ones. Fig. 3, Ref. 5.

УДК 681.3

А.М. Брежнев

Машины Тьюринга в задачах проверки свободно конструируемых ответов
Изложен подход к применению многоклеточных машин Тьюринга для проверки свободно конструируемых ответов в системах электронного обучения алгоритмическим языкам. Определен способ задания и приведены примеры программ машин Тьюринга для свертки конструкций языка. Рис.2, табл.0, ист.7

УДК 681.3

О.М. Брежнев

Машины Тьюринга в задачах проверки вільно конструйованих відповідей
Викладено підхід до застосування багатострічкових машин Тьюринга для перевірки вільно конструйованих відповідей в системах електронного навчання алгоритмічним мовам. Визначено спосіб запису і наведені приклади програм машин Тьюринга для згортки конструкцій мови. Рис.2, табл.0, дж.7

УДК 681.3

A.M. Brezhnev

Using Turing machines for parsing free-responses

The results of using Turing machines for parsing free-responses in e-learning is considered. Structure command of Turing machine and examples of programs for convolution chains of terminal and nonterminal symbols are presented. Fig. 2, tab. 0, ref.7

УДК 681.518

Е.В. Щербаков, М.Е. Щербакова

Организация параллельных вычислений средствами JavaScript

Представлен вариант управления параллельной обработкой в приложениях, построенных на базе широко используемого в Интернет-программировании языка сценариев JavaScript. Показано, что с помощью специальных средств, так называемых «веб-исполнителей», можно обеспечить решение ресурсоемких вычислительных задач, а также обработку данных в реальном масштабе времени, не ухудшая характеристики визуального интерфейса пользователя. Рис. 3, табл. 0, ист. 5

УДК 681.518

Є.В. Щербаков, М.Є. Щербакова

Організація паралельних обчислень засобами JavaScript

Представлений варіант управління паралельною обробкою в додатках, побудованих на базі широко використовуваної в Інтернет-програмуванні мови сценаріїв JavaScript. Показано, що за допомогою спеціальних засобів, так званих «веб-виконавців», можна забезпечити вирішення ресурсомістких обчислювальних задач, а також обробку даних в реальному масштабі часу, не погіршуючи характеристики візуального інтерфейсу користувача. Рис. 3, Табл. 0, Джерел 5.

UDK 681.518

Y.V. Shcherbakov, M.Y. Shcherbakova.

Parallel computing organization using JavaScript

It is represented a version of concurrency control of applications built on the basis of programming scripting language JavaScript widely used in the Internet. It is shown that by using special tools, the so-called "web workers", it is possible to provide a solution to demanding computing tasks as well as real time processing without affecting the characteristics of the visual user interface. Pictures 3, tables 0, ref 5.

УДК 681.513.2

А.И. Рязанцев, В.С.Кардашук

Реализация функций управления на нижнем уровне в системе автоматизации управления процессом аэрозольного нанокатализа

Предложена структурная схема управления исполнительными устройствами нижнего уровня системы автоматизации управления процессом аэрозольного нанокатализа. Для реализации управления в алгоритме программного обеспечения предложено использовать уравнение для определения времени хода исполнительного устройства.

УДК 681.513.2

О.І. Рязанцев, В.С. Кардашук

Реалізація функцій керування на нижньому рівні в системі автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу

Запропонована структура схема керування виконавчими пристроями нижнього рівня системи автоматизації керування процесом аерозольного нанокаталізу. Для реалізації керування в алгоритмі програмного забезпечення запропоновано використати рівняння для визначення часу ходу виконавчого пристрою.

УДК 681.513.2

A.I. Ryazantsev, V.S. Kardashuk

The realization of control functions at the lowest level in the system of aerosol nanocatalysis process automated control.

A block diagram of control of actuating devices of the lowest level in the system of the system of aerosol nanocatalysis process automated control is given. The equation for determining the time of the actuator is used in the software algorithm to implement control function.

УДК 681.325.65

Е.П. Герасименко

Компьютерный анализ волнового сопротивления полосковых линий высокочастотных многослойных печатных плат

Данная статья посвящена разработке технологии компьютерного анализа зависимости волнового сопротивления полосковых линий, являющихся составной частью высокочастотных многослойных печатных плат РЭА, с использованием модернизированного программного модуля Signal Integrity, вмонтированного в САПР P-CAD и Altium Designer. Рис.3, табл.4, ист.5.

УДК 681.325.65

Е.П. Герасименко

Комп'ютерний аналіз хвильового опору полоскових ліній високочастотних багат шарових друкарських плат

Дана стаття присвячена розробці технології комп'ютерного аналізу залежності хвильового опору полоскових ліній, що є складовою частиною високочастотних багат шарових друкарських плат РЕА, з використанням модернізованого програмного модуля Signal Integrity, вмонтованого в САПР P-CAD і Altium Designer. Рис.3, табл.4, ист.5.

UDK 681.325.65

E.P. Gerasymenko

Computer analysis of strip lines wave resistance of high-frequency multi-layered printed circuit boards

This article is devoted to the development of analysis technology of strip lines wave resistance dependence by using the modernized program module Signal Integrity embedded to P_CAD and Altium Designer software tools. The strip lines a components of high-frequency multi-layered printed circuit boards. Figures 3, tables 4, ref 5.

УДК 681.58

Д.А. Недзельский, В.Я. Сидоренко

Архитектуры современных микроконтроллеров для встраиваемых систем
Рассмотрены структурные и архитектурные особенности современных микроконтроллеров для встраиваемых систем. Приведены преимущества архитектур фирмы ARM, в т.ч. Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4. Рисунков 1, таблиц 3, источников 3.

УДК 681.58

Д.А. Недзельский, В.Я. Сидоренко

Архітектури сучасних мікроконтролерів для вбудовуваних систем
Розглянуті структурні та архітектурні особливості сучасних мікроконтролерів для вбудованих систем. Приведені переваги архітектури фірми ARM, в т.ч. Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4. Рисунків 1, таблиць 3, джерел 3.

UDK 681.58

D.O. Nedzelsky, V. Ya. Sidorenko

Architectures of modern microcontrollers for the built-in systems

The structural and architectural features of modern microcontrollers for the built-in systems are considered. The advantages of ARM firm architectures including Cortex-M0, Cortex-M3, Cortex-M4 are given. Pictures 1, tables 3, ref 3.

УДК 681.58

Н.П. Ретинская, Я.Б. Думыч

Программная и схемотехническая реализация АЦ-преобразования повышенной точности на микроконтроллере

Рассмотрены проблемы, возникающие при использовании аналоговых датчиков в микроконтроллерных системах управления и контроля. Предложены программные и схемотехнические решения по реализации аналого-цифровых преобразователей на базе микроконтроллеров AVR, позволяющие повысить точность преобразования.

УДК 681.58

Н.П. Ретинська, Я.Б. Думич

Програмна і схемотехнічна реалізація АЦ-перетворення підвищеної точності на мікроконтролері

Розглянуті проблеми, що виникають при використанні аналогових датчиків в мікроконтроллерних системах управління і контролю. Запропоновані програмні і схемотехнічні рішення по реалізації аналого-цифрових перетворювачів на базі мікроконтроллерів AVR, що дозволяють підвищити точність перетворення.

UDK 681.58

N.P. Retinska, Ya.B. Dumich

Software and circuit realization of high precision AC-transformation on microcontroller

Problems arising up when using analog sensors in the microcontroller systems of control and supervision are considered. Software and circuit decisions on implementation of analog-to-digital converters on the basis of AVR microcontrollers that allow to increase the transformation precision are proposed.

УДК 338.45:66(477)

А.З. Шевцова

Посткризисное развитие предприятий химического комплекса Украины: проблемы и перспективы

Проанализированы особенности и результаты функционирования предприятий химической промышленности в посткризисный период. Дано авторское видение приоритетных направлений развития отрасли в контексте уменьшения ее энергетической зависимости. Рис. 1, табл. 3, ист. 8.

УДК 338.45:66(477)

Г.З. Шевцова

Посткризовий розвиток підприємств хімічного комплексу України: проблеми та перспективи

Проаналізовано особливості та результати функціонування підприємств хімічної промисловості у посткризовий період. Надано авторське бачення пріоритетних напрямків розвитку галузі в контексті зменшення її енергетичної залежності. Рис. 1, табл. 3, джер. 8.

<p>UDK 338.45:66(477) A. Shevtsova The post-crisis development of Ukrainian chemical enterprises: problems and perspectives The features and results of the chemical industry enterprises operation in the post-crisis period are analyzed. The author's vision of the industry development priorities in the context of reducing its energy dependence is provided. Fig. 1, tabl. 3, ref. 8.</p>
<p>УДК 332.142+339.138 Е.А. Овечкина, О.В. Маслош Организация экологоориентированной хозяйственной деятельности национальных производственных предприятий на принципах экологического маркетинга В статье обоснована актуальность организации экологоориентированной деятельности национальных производственных предприятий и рассмотрены теоретические основы усовершенствование их экологической политики. Ист.16.</p>
<p>УДК 332.142+339.138 О.А. Овечкіна, О.В. Маслош Організація екологоорієнтованої господарської діяльності національних виробничих підприємств на засадах екологічного маркетингу В статті обґрунтовано актуальність організації екологоорієнтованої господарчої діяльності національних виробничих підприємств та розглянуто теоретичне підґрунтя вдосконалення їх екологічної політики. Дж. 16.</p>
<p>UDK 332.142+339.138 O.A. Ovechkina, O.V. Maslosh Organization of ecology competent economic activity of national production enterprises on principles of the ecological marketing The urgency of organizing ecology competent activity of national production enterprises and theoretical bases of improving their ecological policy are considered. Ref 16.</p>
<p>УДК 004.94, 336.2 В.С. Заболотникова, Д.В. Николаенко Использование кластерного анализа для распределения субъектов предпринимательской деятельности Рассмотрено использование метода кластерного анализа для распределения налогоплательщиков по категориям внимания с целью повышения эффективности системы налогового контроля. Рис. 2, табл 1, ист 15.</p>
<p>УДК 004.94, 336.2 В.С. Заболотникова, Д.В. Ніколаєнко Використання кластерного аналізу для розподілу суб'єктів підприємницької діяльності. Розглянуто використання методу кластерного аналізу для розподілу платників податків за категоріями уваги з метою підвищення ефективності системи податкового контролю. Рис. 2, табл 1, джер. 15.</p>
<p>UDK 004.94, 336.2 V.S. Zabolotnikova, D.V. Nikolaenko The use of cluster analysis for taxpayers distributing The article considers the use of cluster analysis method for taxpayers distributing according to the categories of attention in order to increase the efficiency of the tax checking system. Figure 2, table 1, ref 15.</p>

УДК 658:330.1

Г.Г. Снопенко, Е.В. Иванова

Диагностика направлений совершенствования финансово-экономической деятельности предприятия

Освещены особенности экономической диагностики как этапа обоснования управленческих решений. Предложен комплексный метод диагностики направлений совершенствования финансово-экономической деятельности предприятия, позволяющий не только формировать стратегические рекомендации, но и проверять трудность их реализации и согласованность с имеющимися стратегиями. Табл. 2, ист. 35.

УДК 658:330.1

Г.Г. Снопенко, К.В. Иванова

Діагностика напрямів удосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства

Висвітлені особливості економічної діагностики як етапу обґрунтування управлінських рішень. Запропонований комплексний метод діагностики напрямів вдосконалення фінансово-економічної діяльності підприємства, який дозволяє не лише формувати стратегічні рекомендації, але й проводити перевірку утрудненості їх реалізації та узгодженості з наявними стратегіями. Табл. 2, джерел 35.

UDK 658:330.1

G.G. Snopenko, K.V. Ivanova

Directions diagnostics of enterprise financial-economical activity improvement Peculiarities of economic diagnostics as a stage of management decisions basing are shown. The complex method of enterprise financial-economical activity improvement diagnostics is offered. It enables both to form strategic recommendations and to test their realization difficulty and their co-ordination with any available strategies. Table. 2, ref 35.

УДК 657

А.В. Пчелинская

Методологический аспект управления финансовыми результатами на промышленных предприятиях на основе критерия существенности

Рассмотрены проблемные вопросы организации учета финансового результата деятельности предприятия. Предложены показатели оценки рациональности выбора методов учета доходов, расходов, на основе критерия существенности.

УДК 657

Г.В. Пчелинская

Методологічний аспект управління фінансовими результатами на промислових підприємствах за критерієм суттєвості

Розглянуто проблемні питання організації обліку фінансового результату діяльності підприємства. Запропоновано показники оцінки раціональності вибору методів обліку доходів, витрат за критерієм суттєвості.

UDK 657

G.V.Pchelinska

Methodological aspect of financial results management at the industrial enterprises on the materiality criterion basis

The problems of taking into account enterprise activity financial results are considered. The indices of rational choice estimation of incomes and expenditures accounting methods on the materiality criterion basis are offered.

<p>УДК 331.108.43 Т.А. Петешова Оценка эффективности работы руководителя на основе стратегических результатов деятельности предприятия Рассмотрены показатели, которые характеризуют работу в сфере управления. Приведена процедура оценки функциональности руководителя с использованием сбалансированной системы показателей. Табл. 2, джер. 5.</p>
<p>УДК 331.108.43 Т.А. Петешова Оцінка ефективності праці керівника на основі стратегічних результатів діяльності підприємства Розглянуто показники, що характеризують працю у сфері управління. Наведено процедуру оцінки функціональності керівника з використанням збалансованої системи показників. Табл. 2, джер. 5.</p>
<p>UDK 331.108.43 T.A. Peteshova Estimation of manager labour efficiency on the basis of strategic results of enterprise activity Indices characterizing managerial efficiency are considered. The procedure of estimating manager functionality by using a balanced indices system is provided. Tables of 2, ref 5</p>
<p>УДК 330.13 Г.В. Саенко, Л.И. Микуленко Метафізическое осмысление интеллектуального капитала в информационном обществе Статья посвящена целесообразности использования метафизического анализа в экономической проблематике, в частности, для определения сущности, структуры и специфики применения интеллектуального капитала в экономике, основанной на знаниях. Лит. 12.</p>
<p>УДК 330.13 Г.В. Саєнко, Л. І. Мікуленко Метафізичне осмислення інтелектуального капіталу в інформаційному суспільстві Стаття присвячена доцільності застосування метафізичного аналізу до економічної проблематики, зокрема, для визначення сутності, структури та специфіки використання інтелектуального капіталу в економіці, що базується на знаннях. Літ. 12.</p>
<p>UDK 330.13 G.V. Saenko, L.I. Mikulenko Metaphysical Comprehension of Intellectual Capital in Information Society The paper is devoted to expedience of using intellectual analysis for economic problems, in particular, for determining essence, structure and specificity of intellectual capital application in economics based on knowledge. Ref. 12.</p>

УДК 658.56

М.П. Попов

Методика оценки экономической эффективности деятельности высшего учебного заведения как субъекта хозяйствования

Статья посвящена исследованию принципов и подходов к анализу эффективности предпринимательской деятельности субъектов хозяйствования. С учетом специфики деятельности ВУЗов предложена система показателей для оценки эффективности предпринимательской деятельности высших учебных заведений.

УДК 658.56

М.П. Попов

Методика оцінки економічної ефективності діяльності вищого навчального закладу як суб'єкту господарювання

Стаття присвячена дослідженню принципів та підходів до аналізу ефективності підприємницької діяльності суб'єктів господарювання. З урахування специфіки діяльності ВНЗ запропоновано систему показників для оцінки ефективності підприємницької діяльності закладів вищої освіти.

UDK 658.56

M.P. Popov

Methods of estimating economic efficiency of higher educational institution activity as a business entity

The article deals with the principles and approaches to the analysis of the efficiency of entrepreneurial activity of business entities. Taking into account the specificity of the university a system of indices for estimating efficiency of higher educational institution entrepreneurial activity is proposed.

УДК 658.14:338.45

С.В. Коверга, А.В. Малецкий

Влияние факторов на формирование и улучшение качества продукции в рамках процессов жизненного цикла

Отражены результаты анализа факторов на формирование и улучшение качества машиностроительной продукции, в рамках идентифицированных процессов выпуска продукции. Предложенный подход является действенным инструментом при разработке организационных аспектов формирования и реализации системы менеджмента качества на машиностроительных предприятиях. Рис.1, ист.3.

УДК 658.14:338.45

С.В. Коверга, А.В. Малецький

Вплив факторів на формування та поліпшення якості продукції в рамках процесів життєвого циклу

Відображено результати аналізу факторів на формування та поліпшення якості машинобудівної продукції, в рамках ідентифікованих процесів випуску продукції. Запропонований підхід є дієвим інструментом при розробці організаційних аспектів формування та реалізації системи менеджменту якості на машинобудівних підприємствах. Рис.1, дж.3.

UDK 658.14:338.45

S.V. Koverga, A.V. Maletskiy

Factor impact on the formation and quality improvement of product within life cycle processes

The results of factors analysis on forming and improving the quality of mechanical engineering products within identified processes of production are shown. The approach proposed is an effective tool in developing the organizational aspects of the development and implementation of quality management at mechanical engineering enterprises. Figure 1, ref.3.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ал Хайят Мохаммед Надим Касим	аспірант Сумського державного університету
Архипов Олександр Геннадійович	к.т.н., доцент, завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Багрінцев Іван Іванович	к.т.н., доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Барбарук Віктор Миколайович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Барбарук Ліна Вікторівна	асистент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Бикова Стефанія Павлівна	к.б.н., доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Богданов Олександр Євгенович	к.т.н., доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Бондар Валерія Валеріївна	інженер кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Борисенко Володимир Анатолійович	к.т.н., завідувач лабораторії матеріалознавства ЧАО «Северодонецький НИИХИММАШ»
Брежнев Олександр Михайлович	к.т.н., доцент, декан факультету комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Василенко Інна Анатоліївна	к.т.н., асистент кафедри технології неорганічних речовин та екології Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ
Галабурда Наталія Іллівна	старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Галстян Андрій Генрієвич	к.х.н., доцент, декан факультету хімічних наук, доцент кафедри технології органічних речовин Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) СХУ ім. В. Даля
Герасименко Євген Петрович	к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)

Глікін Марат Аронович	д.т.н., професор, професор кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Горбатюк Анатолій Феофанович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Горбатюк Сергій Анатолійович	к.т.н., доцент, доцент кафедра комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Джабран Абдалхамид	аспірант кафедри електронних апаратів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Джалал Мохаммед Мохаммед Абдуллах	аспірант Сумського державного університету
Денисов Вадим Валерійович	студент гр. ТД-17 Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) СХУ ім. В. Даля
Думич Ярослав Богданович	студент гр. КІ-286Д Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Єлісєєв Петро Йосипович	к.т.н., доцент, декан механічного факультету, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Заболотнікова Вікторія Сергіївна	асистент кафедри інформаційних систем в економіці Автомобільно-дорожнього інституту ДВНЗ "ДонНТУ"
Заїка Раїса Григорівна	к.т.н., доцент, декан хімічного факультету, завідувач кафедри загальної та фізичної хімії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Захаров Іван Іванович	д.х.н., професор, професор кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Зубцов Євген Іванович	к.т.н., асистент кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Іванова Катерина Вікторівна	к.е.н., старший викладач кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Кардашук Володимир Сергійович	к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Карпюк Людмила Вікторівна	старший викладач кафедри загальнотехнічних дисциплін Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Ковальов Даниїл Олександрович	аспірант Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)

Коверга Сергій В'ячеславович	к.е.н, доцент, доцент кафедри менеджменту організацій Автомобільно – дорожнього інституту Донецького національного технічного університету
Ковтуник Інна Валеріївна	асистент кафедри хімічної технології палива Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ
Кочергін Микола Олександрович	к.т.н., старший викладач кафедри обладнання хімічних підприємств Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Кравцова Ельза Максимівна	к.п.н., доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Кравченко Інна Василівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Кузнецова Олена Володимирівна	старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Кутакова Діана Олексіївна	к.т.н., асистент кафедри технології полімерів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Літвінов Костянтин Анатолійович	студент гр. АТП-29Д Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Лорія Марина Геннадіївна	к.т.н., доцент, доцент кафедри електронних апаратів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Любимова-Зінченко Ольга Валентинівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри загальної та фізичної хімії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Малецький Антон Вікторович	аспірант кафедри менеджменту організацій Автомобільно – дорожнього інституту Донецького національного технічного університету
Мамедов Борис Борисович	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Маслош Ольга Володимирівна	к.х.н., доцент, доцент кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Мілоцький Вадим Вадимович	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології полімерів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Мілоцький Роман Вадимович	студент гр. ХТ-88 Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут І» (м.Київ)

Мікуленко Людмила Іванівна	к.х.н., доцент, доцент кафедри філософських та гуманітарних дисциплін Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) СХУ ім. В. Даля
Модестов Василь Борисович	к.т.н., доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Мякухіна Віра Тимофіївна	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології полімерів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Недзельський Дмитро Олександрович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Ніколаєнко Денис Володимирович	к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних систем в економіці Автомобільно-дорожнього інституту ДВНЗ "ДонНТУ"
Овсчкіна Олена Андріївна	к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Овсієнко Ольга Леонідівна	к.х.н., доцент, заступник директора з наукової роботи Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Ожередова Марина Анатоліївна	к.т.н., старший викладач кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Петєшова Тетяна Анатоліївна	к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Попенко Галина Василівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології полімерів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Попов Максим Петрович	старший викладач кафедри менеджменту Сєверодонецького інституту МАУП
Поркуян Ольга Вікторівна	д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Проказа Олена Іванівна	старший викладач кафедри комп'ютерно – інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Пчелинська Ганна Володимирівна	магістр з обліку та аудиту, старший викладач кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Ревенко Станіслав Антонович	к.т.н., с.н.с., доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)

Резніченко Анатолій Сгорович	старший науковий співробітник лабораторії матеріалознавства ЧАО «Северодонецький НІІХІММАШ»
Ретинська Ніна Петрівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Рязанцев Олександр Іванович	к.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Саєнко Григорій Васильович	д.е.н., професор, професор кафедри економіки підприємств Бердянського державного педагогічного університету
Салов Роман Леонідович	студент гр. ХТ-28вД Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Сидоренко Віктор Якович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Смолій Вікторія Миколаївна	д.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерно – інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Снопенко Георгій Григорович	к.е.н., доцент кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Стенцель Йосип Іванович	д.т.н., професор, завідувач кафедрою комп'ютерно-інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Суворін Віктор Олександрович	студент гр. ТНР-27Дм Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Тараненко Геннадій Володимирович	к.т.н., доцент, доцент кафедри обладнання хімічних підприємств Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Тарасов Вадим Юрійович	к.т.н., доцент кафедри загальної та фізичної хімії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Татарченко Галина Олеговна	д.т.н., доцент, доцент кафедри фізики Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)
Тюльпінів Дмитро Олександрович	науковий співробітник ТОВ «Хімтехнологія» м. Северодонецьк
Тюльпінів Костянтин Олександрович	апаратник синтезу цеху аміаку ПрАТ «Северодонецьке об'єднання Азот»
Тюльпінів Олександр Дмитрович	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Северодонецьк)

Тюпало Микола Федорович	д.х.н., професор, завідувач кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Целіщев Олексій Борисович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Шапкін Володимир Петрович	к.х.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин Інституту хімічних технологій (м. Рубіжне) СХУ ім. В. Даля
Шарун Олена Петрівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри технології полімерів Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Шевцова Ганна Зіївна	к.е.н., доцент, завідувач кафедри економіки підприємства Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Шовкопляс Юлія Олександрівна	аспірант кафедри технології органічних речовин та палива Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Щербаков Євген Васильович	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)
Щербакова Марина Євгенівна	к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії Технологічного інституту СХУ ім. В. Даля (м. Сєверодонецьк)

**ВІСНИК
СХІДНОУКРАЇНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
№ 15 (186) 2012**

Науковий журнал

Відповідальний за випуск	О.В. Поркуян
Редактори	Л.Г. Гончарова
Технічний редактор	Т.М. Дроговоз
	Ю.І. Осенін
	Н.О. Барвіна
	О.О. Холкніа
Оригінал-макет	О.В. Мельник

Підписано до друку 03.04.2012 р.
Формат 70 x 108 1 /16. Папір офсетний. Гарнітура Agial Cug.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 18,9. Обл. друк. арк. 23,8.
Наклад 300 прим.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03 р.

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а,
Телефон (0642) 41-34-12. Факс (0642) 41-31-60.
E-mail: uni@snu.edu.ua